

**Die Implementierung des Themas Fernerkundung
in den Schulunterricht der Sekundarstufe I durch das neue
MINT-Wahlpflichtfach „Geographie-Physik“**

– eine Studie zur praktischen Schulfachgestaltung im Differenzierungsbereich
der Jahrgangsstufen 8 und 9 an Gymnasien in Nordrhein-Westfalen
am Beispiel des Gymnasiums Siegburg Alleestraße

Dissertation
zur
Erlangung des Doktorgrades (Dr. rer. nat.)
der
Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät
der
Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

vorgelegt von
Christina Maria Müller, geb. Stümper
aus
Bonn-Beuel

Bonn, März 2021

Angefertigt mit Genehmigung der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der
Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

1. Gutachter: Prof. Dr. Klaus Greve
Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn
2. Gutachter: Jun. Prof. Dr. Andreas Rienow
Ruhr-Universität Bochum

Tag der Promotion: 18. August 2021

Erscheinungsjahr: 2021

Vorwort

Als ich im Wintersemester 2001/02 mein Lehramtsstudium am Geographischen Institut der Universität Bonn (GIUB) aufnahm, schenkte mir ein Mitglied der damaligen Fachschaft Geographie eine blaue Mappe mit dem Titel „Satellitenbilder im Unterricht – Einführung und Interpretation“. In dieser Mappe befand sich ein Fundus an Satellitenbildern, die als OHP-Folien mit didaktischen Kommentaren für den Einsatz im Schulunterricht aufbereitet wurden. Seitdem begleitete mich dieses Geomedium durch Seminarveranstaltungen für das Lehramt bei Herrn Professor Dr. Gunter Menz sowie bei der Übernahme einer studienbegleitenden Tätigkeit als Vertretungslehrerin am nahe gelegenen Ernst-Moritz-Arndt-Gymnasium (EMA) der Bundesstadt Bonn. Mein damaliger Betreuungslehrer Herr Josef Stauf am EMA nahm mich auf eine initiierte Veranstaltung des Projektes „Fernerkundung in Schulen (FIS)“ der Arbeitsgruppe Fernerkundung des GIUB mit, wodurch sich eine enge Zusammenarbeit mit der von Herrn Professor Dr. Gunter Menz geleiteten Arbeitsgruppe und der Koordinatorin von FIS, Frau Dr. Kerstin Voß, entwickelte. Vor diesem Hintergrund war es mir seit dem Start von FIS im Jahr 2006 ein persönliches Anliegen, das Thema Fernerkundung in Verbindung mit dem Geomedium Satellitenbild durch didaktisch aufbereitete digitale Unterrichtsmaterialien in den Schulunterricht zu integrieren. Im Rahmen meiner beiden Staatsexamensarbeiten für das Erste und Zweite Staatsexamen für das Lehramt erhielt ich die Möglichkeit, die multimedialen Lerneinheiten von FIS an zwei Beispielschulen – auch für den bilingualen deutsch-französischen Geographieunterricht –, dem EMA in Bonn und dem Gymnasium Siegburg Alleestraße (GSA) in Siegburg im Geographieunterricht praktisch zu erproben. Durch eine Intensivierung der kooperativen Zusammenarbeit mit der entsprechenden Arbeitsgruppe Fernerkundung der Universität Bonn konnten im Verlauf der letzten Berufsjahre als Vollzeitlehrerin viele spannende Unterrichtsmaterialien in der Praxis eingesetzt sowie Schulveranstaltungen am GSA durchgeführt werden, wie z. B. der *Live-Call* zum ESA-Astronauten Alexander Gerst auf der ISS im September 2014 mit den auch an FIS anknüpfenden universitären Projekten Columbus Eye und KEPLER ISS. Durch die seither mit Herzblut durchgeführten kooperativen Aktivitäten am GSA fragte mich meine damalige stellvertretende Schulleiterin, ob ich mir vorstellen könnte, das Thema Fernerkundung durch eine Ganztags-AG oder als zusätzliches Schulfach im Schulunterricht am GSA einzuführen. Aus diesem Impuls heraus und in Kooperation mit der Arbeitsgruppe Fernerkundung des GIUB entstand das in dieser Arbeit vorliegende Forschungsvorhaben, ein neues Schulfach zur Thematik Fernerkundung in den Schulunterricht der Sekundarstufe I an der Fallschule zu implementieren.

Mein besonderer Dank gilt an dieser Stelle Herrn Professor Dr. Gunter Menz, der mir ausgehend von dem Impuls, ein neues Schulfach zum Thema Fernerkundung zu entwickeln, die Möglichkeit anbot, das Forschungsprojekt für ein Dissertationsvorhaben zu nutzen.

Mein besonderer Dank gilt zudem Herrn Professor Dr. Klaus Greve, der mir seine wertvolle Unterstützung anbot, das Forschungsvorhaben als Dissertation nach dem unerwarteten und tragischen Lebensende von Herrn Professor Dr. Gunter Menz fortzuführen.

Herr Professor Dr. Klaus Greve unterstützte und förderte mich in den letzten Jahren bei allen themennahen und kooperativen Anliegen des Forschungsprojektes, wofür ich mich besonders bedanken möchte. Sein Mentoring war für die Verbindung von Schulpraxis und wissenschaftlicher Lehre für die Durchführung des Forschungsvorhabens grundlegend und unentbehrlich.

Besonders bedanken möchte ich mich auch bei allen – auch ehemaligen – Mitgliedern der Arbeitsgruppe Fernerkundung des GIUB sowie den Mitarbeitern der Arbeitsgruppe Geomatik der Ruhr-Universität Bochum (RUB), die mit großer Begeisterung Fernerkundungsdaten für die Schulen in Deutschland und darüber hinaus entwickeln, um zukunftsfähigen Schulunterricht mitzugestalten. Ein besonderer Dank gilt in diesem Zusammenhang Frau Dr. Kerstin Voß, die mich in das dezisive Forschungsprojekt FIS einführte und mich bei den Forschungsvorhaben während meines Studiums unterstützte.

Besonders bedanken möchte ich mich auch bei Herrn Jun. Prof. Dr. Andreas Rienow, der durch eine erfolgreiche langjährige kooperative Zusammenarbeit mit dem Projekt FIS am GSA das Forschungsvorhaben für eine intensivierende Kooperation mit der Arbeitsgruppe Geomatik des Geographischen Instituts der RUB gemeinsam mit Herrn Professor Dr. Carsten Jürgens entscheidend unterstützte und durch so viele spannende Schüler- wie Lehreraktivitäten die Faszination für die Themen Fernerkundung und bemannte Raumfahrt einer ganzen Schulgemeinschaft ermöglichte.

Mein besonderer Dank gilt an dieser Stelle auch Claudia Lindner, die in den letzten Schuljahren das neue MINT-Schulfach „Geographie-Physik“ am GSA durch die Erprobung zahlreicher selbst programmierter interaktiver Lernapps, gemeinsam gestalteter Exkursionen, Expertengesprächen und vieles mehr entscheidend mitgeprägt hat und dabei insbesondere Schülerinnen für neue MINT-Berufe begeistern konnte. Durch ihre ansteckende Leidenschaft für ihren Beruf konnte sie viele junge Menschen am GSA für die Fernerkundung, die Erdbeobachtung von der ISS sowie für die bemannte Raumfahrt begeistern.

Mein ausdrücklicher Dank gilt selbstverständlich meiner Familie, die mir bei diesem herausfordernden Forschungsvorhaben immer unterstützend beistand.

Meinem Mann Torsten möchte ich abschließend besonders danken, da ich ohne seine großartige Unterstützung dieses Forschungsvorhaben nicht realisieren hätte können. Danke!

Zusammenfassung

Schülerinnen und Schüler werden in ihrer Alltagswelt seit dem letzten Jahrzehnt immer früher mit Satellitenbildern konfrontiert. Durch den Wetterbericht und die Nachrichtensendung im Fernsehen oder durch virtuelle Globen im Internet wie beispielsweise „GOOGLE EARTH“ lernen bereits Grundschul Kinder, wie die Erde aus der Vogelperspektive aussehen kann (SIEGMUND 2011, VOSS 2011). Aus diesem Grund fordern die nationalen Bildungsstandards sowie zahlreiche Bildungspläne für das Fach Geographie bereits seit einigen Jahren den Einsatz von Fernerkundungsdaten im Schulunterricht (DGfG 2007, 2017, KMK 2015), doch die konkrete Realisierung im Schulalltag stellt sich bis zum heutigen Zeitpunkt nur punktuell ein (STÜMPER 2011, FUCHSGRUBER et al. 2017, LINDNER et al. 2018b). Hinzu kommt, dass der praktische Einsatz von Satellitenbildern im Schulunterricht selten über eine visuelle Deutung von Echtfarbenbildern hinausgeht (DITTER 2014, KESTLER 2015, FUCHSGRUBER et al. 2017). Die Projekte FIS, Columbus Eye und KEPLER ISS integrieren nicht nur die digitale Bildanalyse von Falschfarbensatellitenbildern oder Live-Videos von der Internationalen Raumstation (ISS), sondern führen die Lernenden in die Themen der Fernerkundung und der Erdbeobachtung von der ISS ein (GOETZKE et al. 2014a, RIENOW et al. 2015b, LINDNER et al. 2018b).

Durch die Implementierung des neuen fächerübergreifenden MINT-Schulfaches „Geographie-Physik“ als Wahlpflichtfach in der Sekundarstufe I (Sek. I) in Nordrhein-Westfalen (NRW) am Gymnasium Siegburg Alleestraße (GSA) analysiert diese Arbeit – in Triangulation mit der Arbeitsgruppe (AG) Fernerkundung des Geographischen Instituts der Universität Bonn und der AG Geomatik des Geographischen Instituts der Ruhr-Universität Bochum – die praktische Anwendung von Fernerkundungsdaten und -methoden sowie Erdbeobachtungsdaten und -methoden von der ISS im Schulunterricht.

Ziel dieser explorativen Studie ist es, das neue MINT-Schulfach mit den Themen der Fernerkundung und der Erdbeobachtung mit den digitalen Lehr- und Lernmaterialien der universitären Projekte im Wahlpflichtfächerkanon der Fallschule nachhaltig zu verankern.

Nach der schulpraktischen Erprobung des neuen interdisziplinären MINT-Wahlpflichtfaches „Geographie-Physik“ im Verlauf von vier aufeinanderfolgenden Schuljahren im *Mixed-Methods*-Forschungsdesign können in dieser Arbeit didaktische Schlussfolgerungen für eine nachhaltige Implementierung des neuen MINT-Faches in den Kanon der Wahlpflichtfächer in der Sek. I in NRW abgeleitet werden.

Darüber hinaus zeigen die Ergebnisse dieser Studie signifikante geschlechterspezifische Motivationseffekte bei der Arbeit mit Satellitenbildern und Videos von der ISS, sodass davon ausgegangen werden kann, dass durch das neue MINT-Wahlpflichtfach „Geographie-Physik“ insbesondere die Mädchen gefördert werden können. Die Förderung von Mädchen in MINT-Fächern ist notwendig, um vor allem Schülerinnen für mögliche Berufsfelder im MINT-Bereich zu motivieren.

Abstract

For more than a decade, pupils are confronted with satellite imagery in daily life progressively earlier. Due to weather reports, the news broadcast or virtual globes like GOOGLE EARTH, pupils are used to look at the Earth from bird's eye view (SIEGMUND 2011, VOSS 2011). Even through the German curriculum for Geography demand working with satellite imagery in school lessons (DGfG 2014, KMK 2015), but schools realize these demands only incrementally and slowly (STÜMPER 2011, FUCHSGRUBER et al. 2017, LINDNER et al. 2018b).

Furthermore, the practical application of satellite imagery in school lessons goes barely exceeds visual interpretation of true colour satellite images (DITTER 2014, KESTLER 2015, FUCHSGRUBER et al. 2017). The university projects FIS, Columbus Eye and KEPLER ISS make the digital analysis from false-colour satellite images or high-definition video data from the International Space Station (ISS) possible. Moreover, they introduce pupils to remote sensing (RS) and Earth Observation (EO) from the ISS (Goetzke et al. 2014a, Rienow et al. 2015b, LINDNER et al. 2018b).

Implementing a new interdisciplinary STEM subject "Geography Physics" as an elective course at secondary school level I in North Rhine-Westphalia (NRW) at the Gymnasium Siegburg Alleestraße (GSA), this work analyses – in triangulation with the RS Research Group of the Department of Geography at the University of Bonn and the Geomatics Research Group of the Department of Geography at the Ruhr-University of Bochum – the practical application of RS data and methods as well as EO data and methods from the ISS in school lessons. The goal of this exploratory study is to anchor this new STEM subject including the topics RS and EO with the digital teaching and learning materials of the university projects in the canon of elective courses at the case study school.

Having tested the potential implementation of the interdisciplinary STEM subject "Geography Physics" during four consecutive school years in mixed-methods-design, this work suggests didactic principles for its implementation in the canon of elective courses in the secondary school level I in North Rhine-Westphalia.

Furthermore, the results of this study prove significant gender-specific motivational effects of working with satellite imagery and videos from the ISS so that the new STEM subject "Geography Physics" including the satellite imagery and videos from the ISS would especially motivate girls. Methods need to be developed to motivate girls enough for a STEM subject and for a future STEM career.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	III
Zusammenfassung	V
Abstract	VII
Abbildungsverzeichnis	XIII
Tabellenverzeichnis	XIX
Abkürzungsverzeichnis	XXI
1 Einleitung	1
I Theoretische Grundlagen und Forschungsstand	7
2 Fernerkundung und Geographie als Fachwissenschaft	9
3 Der Stellenwert der Fernerkundung im Schulunterricht in Deutschland	19
3.1 Fernerkundung im Alltag der Schüler.....	20
3.2 Forschungsstand in der Geographiedidaktik	21
3.3 Fernerkundung in Bildungsplänen und Bildungsstandards	29
3.4 Fernerkundung in den Lehrplänen in NRW	34
3.5 Inkrafttreten des Medienkompetenzrahmens in NRW	42
3.6 Fernerkundung in Schulbüchern in NRW	47
3.7 Fernerkundung in der Lehrerbildung in NRW	65
3.8 Bewertung der gegenwärtigen Situation	73
4 Die Projekte Fernerkundung in Schulen (FIS), Columbus Eye und KEPLER ISS	79
4.1 Das Projekt Fernerkundung in Schulen (FIS).....	80
4.2 Das Projekt „Columbus Eye – Live-Bilder von der ISS im Schulunterricht“	92
4.3 KEPLER ISS – Kompetenzorientiertes, erfahrungsbasiertes und praktisches Lernen mit Erdbeobachtung von der ISS	100
4.4 Ausgangslage der ersten Forschungsfragen	101

II	Theoretische Grundlagen des neuen MINT-Schulfachkonzeptes zur Integration von Fernerkundung in den Schulunterricht.....	105
5	Didaktisch-methodische Grundlagen des MINT-Schulfachkonzeptes zur Integration von Fernerkundung durch das neue Wahlpflichtfach „Geographie-Physik“	107
5.1	Interdisziplinarität.....	108
5.2	Förderung des vernetzenden Denkens	110
5.3	Selbsttätigkeit und Handlungsorientierung	111
5.4	Mediendidaktische und lerntheoretische Grundlagen zur nachhaltigen Integration von Fernerkundung in den Schulunterricht der Sekundarstufe I	113
5.4.1	Mediendidaktische Unterrichtsplanung mit digitalen Medien	114
5.4.2	Das magische Viereck mediendidaktischer Innovation	119
5.4.3	Multimediales Lernen	121
5.4.4	Veränderungen der Rollen von Lehrer, Schüler und Schule	122
5.5	Schlussfolgerungen für die Implementierung des neuen MINT-Schulfachkonzeptes	124
5.6	Ableitung fernerkundungsdidaktischer Forschungsfragen für die Praxiserprobung.....	125
6	Methodische Grundlagen und Forschungsdesign	129
6.1	Evaluierungskonzept.....	134
6.2	Rechtliche Grundlagen der Evaluation	142
6.3	Forschungslogbuch.....	144
6.4	Leitfadengestützte Gruppendiskussionen.....	145
6.5	Gütekriterien der qualitativen Forschungsmethoden	148
6.6	Panel-Survey	151
6.6.1	„Classroom“-Interviews mit standardisiertem Fragebogen.....	152
6.6.2	Konzipierung des standardisierten Fragebogens	155
6.6.3	Pretestverfahren	169
7	Praxisorientierte Möglichkeiten der Implementierung von Fernerkundung in den Schulunterricht in NRW durch ein neues MINT-Wahlpflichtfach....	173
7.1	Curriculare Möglichkeiten der Implementierung von Fernerkundung in den Schulunterricht in NRW durch ein neues MINT-Wahlpflichtfach.....	173
7.2	Schulische Vorgaben zur Implementierung eines neuen MINT-Wahlpflichtfaches an Gymnasien in NRW	175
7.3	Entwicklung des neuen MINT-Schulfaches „Geographie-Physik“ im Differenzierungsbereich der Sekundarstufe I an Gymnasien in NRW	179

7.3.1	Entwicklung eines Curriculums durch die Fachschaften Geographie und Physik	179
7.3.2	Rahmenbedingungen für Lehrkräfte	183
7.3.3	Technische Voraussetzungen an die Lernumgebung	185
7.3.4	Vorstellung des neuen MINT-Wahlpflichtfaches bei Eltern und Schülern	187
7.4	Bewertung der aktuellen Rahmenbedingungen für die Implementierung des neuen MINT-Differenzierungsfaches „Geographie-Physik“ an Gymnasien in NRW	191
III	Praktische Implementierung der Fernerkundung durch das neue MINT-Wahlpflichtfach „Geographie-Physik“ am Gymnasium Siegburg Alleestraße (GSA).....	193
8	Die Implementierung von Fernerkundung in den Schulunterricht am Gymnasium Siegburg Alleestraße (GSA) durch die Einführung des neuen MINT-Wahlpflichtfachs „Geographie-Physik“ in der Sek. I.....	195
8.1	Rahmenbedingungen am GSA	195
8.1.1	Kooperation mit der AG Fernerkundung der Universität Bonn	198
8.1.2	Kooperation mit der AG Geomatik der Ruhr-Universität Bochum	200
8.2	Schulentwicklung durch die Einführung des neuen MINT-Wahlpflichtfaches	201
8.3	Bewertung des aktuellen Entwicklungsstandes des neuen MINT-Wahlpflichtfaches „Geographie-Physik“ am GSA	207
IV	Ergebnisse der Implementierung von Fernerkundung durch das neue MINT-Wahlpflichtfach „Geographie-Physik“ am GSA.....	227
9	Ergebnisse der empirischen Studie	229
9.1	Überprüfung der Forschungsfragen	229
9.1.1	Formale Rahmenbedingungen von Gymnasien in NRW	229
9.1.2	Rahmenbedingungen für Lehrkräfte	239
9.1.3	Auswirkungen auf Interesse und Motivation der Schüler	240
9.2	Fernerkundungsdidaktische Schlussfolgerungen.....	272
9.3	Diskussion der Forschungsergebnisse.....	289
10	Fazit und Ausblick.....	297
	Literaturverzeichnis	301
	Anhang.....	323

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.1:	Aufbau der Arbeit	5
Abbildung 2.1:	Teilbereiche der Fernerkundung.....	10
Abbildung 2.2:	Einordnung der für die Erfassung und Analyse von Geodaten relevanten Wissenschaftsdisziplinen	11
Abbildung 2.3:	Technische Bildeigenschaften von Satellitenbildern	16
Abbildung 3.1:	Kompetenzbereiche des Faches Geographie	32
Abbildung 3.2:	Medienkompetenzrahmen NRW	45
Abbildung 3.3:	In sieben Schritten zum schulischen Medienkonzept	46
Abbildung 3.4:	Fachliche Studieninhalte des Lehramtsstudiums im Fach Geographie an deutschen Universitäten und Hochschulen	68
Abbildung 3.5:	Empfohlener Studienverlaufsplan im Bachelor Geographie Lehramt an der RHEINISCHEN FRIEDRICH-WILHELMS-UNIVERSITÄT BONN	69
Abbildung 3.6:	Beschreibung des Pflichtmoduls Geomatik im Rahmen des “Bachelor Lehramt Geographie“ im Modulhandbuch	70
Abbildung 3.7:	Studienverlaufsplan für den Zwei-Fach-Studiengang „Bachelor of Arts in Geography“ an der Ruhr-Universität Bochum ab dem Wintersemester 2016/17.....	71
Abbildung 4.1:	Symbiose: Moderater Konstruktivismus trifft auf Methodenorientierung.....	84
Abbildung 4.2:	Schema zur Selektion von Funktionen zur Analyse von Satellitenbildern und Einbettung in eine FIS-Unterrichtseinheit	85
Abbildung 4.3:	Design des FIS-Lernportals	86
Abbildung 4.4:	Die drei Hauptsektionen des Portals.....	88
Abbildung 4.5:	Schematische Darstellung der Dateninfrastruktur der ISS-Bilddaten	93
Abbildung 4.6:	Webportal Columbus Eye – Home	94
Abbildung 4.7:	Webportal Columbus Eye – ISS.....	94
Abbildung 4.8:	Webportal Columbus Eye – Unterricht.....	95
Abbildung 4.9:	Webportal Columbus Eye – Highlights	96
Abbildung 4.10:	Projektphasen und Ziele von Columbus Eye	97
Abbildung 4.11:	ARISS-Live-Call (Aula GSA) – 1. September 2014.....	99
Abbildung 5.1:	„Das magische Viereck mediendidaktischer Innovation“.....	120

Abbildung 6.1:	Exploratives Mixed-Methods-Forschungsdesign der vierjährigen panel-basierten Längsschnittstudie zur Implementierung des Themas Fernerkundung in den Schulunterricht der Sekundarstufe I in NRW durch das neue MINT-Wahlpflichtfach „Geographie-Physik“	132
Abbildung 6.2:	Programm-Evaluationsleitfaden des CEval.....	136
Abbildung 6.3:	Das CIPP-Modell	137
Abbildung 6.4:	Modell zu Qualität und Qualitätsentwicklung im Bildungsbereich.....	139
Abbildung 6.5:	Prozess der Fragebogenentwicklung.....	158
Abbildung 6.6:	Aufnahme einer Frage in den Fragebogen	159
Abbildung 6.7:	Inhaltliche Themen und Aufbau der Frageblöcke in den Erhebungswellen in aufsteigender Form.....	161
Abbildung 6.8:	Fragebogenkonstruktion der Vorevaluation	164
Abbildung 6.9.1:	Fragebogenkonstruktion bei der ersten Erhebungswelle der Hauptuntersuchung	166
Abbildung 6.9.2:	Fragebogenkonstruktion bei der ersten Erhebungswelle der Hauptuntersuchung	166
Abbildung 6.10:	Übersicht der Skalenniveaus und mögliche Berechnung statistischer Kennwerte	168
Abbildung 7.1:	Hierarchische Berücksichtigung der Schulvorschriften sowie der gymnasialen Schulgremien in NRW bei der Einführung eines neuen Wahlpflichtfaches in den Schulunterricht der Sek. I	178
Abbildung 7.2:	Beispielseiten des entwickelten fächerübergreifenden Curriculums durch die Fachschaften Geographie und Physik am GSA	182
Abbildung 7.3:	Information über das neue MINT-Differenzierungsfach „Geographie-Physik“ am GSA.....	190
Abbildung 7.4:	Auszüge der PowerPoint-Präsentation für den Informationsabend zur Wahl des Differenzierungsfaches	190
Abbildung 8.1:	Drei-Wege-Modell der Schulentwicklung	203
Abbildung 8.2:	Zeitachse des Implementationsprozesses des neuen MINT-Wahlpflichtfaches „Geographie-Physik“ am GSA.....	208
Abbildung 8.3:	Zeitachse der außerunterrichtlichen Kooperationsveranstaltungen der Durchführungsorganisationen zum Nutzen der Zielgruppe	212
Abbildung 8.4:	Dimensionen der Nachhaltigkeit auf Makroebene	215
Abbildung 8.5:	Dimension der Nachhaltigkeit auf Programmebene	216

Abbildung 8.6.1:	Zeitachse der schulinternen und zielgruppenübergreifenden Wirkungen der Einführung des neuen MINT-Differenzierungsfaches „Geographie-Physik“ in Verbindung mit den universitären Kooperationen	218
Abbildung 8.6.2:	Zeitachse II der schulinternen und zielgruppenübergreifenden Wirkungen der Einführung des neuen MINT-Differenzierungsfaches „Geographie-Physik“ in Verbindung mit den universitären Kooperationen	221
Abbildung 8.7:	Zeitachse der Zielgruppenerreichung mit zielgruppenübergreifenden Wirkungen der Einführung des neuen MINT-Wahlpflichtfaches „Geographie-Physik“ in Verbindung mit den universitären Kooperationen und in Anlehnung an das Lebensverlaufsmodell des CEval-Ansatzes.....	222
Abbildung 8.8:	Zeitachse der nachhaltig programmorientierten Wirkungen im Politikfeld Schule am Beispiel des GSA in Anlehnung an das Lebensverlaufsmodell des CEval-Ansatzes	224
Abbildung 9.1:	Beobachtungsstichprobe der Anwahl des neuen MINT-Differenzierungsfaches „Geographie-Physik“ von Mädchen und Jungen am GSA (n=106).....	243
Abbildung 9.1.1:	Relative Häufigkeitsverteilung der genderspezifischen Ja-Stimmen aller Wahlpflichtfachkohorten (n=106) zur Nutzung von Satellitenbildern bzw. Fernerkundungsmethoden vor Beginn des MINT-Wahlpflichtfaches	244
Abbildung 9.1.2:	Relative Häufigkeitsverteilung der genderspezifischen Ja-Stimmen aller Wahlpflichtfachkohorten (n=106) zur privaten Nutzung von Satellitenbildern vor Beginn des MINT-Wahlpflichtfaches	245
Abbildung 9.2:	Motivationale Beweggründe der MINT-Wahlpflichtfachwahl „Geographie-Physik“ in vier Wahlpflichtfachkohorten (n=81)	246
Abbildung 9.2.1:	Relative Häufigkeitsverteilung der genderspezifischen Ja-Stimmen von vier Wahlpflichtfachkohorten (n=81) zur motivationalen Begründung durch den Einsatz von Satellitenbildern vor Beginn des MINT-Wahlpflichtfaches	248
Abbildung 9.2.2:	Relative Häufigkeitsverteilung der genderspezifischen Ja-Stimmen von vier Wahlpflichtfachkohorten (n=81) zur motivationalen Begründung durch den Einsatz von Live-Bildern/-Videos von der ISS vor Beginn des MINT-Wahlpflichtfaches	249
Abbildung 9.2.3:	Relative Häufigkeitsverteilung der genderspezifischen Ja-Stimmen von vier Wahlpflichtfachkohorten (n=81) zur motivationalen Begründung durch „Sonstiges“ mit individuellen Erläuterungen vor Beginn des MINT-Wahlpflichtfaches	250

Abbildung 9.2.4:	Relative Häufigkeitsverteilung der genderspezifischen Ja-Stimmen von vier Wahlpflichtfachkohorten (n=81) zur motivationalen Begründung durch Spaß an Naturwissenschaften vor Beginn des MINT-Wahlpflichtfaches	250
Abbildung 9.2.5:	Relative Häufigkeitsverteilung der genderspezifischen Ja-Stimmen von vier Wahlpflichtfachkohorten (n=81) zur motivationalen Begründung durch das Fach Geographie vor Beginn des MINT-Wahlpflichtfaches.....	251
Abbildung 9.2.6:	Relative Häufigkeitsverteilung der genderspezifischen Ja-Stimmen von vier Wahlpflichtfachkohorten (n=81) zur motivationalen Begründung durch Exkursionen an außerschulischen Lernorten vor Beginn des MINT-Wahlpflichtfaches	251
Abbildung 9.2.7:	Relative Häufigkeitsverteilung der genderspezifischen Ja-Stimmen von vier Wahlpflichtfachkohorten (n=81) zur motivationalen Begründung durch das Thema Erdbeobachtung/Fernerkundung vor Beginn des MINT-Wahlpflichtfaches	252
Abbildung 9.2.8:	Relative Häufigkeitsverteilung der genderspezifischen Ja-Stimmen von vier Wahlpflichtfachkohorten (n=81) zur motivationalen Begründung durch die vorgestellten Unterrichtsinhalte vor Beginn des MINT-Wahlpflichtfaches	253
Abbildung 9.2.9:	Relative Häufigkeitsverteilung der genderspezifischen Ja-Stimmen von vier Wahlpflichtfachkohorten (n=81) zur motivationalen Begründung durch die Expertengespräche mit Wissenschaftler/Innen vor Beginn des MINT-Wahlpflichtfaches	253
Abbildung 9.2.10:	Relative Häufigkeitsverteilung der genderspezifischen Ja-Stimmen von vier Wahlpflichtfachkohorten (n=81) zur motivationalen Begründung durch das Interesse am Schulfach Physik vor Beginn des MINT-Wahlpflichtfaches	254
Abbildung 9.2.11:	Relative Häufigkeitsverteilung der genderspezifischen Ja-Stimmen von vier Wahlpflichtfachkohorten (n=81) zur motivationalen Begründung durch den fächerverbindenden MINT-Unterricht vor Beginn des MINT-Wahlpflichtfaches	254
Abbildung 9.3:	Arithmetisches Mittel der genderspezifischen Bewertungen zum Gesamtverständnis durch Satellitenbilder nach Schulhalbjahren (vier Erhebungswellen) der 1.-3. Wahlpflichtfachkohorte einschließlich der ersten beiden Schulhalbjahre der 4. Wahlpflichtfachkohorte (n=83)	258
Abbildung 9.3.1:	Arithmetisches Mittel der genderspezifischen Bewertungsränge zum Interesse an Satellitenbildern nach Schulhalbjahren (vier Erhebungswellen) der 1.-3. Wahlpflichtfachkohorte einschließlich der ersten beiden Schulhalbjahre der 4. Wahlpflichtfachkohorte (n=83)	259

Abbildung 9.3.2:	Arithmetisches Mittel der genderspezifischen Bewertungsränge zum Gesamtverständnis durch Live-Bilder/-Videos von der ISS nach Schulhalbjahren (vier Erhebungswellen) der 1.-3. Wahlpflichtfachkohorte einschließlich der ersten beiden Schulhalbjahre der 4. Wahlpflichtfachkohorte (n=83)	260
Abbildung 9.3.3:	Arithmetisches Mittel der genderspezifischen Bewertungsränge zum Interesse durch Live-Bilder/-Videos von der ISS nach Schulhalbjahren (vier Erhebungswellen) der 1.-3. Wahlpflichtfachkohorte einschließlich der ersten beiden Schulhalbjahre der 4. Wahlpflichtfachkohorte (n=83)	261
Abbildung 9.3.4:	Arithmetisches Mittel der genderspezifischen Bewertungsränge zum Interesse an den FIS-Lernmodulen nach Schulhalbjahren (vier Erhebungswellen) der 1.-3. Wahlpflichtfachkohorte einschließlich der ersten beiden Schulhalbjahre der 4. Wahlpflichtfachkohorte (n=83)	262
Abbildung 9.4:	Arithmetisches Mittel der genderspezifischen Bewertungsränge der Erwartungshaltung gegenüber dem MINT-Fach „Geographie-Physik“ nach dem ersten Schulhalbjahr im Teilbereich Geographie der Jahrgangsstufe 8 (1.-4. Wahlpflichtfachkohorte) (n=83)	265
Abbildung 9.4.1:	Arithmetisches Mittel der genderspezifischen Bewertungsränge der Erwartungshaltung gegenüber dem MINT-Fach „Geographie-Physik“ nach dem zweiten Schulhalbjahr im Teilbereich Physik der Jahrgangsstufe 8 (1.-4. Wahlpflichtfachkohorte) (n=83)	265
Abbildung 9.4.2:	Arithmetisches Mittel der genderspezifischen Bewertungsränge der Erwartungshaltung gegenüber dem MINT-Fach „Geographie-Physik“ nach dem ersten Schulhalbjahr im Teilbereich Physik der Jahrgangsstufe 9 (1.-3. Wahlpflichtfachkohorte) (n=63)	266
Abbildung 9.4.3:	Arithmetisches Mittel der genderspezifischen Bewertungsränge der Erwartungshaltung gegenüber dem MINT-Fach „Geographie-Physik“ nach dem zweiten Schulhalbjahr im Teilbereich Geographie der Jahrgangsstufe 9 (1.-3. Wahlpflichtfachkohorte) (n=62)	266
Abbildung 9.4.4:	Arithmetisches Mittel der genderspezifischen Bewertungsränge der Erwartungshaltung gegenüber dem MINT-Fach „Geographie-Physik“ nach Abschluss der zwei Schuljahre (1.-3. Wahlpflichtfachkohorte) (n=62)	267
Abbildung 9.4.5:	Relative Häufigkeitsverteilung der genderspezifischen Ja-Stimmen von drei Wahlpflichtfachkohorten zur Erwartungshaltung gegenüber dem MINT-Wahlpflichtfach „Geographie-Physik“ nach Abschluss der zwei Schuljahre (n=62)	268

Abbildung 9.5:	Bewertungsrating der drei vollständig evaluierten Wahlpflichtfachkohorten zur Erwartungshaltung gegenüber dem MINT-Wahlpflichtfach „Geographie-Physik“ nach Abschluss der zwei Schuljahre (n=62)	271
Abbildung 9.6:	Ergebnisse des Programm-Evaluationsleitfadens des CEval nach STOCKMANN (2014) des Forschungsvorhabens einer nachhaltigen Integration des Themas Fernerkundung durch das neue MINT- Wahlpflichtfachkonzept „Geographie-Physik“ am GSA.....	284
Abbildung 9.7:	Fernerkundungsdidaktisches Schulfachkonzept „Geographie-Physik“ als MINT-Wahlpflichtfach der Sekundarstufe I in NRW	294

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3.1:	Vergleich der Methodenkompetenzen der TERRA- und der Diercke-Praxis-Schulbuchreihen.....	58
Tabelle 3.2:	Vergleich der grundlegenden Schrittfolge für den Einsatz von Satellitenbildern und Luftbildern bzw. „Fotos“ im weiteren Sinne (Vergleich TERRA- und Diercke-Praxis-Schulbuchreihen).....	61
Tabelle 3.3:	Vergleich der Schulbuchreihen unter Berücksichtigung der fernerkundungsdidaktischen Gesamtkonzeption.....	62
Tabelle 4.1:	Themenbereiche der Info-Box für Profis	87
Tabelle 9.1:	Genderspezifisch signifikante Unterschiede bei den Geomedien Satellitenbild und Live-Bild/-Video von der ISS nach dem „exakten Test nach Fisher“	256
Tabelle 9.2:	Genderspezifisch signifikante Unterschiede bei den Geomedien Satellitenbild und Live-Bild/-Video von der ISS durch den „Mann-Whitney-U-Test“	263

Abkürzungsverzeichnis

AR:	Augmented Reality
ARISS:	Amateur Radio on the International Space Station
BASS NRW:	Bereinigte Amtliche Sammlung der Schulvorschriften in Nordrhein-Westfalen
BMBF:	Bundesministerium für Bildung und Forschung
Columbus Eye:	Columbus Eye – Live-Bilder von der ISS im Schulunterricht
DGfG:	Deutsche Gesellschaft für Geographie
DLR:	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
ESA:	European Space Agency
ESERO:	European Space Education Resource Office
FIS:	Fernerkundung in Schulen
G8:	Gymnasialer Bildungsabschluss nach 8 Schuljahren
G9:	Gymnasialer Bildungsabschluss nach 9 Schuljahren
GIS:	Geographische Informationssysteme
GIUB:	Geographisches Institut der Universität Bonn
GPS:	Global Positioning System
GSA:	Gymnasium Siegburg Alleestraße
ISS:	International Space Station
KEPLER ISS:	Kompetenzorientiertes, erfahrungsbasiertes und praktisches Lernen mit Erdbeobachtung von der ISS
KMK:	Kultusministerkonferenz
MINT:	Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik
MOOCs:	Massive Open Online Courses
MSB NRW:	Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen
MSW NRW:	Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen
NASA:	National Aeronautics and Space Administration
NRW:	Nordrhein-Westfalen
OECD:	Organisation for Economic Co-operation and Development
PISA:	Program for International Student Assessment
RUB:	Ruhr-Universität Bochum

SchulG:	Schulgesetz Nordrhein-Westfalen
Sek. I:	Sekundarstufe I
Sek. II:	Sekundarstufe II
SDI:	Selbstbestimmungsindex
VR:	Virtual Reality
Abb.:	Abbildung
bspw.:	beispielsweise
d. h.:	das heißt
ebd.:	ebenda
o. Ä.:	oder Ähnliche[s]
etc.:	et cetera
s.:	siehe
s.o.	siehe oben
Tab.:	Tabelle
u. a.:	unter anderen, unter anderem
u. Ä.:	und Ähnliche[s]
usw.:	und so weiter
vgl.:	vergleiche
z. B.:	zum Beispiel

1 Einleitung

„Um zu erkennen, dass Menschen im All leben können, musste ich ein halbes Jahr hier oben verbringen. Um zu erkennen, wie schön die Erde ist, brauchte ich eine Minute. Um zu erkennen, wie zerbrechlich unser kleiner blauer Planet ist, brauchte ich nur einen Augenblick.“
Alexander Gerst

Als „dritte Entdeckung der Erde“ zählt die Fernerkundung als Arbeitsmittel in der geographischen Forschung (BODECHELT & GIERLOFF-EMDEN 1974), die insbesondere durch den technologischen Entwicklungsschub der letzten Jahrzehnte mittlerweile das 21. Jahrhundert als ihr „Goldenes Zeitalter“ feiern kann. Noch nie gab es so viele Erdbeobachtungssatelliten, die einen Zugang zur Datengewinnung möglich machten. Die Technologie kann heute eine aktuelle und Flächen erfassende Datengewinnungsmethode bieten, die von der Erde aus nicht möglich wäre. Eine zusätzliche Trendwende des letzten Jahrzehnts in puncto Datenpolitik konnte zudem den Zugang von Erdbeobachtungsdaten für Wissenschaft, Wirtschaft und Öffentlichkeit fortwährend erleichtern (RIEMBAUER et al. 2017).

Schülerinnen und Schüler werden in ihrer Alltagswelt seit dem letzten Jahrzehnt immer früher mit Satellitenbildern konfrontiert. Durch den Wetterbericht und die Nachrichtensendung im Fernsehen oder virtuelle Globen im Internet, wie beispielsweise „GOOGLE EARTH“, lernen bereits Grundschul Kinder wie die Erde aus der Vogelperspektive aussehen kann (SIEGMUND 2011, VOSS 2011). Aus diesem Grund fordern die nationalen Bildungsstandards sowie zahlreiche Bildungspläne für das Fach Geographie bereits seit einigen Jahren den Einsatz von Fernerkundungsdaten im Schulunterricht. Schüler¹ sollen die Kompetenz erwerben, geographische Informationen aus Luft- und Satellitenbildern zu gewinnen, zu analysieren und interpretieren zu können (DGfG 2007, 2017, KMK 2015). Durch die Arbeit mit Satellitenbildern können zudem vielfältige Fragestellungen, die in den Bildungsstandards des Faches Geographie aufgeführt sind, problemorientiert erarbeitet werden. Durch ihre hohe Anschaulichkeit und Aktualität können sie dabei im Vergleich zu anderen Medien verschiedene methodische Kompetenzen fördern (SIEGMUND 2011, VOSS 2011). Die konkrete Realisierung im Schulalltag stellt sich – trotz der theoretischen Ambitionen – bis heute nur punktuell ein (SIEGMUND 2011, STÜMPER 2011,

¹ Im Folgenden werden – um den Lesefluss nicht zu behindern – mit dem Begriff „Schüler“ sowohl Schülerinnen als auch Schüler benannt.

FUCHSGRUBER et al. 2017). Erste Ansätze einer Fernerkundungsdidaktik, die vonseiten der Fachwissenschaft im letzten Jahrzehnt immer deutlicher gefordert wurde, kamen von REUSCHENBACH (2007), von VOSS, GOETZKE & THIERFELDT (2007) und WOLF, KOLLAR & SIEGMUND (2008). Ein erstes umfassendes Modell einer fernerkundungsdidaktischen Gesamtkonzeption im Kontext einer internationalen Vergleichsstudie wurde von SIEGMUND (2011) entwickelt. Das in drei Schwierigkeitsstufen aufgebaute Modell schlägt neben der Arbeit mit dem Medium Satellitenbild sowie dem dadurch veranschaulichtem Inhalt vor, dass auch die Funktionsweise von Satelliten und die Fernerkundungstechnologie in den Unterricht mit eingebunden werden sollte, auch wenn dies keine zwingende Notwendigkeit für eine gewinnbringende Erarbeitung mit Fernerkundungsdaten darstellt (SIEGMUND 2011, FUCHSGRUBER et al. 2017). „Von großem didaktischem Nutzen für eine nachhaltige Veränderung der Unterrichtskultur ist es, den Unterricht weg von einer analog-rezeptiven hin zu einem digital-partizipativen Lernsetting zu gestalten“ (FUCHSGRUBER et al. 2017:9). Der praktische Einsatz von Satellitenbildern im Schulunterricht geht allerdings bis auf wenige Beispiele durch die Projekte „Fernerkundung in Schulen (FIS)“, „Columbus Eye“ (GOETZKE et al. 2014a, RIENOW et al. 2015b) oder „KEPLER ISS“ selten über eine visuelle Deutung von Echtfarbenbildern hinaus. Der hohe Informationsgehalt von Falschfarbenbildern und die Potenziale einer digitalen Bildanalyse bleiben dabei außen vor (DITTER 2014, KESTLER 2015, FUCHSGRUBER et al. 2017). Als Gründe hierfür sind die Darstellung der Satellitenbildinterpretation in den Standardwerken der Geographiedidaktik als auch das fehlende Expertenwissen zur vertiefenden Satellitenbildinterpretation seitens der Lehrkräfte zu nennen (STÜMPER 2009, DITTER 2012, FUCHSBERGER et al. 2017).

Die vorliegende Arbeit analysiert, wie die Einbindung von Fernerkundungsdaten und Fernerkundungsmethoden im Schulunterricht mithilfe der Implementierung des neuen MINT²-Schulfaches „Geographie-Physik“ im Differenzierungsbereich der Sek. I am GSA exemplarisch erfolgen kann. Dabei verfolgt diese Studie das Ziel, durch die Entwicklung des interdisziplinär angelegten MINT-Schulfaches das Thema Fernerkundung im Fächerkanon des Differenzierungsbereichs der Sek. I für Gymnasien in Nordrhein-Westfalen³ fest zu verankern und aus den Ergebnissen der Evaluation – auch hinsichtlich möglicher genderspezifischer Effekte bei der motivationalen Begründung der Schulfachwahl und der Arbeit mit den Geomedien Satellitenbild und Live-Bild/-Video von der ISS – nach Ablauf von jeweils zwei vollständigen Schuljahren der Jahrgangsstufen 8 und 9 im Forschungszeitraum von vier vollständig erhobenen Schuljahren fernerkundungsdidaktische Grundsätze für das neue Schulfachkonzept ableiten zu können.

² MINT: Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik (BMBF 2013).

³ Im Folgenden wird das Bundesland Nordrhein-Westfalen mit NRW abgekürzt.

Diese Arbeit entsteht im Rahmen zweier Kooperationsvereinbarungen zwischen dem GSA⁴ und der AG Fernerkundung des Geographischen Instituts der Universität Bonn (GIUB) sowie der AG Geomatik des Geographischen Instituts der Ruhr-Universität Bochum (RUB) vor dem Hintergrund der Einführung des neuen MINT-Schulfaches „Geographie-Physik“, um den Austausch zwischen Schulpraxis und universitärer Lehre und Forschung zu fördern. In diesem Zusammenhang sollen die entwickelten Unterrichtsmaterialien der Projekte FIS, Columbus Eye sowie KEPLER ISS im Unterricht des neuen MINT-Schulfaches eingesetzt bzw. schulpraktisch erprobt werden.

Aufgrund der Tatsache, dass auf diesem vergleichsweise noch jungen Fachgebiet der Geographiedidaktik – insbesondere vor dem Hintergrund der Implementierung eines neuen MINT-Schulfaches – Untersuchungsbedarf besteht, ist es erforderlich, die theoretischen Grundlagen und den aktuellen Forschungsstand zum Stellenwert der Fernerkundung im Schulunterricht auf nationaler bzw. vornehmlich auf regionaler Ebene am Beispiel des Bundeslandes NRW zu untersuchen. Ausgehend von diesen Grundlagen sollen die Ziele der Projekte FIS, Columbus Eye und KEPLER ISS mit Blick auf die Untersuchung dieser Arbeit vorgestellt werden. Als essenzielle Einflussfaktoren zur Konzipierung des neuen MINT-Schulfachkonzeptes werden anschließend die didaktisch-methodischen sowie die mediendidaktischen und lerntheoretischen Grundlagen zur Integration von Fernerkundung in den Schulunterricht der Sek. I in NRW in Anbindung an die universitären Projekte betrachtet, um Schlussfolgerungen für den praktischen Einsatz der digitalen Unterrichtsmaterialien bei der Schulfachkonzipierung ableiten zu können und für die Praxiserprobung weiterführende Forschungsfragen aufzustellen.

Darauf aufbauend werden die praxisorientierten Möglichkeiten der Implementierung eines neuen MINT-Wahlpflichtfaches im Schulunterricht der Sek. I in NRW mit den Ergebnissen der Praxiserprobung an der Beispielspielschule – dem GSA – sowie die dafür notwendigen Rahmenbedingungen für Gymnasien, Lehrer⁵ und Schüler erläutert.

Diese vierjährige Studie erfasst durch die Anwendung eines Panel-Surveys in Kombination mit einer *Mixed-Methods*-Datenanalyse die Implementierung von Fernerkundung durch das MINT-Wahlpflichtfach „Geographie-Physik“ in den Schulunterricht des GSA, um daraus exemplarisch fernerkundungsdidaktische Grundsätze für ein neues interdisziplinäres Schulfachkonzept im Differenzierungsbereich der Sek. I auf das Bundesland NRW ableiten zu können.

⁴ Im Folgenden wird das Gymnasium Siegburg Alleestraße mit GSA abgekürzt.

⁵ Im Folgenden werden – um den Lesefluss nicht zu behindern – mit dem Begriff „Lehrer“ sowohl Lehrerinnen als auch Lehrer benannt.

Folgende Forschungsfragen sollen in dieser Studie beantwortet werden:

- **Welche Möglichkeiten haben Gymnasien in NRW, das Thema Fernerkundung im Rahmen eines neuen MINT-Schulfaches zu implementieren?**
 - Welche Unterrichtsthemen können – mit Berücksichtigung der Kernlehrpläne – durch Fernerkundung erfasst werden?
 - Welche schulformalistischen Vorgaben müssen bei der Entwicklung eines neuen MINT-Schulfaches – hier am Beispiel des MINT-Differenzierungsfaches „Geographie-Physik“ – berücksichtigt werden?
 - Welche schulischen und technischen Voraussetzungen müssen bei der Implementierung eines neuen MINT-Schulfaches zum Thema Fernerkundung im Differenzierungsbe-
reich der Sekundarstufe I berücksichtigt werden?
- **Welche Voraussetzungen müssen Lehrkräfte für das Unterrichten des neuen MINT-Differenzierungsfaches „Geographie-Physik“ zum Thema Fernerkundung erfüllen?**

Aufbauend auf der neuen MINT-Schulfachkonzipierung im gymnasialen Differenzierungsbe-
reich der Sek. I können für die Praxiserprobung an der Beispielschule folgende Fragestellungen
ergänzt werden:

- **Beeinflusst die Integration des Themas Fernerkundung im Rahmen des neuen MINT-Schulfaches „Geographie-Physik“ das Interesse und die Motivation der Schüler bei der Wahl des Differenzierungsfaches?**
 - Können signifikante genderspezifische Interessen- und Motivationsunterschiede in Bezug auf die Wahl des neuen Schulfaches festgestellt werden?
 - Können signifikante genderspezifische Interessen- und Motivationsunterschiede in Bezug auf die Arbeit mit Satellitenbildern und Live-Bildern/-Videos von der Internationalen Raumstation (ISS) festgestellt werden?
 - Können signifikante genderspezifische Interessen- und Motivationsunterschiede in Verbindung mit der Bewertung des neuen MINT-Schulfachkonzeptes festgestellt werden?

Die Arbeit setzt sich – wie der folgenden Abbildung 1.1 zu entnehmen ist – aus zwei theoretischen Komponenten und zwei empirisch-praktischen Teilen mit insgesamt 10 Kapiteln zusammen.

KAPITEL 1: Einleitung	
≡	
I THEORETISCHE GRUNDLAGEN UND FORSCHUNGSSTAND:	
KAPITEL 2:	Fernerkundung und Geographie als Fachwissenschaft
KAPITEL 3:	Der Stellenwert der Fernerkundung im Schulunterricht in Deutschland
KAPITEL 4:	Die Projekte Fernerkundung in Schulen (FIS), Columbus Eye und KEPLER ISS
≡	
II THEORETISCHE GRUNDLAGEN DES NEUEN MINT-SCHULFACHKONZEPTES ZUR INTEGRATION VON FERNERKUNDUNG IN DEN SCHULUNTERRICHT:	
KAPITEL 5:	Didaktisch-methodische Grundlagen des MINT-Schulfachkonzeptes zur Integration von Fernerkundung durch das neue MINT-Wahlpflichtfach „Geographie-Physik“
KAPITEL 6:	Methodische Grundlagen und Forschungsdesign
KAPITEL 7:	Praxisorientierte Möglichkeiten der Implementierung von Fernerkundung in den Schulunterricht in NRW durch ein neues MINT-Wahlpflichtfach
≡	
III PRAKTISCHE IMPLEMENTIERUNG DER FERNERKUNDUNG DURCH DAS NEUE MINT-WAHLPFLICHTFACH „GEOGRAPHIE-PHYSIK“ AM GSA⁶:	
KAPITEL 8:	Die Implementierung von Fernerkundung in den Schulunterricht am GSA durch die Einführung des neuen MINT-Wahlpflichtfachs „Geographie-Physik“ in der Sekundarstufe I
≡	
IV EMPIRISCHE ERGEBNISSE DER IMPLEMENTIERUNG VON FERNERKUNDUNG DURCH DAS NEUE MINT-WAHLPFLICHTFACH „GEOGRAPHIE-PHYSIK“ AM GSA	
KAPITEL 9:	Ergebnisse der empirischen Studie
KAPITEL 10:	Fazit und Ausblick

Abbildung 1.1: Aufbau der Arbeit, eigener Entwurf.

⁶ GSA: Gymnasium Siegburg Alleestraße (s. Fußnote 4).

I THEORETISCHE GRUNDLAGEN UND FORSCHUNGSSTAND

2 Fernerkundung und Geographie als Fachwissenschaft

Die Geographie als eine der klassischen Wissenschaften befasst sich traditionell mit der Struktur und Entwicklung der Landschaftshülle der Erde. Ein Alleinstellungsmerkmal der Geographie ist die Verbindung natur- und gesellschaftswissenschaftlicher Perspektiven und Methoden. Die Geographie versteht sich dementsprechend als Mensch-, Umwelt- und als Raumwissenschaft (LESER 1997, DGfG 2019, GEBHARDT et al. 2020). „Die Physische Geographie untersucht die Struktur und Dynamik unserer physischen Umwelt. Die Humangeographie befasst sich mit der Struktur und Dynamik von Kulturen, Gesellschaften, Ökonomien und der Raumbezogenheit des menschlichen Handelns“ (DGfG 2019:3). Traditionell ist das Geomedium „Karte“ ein unverzichtbares Werkzeug für geographische Fragestellungen, um erfasste Daten zwecks Dokumentation für eine vertiefende Analyse oder Synthese bereitzustellen. Die Kartographie als methodische geographische Teildisziplin hat mit der Entwicklung und Nutzung von digitalen Geographischen Informationssystemen (GIS) und Fernerkundungsverfahren in den 1980er Jahren an Bedeutung gewonnen, da das traditionelle Medium „Karte“ durch neue, digitale und interaktive Darstellungsformen erweitert wurde. Die Raumdarstellung in der Geographie erfährt durch eine interaktive, dynamische Kartengestaltung neue Möglichkeiten, die in Kombination mit Fotos oder realitätsnahen oder künstlichen Ansichten ergänzt werden können. Die Geographie als Raumwissenschaft erfasst methodisch für ihre Raumdarstellung vier Bereiche, zu denen die klassische Karte in analoger und digitaler Form gehört, die Analyse und Abfragemöglichkeiten Geographischer Informationssysteme, die *Monitoring*verfahren der Fernerkundung sowie die Techniken der „virtuellen Realität“ (SAURER & ROSNER 2020). Die Fernerkundung gehört somit zu einem wichtigen Methodenzweig der Geographie.

Die Fernerkundung, engl. *remote sensing*, franz. *téledétection*, ist eine Bezeichnung aller Verfahren, die sich mit dem Beobachten, Speichern, Kartieren und Interpretieren von Erscheinungen auf der Erdoberfläche oder in der Atmosphäre befassen und dabei ohne direkten physischen Kontakt des Aufnahmesystems, des so genannten Sensors, mit dem zu erkundenden Objekt arbeiten. Typische Fernerkundungsverfahren sind flugzeug- oder satellitengestützt. Als Informationsträger dient dabei die von der Erde ausgehende oder emittierte elektromagnetische Strahlung. Die Fernerkundung versteht sich daher als ein indirektes Beobachtungsverfahren (ALBERTZ 2009, HEIPKE 2017, LEXIKON DER FERNERKUNDUNG 2020) und kann in fünf Teilbereiche eingeteilt werden: „der Datenmessung, dem Datenempfang, der Datenaufbereitung bzw.

-archivierung, der Datenauswertung und dem eigentlichen Handeln auf Grundlage der Daten“ (SIEGMUND 2011:23).

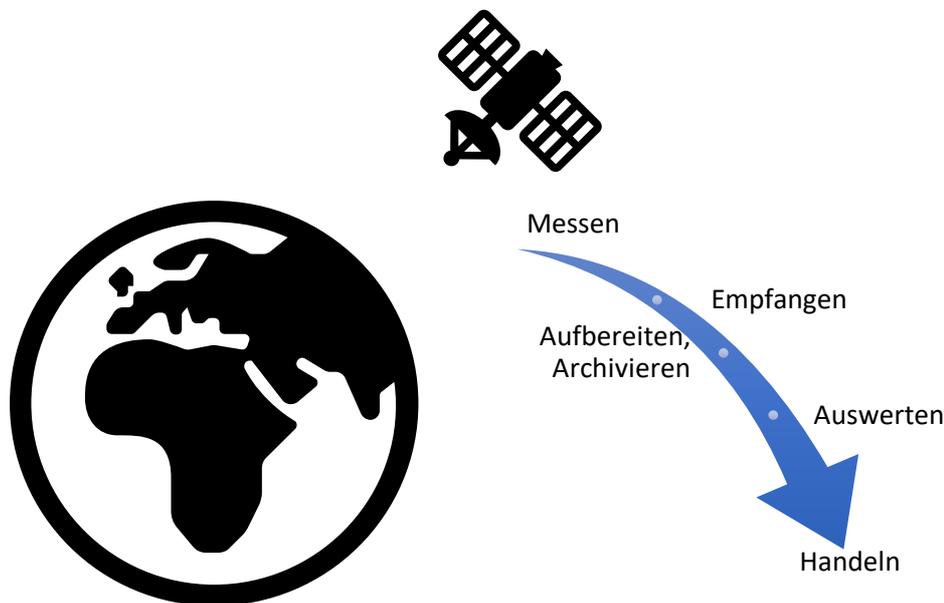


Abbildung 2.1: Teilbereiche der Fernerkundung in Anlehnung an SIEGMUND (2011), eigener Entwurf.

Der Begriff der Fernerkundung ist – wie sein Arbeitsfeld – relativ jung. Durch die ersten Aufnahmen von Luftbildern ging es vornehmlich um die Vermessung der aufgenommenen Objekte, der sogenannten *Photogrammetrie*. Erst Anfang der 70er Jahre entwickelte sich der Begriff der Fernerkundung durch die Übersetzung aus dem US-amerikanischen Wissenschaftsjargon „*remote sensing*“ (HEIPKE 2017, LEXIKON DER FERNERKUNDUNG 2020).

Das DEUTSCHE INSTITUT FÜR NORMUNG (DIN) definierte in seiner im Juni 2017 verfassten DIN 18716 die Fernerkundung als „Gesamtheit der Verfahren zur Gewinnung von Informationen von entfernten Objekten ohne direkten Kontakt mit diesen durch Messung und Interpretation von reflektierter und emittierter elektromagnetischer Strahlung“ (ebd.). Diese Definition legt zwecks Vereinheitlichung des Fernerkundungsbegriffs die Ermittlung der Daten mittels digitaler Sensorsysteme von Standorten auf der Erde, von Luftfahrzeugen oder von Satelliten fest.

Einsatzgebiete der Fernerkundung sind demzufolge die Kartierung und Überwachung der Geo- und Biosphäre, die Datengewinnung im Geoinformationswesen, die Beobachtung natürlicher und anthropogener Veränderungen von Ökosystemen. Die entsprechenden Fachgebiete sind nicht nur das Vermessungswesen und die Kartographie, sondern auch die Raumordnung und Landesplanung, die Forstwirtschaft, das Bauingenieurwesen, die Architektur, der Denkmalschutz und die Archäologie, die Industriemessung, die Unfallaufnahme, die Kriminalistik sowie die Medizin. Diese Auslegung der Begriffsdefinition gilt im weiteren Sinn auch für die Erforschung anderer

Himmelskörper. Lediglich die Fernerkundungsverfahren der Ozeanographie und der Meteorologie fallen nicht unter diese Norm, welche sich nur auf die Detektion und Auswertung elektromagnetischer Strahlung und nicht auf Magnet- und Schwerefelder bezieht (vgl. ebd.).

KLITSCH et al. 2019 ergänzen begrifflich zur Fernerkundung die Speicherung, Analyse, Modellierung und Visualisierung der naturräumlichen Daten aus Fernerkundungssensoren mithilfe von Geoinformationssystemen (GIS).

Durch eine Verknüpfung weiterer so genannter „Geodaten“ – durch beispielsweise Simulationen oder Modellierungen – können neue Informationen über die Erdoberfläche gewonnen werden. Als Geodaten werden in diesem Kontext Daten bezeichnet, die einen räumlichen Bezug zu Objekten auf der Erde haben. Geodaten werden abhängig vom entsprechenden Anwendungsfeld und der damit verbundenen räumlichen, zeitlichen und thematischen Analyse unterschiedlich detailliert ausgewertet (KLITSCH et al. 2019). Die Abbildung 2.2 (KLITSCH et al. 2019:245) erfasst die verschiedenen Wissenschaftsdisziplinen, die sich bis heute aus der Analyse von Geodaten entwickelt haben.

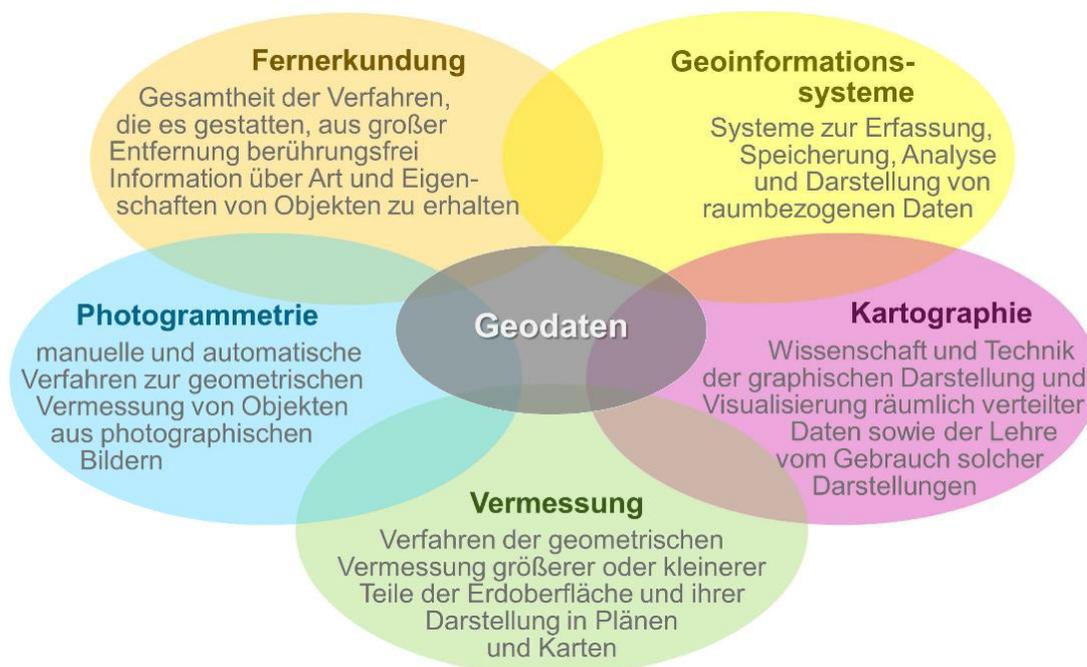


Abbildung 2.2: Einordnung der für die Erfassung und Analyse von Geodaten relevanten Wissenschaftsdisziplinen (KLITSCH et al. 2019:245).

Ausgehend von den dargestellten Aufgabenfeldern wird deutlich, dass die Geographie diese Teilgebiete für die Analyse von geographischen Prozessen und der damit verbundenen Erfassung von Geodaten benötigt. Diese Wissenschaftszweige sind allerdings für alle Fachwissen-

schaften relevant, die das Präfix „Geo“ beinhalten, wie beispielsweise die Geodäsie, die Wissenschaft von der Vermessung der Erde. In den letzten Jahrzehnten haben sich durch den technologischen Fortschritt weitere Wissenschaftszweige wie die Geomatik als eine Verbindung der Fachbereiche Geodäsie, Geowissenschaften, Ingenieurwissenschaften und angewandter Informatik etabliert, die den Einsatz und die Funktionen von Geoinformationssystemen für die Erfassung georäumlicher Daten nutzt (LEXIKON DER KARTOGRAPHIE UND GEOMATIK 2020). Der Begriff „Geomatik“ geht auf den französischen Photogrammeter DUBUISSON (1975) zurück, wobei der teilweise synonym verwendete Begriff der „Geoinformatik“ als umfassende wissenschaftliche Disziplin verstanden wird (DE LANGE 2013), die sich – gemeinsam mit der „Geokommunikation“ – seit der Jahrtausendwende als eigenständige Fachbereiche beschleunigt weiterentwickelt haben (GLASER et al. 2020).

Bereits 1858 nahm G. Tournachan aus einem Ballon heraus Luftbilder der Stadt Paris auf. Diese erste Form der Fernerkundung – basierend auf Luftbildern – wurde für geographisch relevante Fragestellungen schon im 19. Jahrhundert eingesetzt, auch wenn anfänglich aus militärischen Intentionen (EWALD 1920, LÖFFLER et al. 2005).

Mit dem Start der EXPLORER 6 im August 1959, einem US-amerikanischen Satelliten mit dem Vorhaben, den Geomagnetismus sowie die Ausdehnung von Radiowellen in der höheren Atmosphäre zu erforschen, wurde der Grundstein der Satellitenfotographie gelegt. Ausgehend von diesem Satelliten wurde das erste „Erdfoto“ aus dem Weltraum geschossen. Dieses Ereignis prägte den US-amerikanischen Begriff des „*remote sensing*“, der später – wie schon erwähnt – als „Fernerkundung“ im deutschsprachigen Raum verwendet wurde (LÖFFLER et al. 2005, LEXIKON DER FERNERKUNDUNG 2020).

Als geographisches Hilfsmittel hat die Fernerkundung seit diesem Meilenstein eine beeindruckende Entwicklung in der Geographie als Fachwissenschaft erfahren. Bereits 1974 wurde in diesem Zusammenhang von der „dritten Entdeckung der Erde“ gesprochen (BODECHELT & GIERLOFF-EMDEN 1974). Die Fernerkundung hat die menschliche Wahrnehmung der Welt über das natürliche Maß hinaus erweitert, denn mit der Mondlandung im Juli 1969 und der damit verbundenen Erkundung des Weltraums, ist die Erde als Blauer Planet in den Bereich der sichtbaren Dinge gerückt. Die Erde wirkt aus der Sicht des Weltalls einzigartig, klein und verletzlich gegenüber der Unendlichkeit des Weltraums (HASSENPFUG 1996a, 1996b, 1996c). Diese Perspektive „[...] hat unser Weltbild geprägt, hat ein neues Welt-Bild, ein neues Welt-Bewusstsein geschaffen, ohne das sich die heutige Vorstellung von der ‚einen Welt‘ nicht hätte so durchsetzen können“ (HASSENPFUG 1996a:113). Nicht nur die Perspektive, sondern auch die unter-

schiedlichsten Geodaten „von oben“ sind für Fragestellungen der Geographie unerlässlich. Die Methoden der Fernerkundung können dazu Prozesse sichtbar machen, die nur aus dieser Perspektive und der damit verbundenen (Erd-)Beobachtung erkennbar werden können.

Unsere Erde als Lebensraum von aktuell 7,5 Milliarden Menschen ist durch fortwährende Veränderungen gekennzeichnet, wobei die Nutzung durch den Menschen besonders dynamisch verläuft. Die Ressource Landoberfläche ist insbesondere vor dem Leitziel der nachhaltigen Nutzung von entscheidender Bedeutung für unsere Zukunft. Um eine nachhaltige Nutzung unseres Lebensraumes gewährleisten zu können, werden detaillierte Informationen über den Zustand und die Veränderung der Landoberfläche benötigt. Vor diesem Hintergrund bietet die Satellitenfernerkundung die Möglichkeit, Veränderungsprozesse der Oberfläche unserer Erde – in hoher räumlicher und zeitlicher Auflösung – allzeit und global aufzuzeichnen. Fernerkundungssensoren ermöglichen neben dem synoptischen Überblick eine regelmäßige Überwachung des ein und desselben Gebietes, das als *Monitoring* bezeichnet wird. In dieser systematischen flächendeckenden Erfassung von Phänomenen auf der Erde und ihre Veränderungen mit der Zeit liegt die große Stärke der Fernerkundung (ALBERTZ 2007, ALBERTZ & WIGGENHAGEN 2009, KLITSCH et al. 2019, LEXIKON DER FERNERKUNDUNG 2020). Ein zentraler Bereich der Fernerkundung wird somit auch Erdbeobachtung (engl. *earth observation*, EO) benannt. Hierbei handelt es sich um die instrumentgestützte Sammlung von Daten über die Land- und Meeresoberfläche sowie die Erdatmosphäre von Satelliten, von Raum- oder Luftfahrzeugen, die dann für entsprechende Fragestellungen verarbeitet und genutzt werden können. Dieser Bereich der Fernerkundung war auch für die Raumfahrt schon immer ein wichtiges Instrument, das jedoch – wie bei allen Erkundungen dieser Art – anfangs rein militärische Zwecke verfolgte. Das Corona-Programm der USA im Juni 1959 für militärische Aufklärung mittels Fotosatelliten über der UdSSR kann hier als bekanntes Beispiel genannt werden (LEXIKON DER FERNERKUNDUNG 2020).

Die Recherche nach der genauen Anzahl von Satelliten, die mit verschiedensten Einsatzgebieten im Weltall aktiv sind, ergab ein sehr widersprüchliches Bild. Während über den internationalen Weltraum-Kongress in Washington im Oktober 2019 von etwa 20 000 Satelliten berichtet wurde (BÖSCHE 2019), gibt es variierende Angaben von mehr als 2000 bis 3000 aktiven Satelliten. Eine transparente Anzahl von Satelliten im Einsatz wird – wahrscheinlich auch aus militärischen Gründen – nicht öffentlich preisgegeben.

Ein Satellit wird als künstlicher Himmelskörper determiniert, der sich im elliptischen oder kreisförmigen Orbit um die Erde, aber auch um andere Planeten bewegt. Die sogenannten irdischen Satelliten werden für wissenschaftliche, wirtschaftliche – wie beispielsweise Telekommunikation oder Navigation –, industrielle oder militärische Aufträge eingesetzt. Bemannte Raumfahr-

zeuge im Orbit, wie Raumkapseln oder Raumstationen (ISS), fallen ebenfalls unter die Definition von künstlichen Satelliten (HEIPKE 2017, LEXIKON DER FERNERKUNDUNG 2020).

Im Vergleich zu Wettersatelliten, deren Daten für physiogeographische Fragestellungen wie beispielsweise zur Klimageographie relevant sind, verfügen Erdbeobachtungssatelliten über Instrumente mit wesentlich höherer Auflösung. Als Beispiele können hier LANDSAT, ERS1/2 oder SPOT genannt werden (LEXIKON DER FERNERKUNDUNG 2020).

Die heutigen Erdbeobachtungssatelliten ermöglichen durch die rasante technologische Entwicklung von Erdbeobachtungssensoren des letzten Jahrzehnts nicht nur hochaktuelle und präzise Informationen über den Zustand unserer Erde, sondern können im Fall von akuten Katastrophen wie Erdbeben, Hochwasser oder Ölpest direkt das Ausmaß des Ereignisses ersichtlich machen und damit Hilfsdienste vor Ort unterstützen. Das 21. Jahrhundert gilt bereits als „Goldenes Zeitalter“ der Fernerkundung, da es noch nie so viele Erdbeobachtungssatelliten und den direkten Zugang zu ihren Daten gab wie gegenwärtig (RIEMBAUER et al. 2017, LEXIKON DER FERNERKUNDUNG 2020). „[...] die Technologie [der Fernerkundung bietet] eine Datengewinnungsmethode, der kein terrestrisches Verfahren in puncto Abdeckung und Aktualität nahe kommen kann“ (RIEMBAUER et al. 2017:4). Hinzu kommt die Trendwende der Datenpolitik in den letzten zehn Jahren, die es ermöglicht hat, Erdbeobachtungsdaten für die Wissenschaft schneller und nachhaltig zur Verfügung zu stellen. Geographische Prozesse können somit durch die kontinuierliche Erfassung großflächiger Regionen – insbesondere von Erdbeobachtungssatelliten, die in einer Höhe von circa 500–700 km unsere Erde umrunden – sichtbar gemacht werden. Auch in schwer zugänglichen Lebens- und Naturräumen kann eine Überwachung via Satelliten Daten liefern (SIEGMUND & MENZ 2005, RIEMBAUER et al. 2017, LEXIKON DER FERNERKUNDUNG 2020). „Angestoßen durch den globalen Klimawandel wird die Erde heute mehr denn je als ein zusammenhängendes, komplexes System begriffen, dessen Komponenten und Prozesse in ständiger Wechselwirkung stehen. Umso größer ist der Wert der aus Satellitendaten in beinahe täglicher Frequenz abgeleiteten Informationen zu biophysikalischen oder klimatischen Variablen für die Erforschung und Bewertung von Prozessen an Land- und Meeresoberfläche sowie der Atmosphäre“ (RIEMBAUER et al. 2017:5). Die vielen zur Verfügung stehenden Systeme zur Erdbeobachtung aus dem Weltraum bieten – zusammenfassend – der Geographie als Raumwissenschaft die Möglichkeit, aktuelle und präzise Informationen über physiogeographische oder humangeographische Prozesse zu erhalten und zu interpretieren.

Der aktuelle Trend zeigt insgesamt, dass sich die sogenannte Geographische Fernerkundung sehr schnell weiterentwickelt: „Technologische Entwicklungen wie Miniaturisierung von (Klein- und Kompakt-)Satelliten, Formations- und Begleit-(*companion*-)Flüge, (teilautonome)

Schwarmtechnologien, autonom fliegende Höhenplattformen für quasistationäres Monitoring oder Drohnen werden großen Einfluss auf die Nutzung von Fernerkundungsdaten und die Entwicklung neuer Informationsprodukte und Services haben“ (DECH et al. 2020:186). Dabei wird in Zukunft die anfallende Datenflut eine Herausforderung darstellen (DECH et al. 2020).

Die technischen Grundlagen der Fernerkundungsverfahren beruhen auf der physikalischen Tatsache, dass die natürliche oder künstliche Strahlung, wie z. B. Sonnenlicht, Radar oder Schall, von den Objekten unterschiedlich emittiert bzw. reflektiert wird. Somit wird das objekt- und materialspezifische Reflexionsverhalten vorausgesetzt. Die Zusammensetzung aus objektbeschreibender elektromagnetischer Strahlung erfolgt in Funktion der Wellenlänge aus den Anteilen reflektierter, gestreuer und bzw. oder emittierter Strahlung. Die Atmosphäre und die Erdoberfläche sind dadurch die entsprechenden Interaktionsmedien (ALBERTZ & WIGGENHAGEN 2009, KLITSCH et al. 2019, LEXIKON DER FERNERKUNDUNG 2020).

Fernerkundungssysteme werden in passive und aktive Fernerkundungssysteme klassifiziert. Während passive Systeme – wie beispielsweise die Satellitensysteme LANDSAT oder Sentinel-2 – den von der Erdoberfläche reflektierten Anteil der Sonnenstrahlung oder die von der Erdoberfläche ausgehenden langwellige Wärmestrahlung aufnehmen, senden aktive Systeme (Radar-)Strahlung aus und können gleichermaßen den von der Erdoberfläche reflektierten Anteil der Strahlung aufnehmen. Der Vorteil der aktiven Systeme besteht darin, dass die Aufnahmen von der Tageszeit oder von Witterungsverhältnissen unabhängig sind. Diese Technikvariante wird in der Radarfernerkundung beispielsweise bei den Satellitensystemen TerraSAR-X oder Sentinel-1 eingesetzt (SAURER & ROSNER 2007, RIEMBAUER et al. 2017). Eine weitere Form der aktiven Fernerkundungsverfahren sind die *Light Detection and Ranging*-, kurz LIDAR-Systeme, die einen Laser verwenden, der die Strahlung in Pulsen durchgehend durch eine fokussierende Optik aussendet (DIENST et al. 2020, LEXIKON DER FERNERKUNDUNG 2020).

Die technischen Grundlagen der Fernerkundungsverfahren beruhen demnach auf dem physikalischen Prinzip der elektromagnetischen Strahlung, die von Energiequellen ausgesendet wird, sich in der Atmosphäre ausbreitet, in Interaktion mit den atmosphärischen Teilchen sowie mit der Erdoberfläche tritt und dann von den Sensoren innerhalb oder außerhalb der Atmosphäre aufgenommen und in analoger und/oder digitaler Form gespeichert wird. Mithilfe eines entsprechenden Systems zur Bilddatenanalyse und Bilddatenausgabe wird eine Bearbeitung, Klassifikation und Visualisierung der Bilddaten vorgenommen (SEGER 2001, HEIPKE 2017, LEXIKON DER FERNERKUNDUNG 2020).

Satellitenbilder, die von bemannten oder unbemannten Satelliten aus aufgenommen werden, können fotografische Aufnahmen oder Ergebnisse der verschiedenen Fernerkundungssysteme sein, die zu einer bildhaften Darstellung der Erdoberfläche führen. In der Regel handelt es sich um Rasterdaten, die in verschiedenen Spektralbereichen⁷ erfasst und digital übertragen werden. Die sogenannten Szenen, also Bildausschnitte, liegen je nach Art des Satelliten in verschiedenen Spektralbereichen und Auflösungen vor. Im Hinblick auf die beschriebenen Fernerkundungssysteme visualisiert ein Satellitenbild entsprechende Strahlungsmesswerte, wobei die Selektion der verschiedenen Licht-„Kanäle“ den Farbeindruck des Bildes bestimmen (ALBERTZ 2007, LEXIKON DER FERNERKUNDUNG 2020).

Durch den technologischen Fortschritt der digitalen Aufnahme- und Bildbearbeitung können Satellitenbilder heute nach ihren vielfältigen technischen Bildeigenschaften wie folgt unterschieden werden:



Abbildung 2.3: Technische Bildeigenschaften von Satellitenbildern, eigener Entwurf in Anlehnung an BREITBACH 1990, SEGER 2001, LEXIKON DER FERNERKUNDUNG 2020.

⁷ Spektralbereich: zusammenhängender Ausschnitt des elektromagnetischen Spektrums (vgl. dazu LEXIKON DER FERNERKUNDUNG 2020).

Anhand dieser Abbildung – in Wabenstruktur –, in der die technischen Bildeigenschaften eines Satellitenbildes visualisiert werden, wird deutlich, wie vielfältig die Möglichkeiten der Fernerkundungsmethoden sind. Insbesondere die „Waben“, „Spektrale Auflösung“, „Größe des erfassten Erdausschnitts“ und „Farbwahl“ ermöglichen methodologisch verschiedene „Werkzeuge“, um geographische Prozesse sichtbar zu machen. Durch die spektrale Auflösung des Fernerkundungssensors können Prozesse, wie beispielsweise in der Vegetationsgeographie, durch Infrarot sichtbar gemacht werden. Das breite Spektrum der technischen Bildeigenschaften kann für verschiedenste geographische Fragestellungen genutzt werden und konzentriert sich entsprechend nicht – wie häufig unterschätzt – ausschließlich auf den Mehrwert der „Vogelperspektive“, die zudem in unterschiedlichste Maßstabsebenen unterteilt werden kann. Die Informationen, die Satellitenbilder enthalten können, sind entsprechend multipel und vielschichtig und unterscheiden sich gerade in dieser Hinsicht von den Geomedien Karte und Luftbild.

In Verbindung mit einer speziellen Bildbearbeitung durch GIS kann das Geomedium Satellitenbild darüber hinaus, z. B. als digitales Geländemodell, ergänzt werden (BREITBACH 1990, RINSCHÉDE 2007).

Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass sich die Informationen, die durch Fernerkundungsmethoden erhoben werden können, für die Physische Geographie und die Humangeographie unverzichtbar sind. Die Geographie als Raumwissenschaft kann durch die Erdbeobachtung zu vielfältigen geographischen Fragestellungen präzise und aktuelle Informationen erhalten, weshalb die Fernerkundung ein unverzichtbarer Methodenzweig der Geographie bleibt. SEGER (2000) benutzte vor diesem Hintergrund bereits den Begriff der „Geographischen Fernerkundung“, die „[...] sich auf die Nutzung der Weltraumdaten für spezifisch geographische Fragestellungen“ [bezieht] (SEGER 2000:116). Der Zugang zu diesen Geodaten wurde in den letzten zehn Jahren – wie beispielsweise durch das Copernicus-Projekt der Europäischen Weltraumbehörde ESA – für die Wissenschaft deutlich vereinfacht und erweitert damit die Anwendungsmöglichkeiten für die Geographie in ihren beiden Hauptdisziplinen. Ob Fragestellungen zu Themen wie dem Klimawandel, Naturgefahren, anthropogener Prozesse im urbanen Raum; die Einsatzgebiete der Fernerkundungsdaten in der Geographie sind vielfältig und können durch die Digitalisierung und den Fortschritt der Technologien in Zukunft weitere geographische Anwendungsfelder erschließen.

Demzufolge kann festgehalten werden, dass die Grundlagen der Fernerkundungsmethoden, wie beispielsweise die Zusammensetzung des elektromagnetischen Spektrums, der Physik als Fachwissenschaft zuzuordnen sind, während die technischen Grundlagen – basierend auf den physikalischen – der Informatik und den Ingenieurwissenschaften zuzuordnen sind. Die Geographie kann die gewonnenen Informationen aus diesen Geomedien für ihre fachspezifischen Untersuchungen nutzen.

3 Der Stellenwert der Fernerkundung im Schulunterricht in Deutschland

In den folgenden Kapiteln wird der Stellenwert, den die Fernerkundung im Schul- bzw. Geographieunterricht am Beispiel des Bundeslandes NRW in Deutschland einnimmt, untersucht. Als Grundlagen werden hierfür die für Deutschland allgemein geltenden Bildungspläne und Bildungsstandards für das Fach Geographie herangezogen und der aktuelle Forschungsstand zum Einsatz von Fernerkundungsmethoden im Schulunterricht in der Geographiedidaktik analysiert. Vor diesem Hintergrund soll deutlich werden, inwiefern das Thema Fernerkundung als eine methodische Teildisziplin in der Geographie im Schulunterricht behandelt wird und inwiefern Fernerkundungsmethoden zu geographisch relevanten Fragestellungen angewendet werden. Dabei wird der Einsatz von Fernerkundungsmethoden nicht nur auf das Lesen von Satellitenbildern (Echtfarbensatellitenbilder vs. Falschfarbensatellitenbilder) beschränkt, sondern auch der Einsatz von Methoden wie beispielsweise der Veränderungsanalyse (engl. *change detection*), der Klassifikation (engl. *object classification*) sowie der Bildbearbeitung im Allgemeinen und -interpretation im Geographieunterricht untersucht.

Aufbauend auf den Empfehlungen der Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss für das Schulfach Geographie und dem Forschungsstand in der Geographiedidaktik wird der explizite Einsatz von Fernerkundungsmethoden in den Lehrplänen für das Fach Erdkunde – Bezeichnung des Schulfaches für die Sek. I in NRW – überprüft, um auf diesen Grundlagen die Einbindung der Thematik in die Schulbuchkonzeption der Sek. I anhand klassischer Schulbuchverlage in NRW überprüfen zu können. Mit diesen Ergebnissen kann untersucht werden, inwiefern die Lehrerbildung an den Hochschulen in diesem Bundesland – am Beispiel der Universitäten Bonn und Bochum – sowie Studienseminaren den Einsatz entsprechender Geomedien in die Schulpraxis einbindet. Auf der Basis dieser Untersuchungen kann eine Bewertung des derzeitigen SOLL-Standes – die theoretisch vorgegebene Einbindung – und des IST-Standes der Schulpraxis von Fernerkundung im Erdkunde- bzw. Geographieunterricht in NRW vorgenommen werden.

3.1 Fernerkundung im Alltag der Schüler

Schüler werden in ihrer Alltagswelt in den letzten zwei Jahrzehnten immer früher mit Satellitenbildern oder anderen digitalen Geomedien konfrontiert. Heutzutage kann praktisch jedes moderne Smartphone ein GPS⁸-Gerät ersetzen. Die hard- und softwaretechnischen Möglichkeiten digitaler Geomedien sind mittlerweile sehr vielseitig. „Die Bandbreite reicht inzwischen von Navigationsgeräten in diversen Spezialausführungen – neben Autofahrern auch für Radfahrer, Wanderer, Segler etc. – digitale Globen, webbasierten Geographische Informationssystemen und interaktiven Kartendiensten bis hin zu Smartphones mit ‚augmented reality‘-Anwendungen“ (MICHEL et al. 2011:4). Eine allgemeingültige Definition von „digitalen Geomedien“ existiert bisher noch nicht. Als Geomedium wird indes eine Repräsentationsform zur Visualisierung räumlicher Phänomene und Prozesse bezeichnet (GRYL et al. 2010, MICHEL et al. 2011), das zusätzlich auch eine Kommunikations- und räumliche Referenzierungsfunktion einnehmen kann (DÖRING & THIELMANN 2009). Der Status zum geographischen Wissen in Form von Geodaten hat sich durch die technischen Innovationen in der Informationstechnologie in den letzten Jahren enorm verändert. So gehören digitale Geomedien in Form von digitalen Globen, GIS und GPS fest zum Alltag dazu. Die Miniaturisierung digitaler Endgeräte (Tablets, Smartphones, GOOGLE GLASS) begünstigt die Nutzung von Geomedien bzw. Geodaten, die heutzutage (fast) jedem (fast) überall zur Verfügung stehen. Ausgehend von dieser temporeichen Entwicklung digitaler Geomedien hat sich ihr Stellenwert in einer zunehmenden Geoinformationsgesellschaft – auch durch ihre schnelle Verfügbarkeit und Einbettung in das alltägliche Leben – deutlich verändert (KANWISCHER 2014).

Dieser Entwicklungssprung der alltäglichen Einbindung von Geodaten in die Alltagswelt der Schülerschaft war in den letzten zehn Jahren in der Schulpraxis deutlich zu erkennen. Während eine virtuelle Exkursion im Geographieunterricht mithilfe von GOOGLE EARTH bzw. GOOGLE STREET VIEW noch bis vor einigen Jahren über die bis dato noch begrenzte Anzahl von PC-Arbeitsplätzen in der Schule eine neue Erfahrung für viele Schüler bereithielt (STÜMPER 2013), hat heute (fast) jeder Schüler seinen Wohnort mindestens einmal mithilfe von Geobrowsern wie GOOGLE MAPS oder GOOGLE EARTH auf seinem Smartphone „gegoogelt“. Dieser selbstverständliche Zugang zu Satellitenbildern oder Geodaten im Allgemeinen im Alltag der Schüler impliziert jedoch noch lange nicht, dass ein entsprechendes Bewusstsein über die Zusammenhänge der Funktion und dem Einsatz von Satellitenfernerkundungsverfahren vorhanden ist. In den letzten zehn Jahren konnte man stattdessen feststellen, dass die technologischen Entwick-

⁸ GPS: Global Positioning System.

lungen im Alltag mit den Veränderungen im Schulalltag nicht synchron, sondern – bisweilen – verzögert und kleinschrittig verlaufen können. Der Integrationsprozess von digitalen Geomedien in Funktion und Anwendung in den Schulalltag gestaltete sich vor einem Jahrzehnt noch erschwerend für Lehrkräfte, da eine entsprechende digitale Ausstattung in vielen Schulen nur für einige Klassenräume zu Verfügung stand und die erforderliche Wartung und Instandhaltung der digitalen Medien durch eine hochfrequentierte Nutzung von vielen Klassen ein kräftezehrendes Unterfangen im Lehreralltag werden konnte. Das Angebot didaktisch ausgearbeiteter digitaler Unterrichtsmaterialien zum Thema Fernerkundung für den Erdkundeunterricht in der Sek. I war zudem – trotz ersten Schulpraxiserprobungen in Form von fächerübergreifendem Projektunterricht durch den direkten Empfang und Auswertung von Satellitenbildern des Wettersatelliten METEOSAT schon zu Beginn der 1990er Jahre (BLUDAU-HARY et al. 1995) – noch bis ins erste Jahrzehnt der 2000er Jahre nur vereinzelt in Schulbüchern oder Geoportalen im Internet zu finden (STÜMPER 2009, SIEGMUND 2011, STÜMPER 2011, VOSS 2011, STÜMPER 2013). Glücklicherweise hat sich dieser verzögerte Integrationsprozess von digitalen Medien in den Schulalltag und dadurch auch der alltägliche Einsatz von digitalen (Geo)Medien im Unterrichtsalltag, u.a. durch das Vorhaben der flächendeckenden Digitalisierung der Schulen in Deutschland, in den letzten fünf Jahren deutlich beschleunigt. Insbesondere durch den möglichen Einsatz der digitalen Smartphone der Schüler als Geomedien, aber auch durch die Einführung von „Tablet-Klassen“ und der damit verbundenen zunehmenden Digitalisierung aller Klassenräume, werden in den nächsten Jahrzehnten die digitale Einbindung von Geodaten für den Schulunterricht im Allgemeinen und für den Geographieunterricht im Besonderen selbstständigen. Hierbei bleibt allerdings anzumerken, dass die Fülle an technologischen Möglichkeiten – auch durch mittlerweile frei zugängliche Satellitenbilddaten im Internet – nicht unmittelbar impliziert, dass fachwissenschaftliches und fachdidaktisches Wunschenken mit der Unterrichtsrealität übereinstimmen.

3.2 Forschungsstand in der Geographiedidaktik

Parallel mit der Erkundung des Weltraumes wurde bereits 1969 von GEIPEL und ERNST auf den Einsatz von Luft- und Satellitenbildern im Schulunterricht in der Zeitschrift „Der Erdkundeunterricht“ hingewiesen und das Geomedium Luftbild bereits zum „[...] selbstverständlichen Alltag unserer Schüler“ (GEIPEL 1969:3) erklärt, das in vielen Lebensbereichen eine zunehmende Bedeutung erfahren würde (ERNST 1969). BÄR (1977) greift fast zehn Jahre später den erforderlichen Einsatz von Satellitenbildern im Geographieunterricht zur Veranschaulichung von

Lehrinhalten und als Übungsmaterial für Schüler wieder auf, wobei er in seiner vorgeschlagenen Aufgabenstellung lediglich Echtfarbensatellitenbilder einbindet. Er weist zudem darauf hin, dass durch das Satellitenbild – als Schlüsselmedium – der Umgang mit der Erde bzw. der Umwelt verantwortungsvoller betrachtet werden kann, was BRUCKER (1981) in seinem Ansatz zur Integration von Satellitenbildern im Unterricht unterstützt. BRUCKER (1978) betonte schon Ende der 1970er Jahren, dass die Lehrerausbildung den Einsatz von Luft- und Satellitenbildern integrieren muss, damit eine fachgemäße Bildinterpretation im Geographieunterricht durch die Lehrkräfte erfolgen kann. Dass Satellitenbilder zum „heutigen“ Geographieunterricht als Geomedien dazugehören, postulierte neben SEGER (1982) für Österreich auch KÖHLER (1986) dann bereits in den 1980er Jahren und forderte abermals, dass die Entwicklung der Satellitenbildtechnik in die Ausbildung der Lehrkräfte integriert werden muss. Die vielfältigen didaktischen Anwendungsmöglichkeiten von unterschiedlichen Satellitenbildarten, wie z. B. Übersichtsbilder oder thematische Bilder für bestimmte geographische Themen, Lernziele, Sozialformen u. Ä. wurden 1991 bereits von BREITBACH erarbeitet, allerdings bleibt die konkrete praktische Umsetzung im Unterricht bei seinem „didaktischen Einsatzmodell von Weltraumbildern“ außen vor. HASSENPFUG (1996a) hingegen kritisierte die Geographenverbände, dass die technischen, curricularen und fachdidaktischen Grundlagen für den Einsatz von Fernerkundungstechnologien im Geographieunterricht dringend gebildet werden müssen, um das Schulfach zukunftsfähig unterrichten zu können. In seinen Forderungen zum Einsatz von Satellitenbildern und ihren Technologien im Geographieunterricht werden die Entwicklung von Unterrichtsmaterialien, die Aktivität der Geographieverbände, Grund- und Fortbildungskurse für Lehrer, die Verankerung in der Lehrerausbildung, die Einbindung in die Lehrpläne, eine verbesserte Ausstattung der Schulen, eine bessere Bereitstellung der Satellitenbilddaten sowie die Unterstützung durch die Landes- und Bundesregierung formuliert.

Obwohl gerade in den 1990er Jahren punktuelle Ansätze zur verstärkten Integration des Themas Fernerkundung im Schulunterricht von BREITBACH (1991) und HASSENPFUG (1996a) sowie durch die Deutsche Agentur für Raumfahrtangelegenheiten (DARA) in Bonn – ausgelöst durch Schülerinitiativen und Bildungsprojekte im Rahmen des internationalen Weltraumjahres 1992 – vorhanden waren und sich Luft- und Satellitenbilder als *die* Geomedien der Zukunft etablieren sollten (BREITBACH 1990, 1991, BLUDAU-HARY et al. 1995, HASSENPFUG 1996c), „fehlte bisher ein Konzept, das aufzeigt, welche Inhalte und welche Methoden im Zusammenhang mit der Fernerkundung im Geographieunterricht in den Sekundarstufen realisiert werden können“ (REUSCHENBACH 2008:15). Die zwei – unter guten Vorsätzen – begonnen Pilotprojekte „BonnSat-Schulmodell“ und „Satellitenbilddauswertung im Unterricht“ im Jahre 1992, un-

terstützt durch die Firma GEOSPACE in Bonn und durch die Deutsche Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt (DLR) an zahlreichen Schulen Deutschlands, erfuhren positive Resonanz von Lehrern und Schülern. Doch zum damaligen Zeitpunkt ließ die Ausstattung der Computerräume der meisten Schulen noch zu wünschen übrig und stellte sich als ein großes Hindernis bei der Umsetzung des Themas Fernerkundung im Schulunterricht heraus. Erschwerend kam hinzu, dass viele Lehrer die Einbindung der Satellitenfernerkundung in die Lehrpläne kritisch beurteilten, da – ihrer Meinung nach – die Curricula der Bundesländer zu unterschiedlich ausfielen und kaum Freiräume böten. Als zusätzliche Hindernisse wurden die zu strengen Richtlinien und die Kosten für die Satellitenbilddaten eingeschätzt. Lediglich im Bundesland Bayern sah man im Vergleich zu den anderen Bundesländern die besten Chancen, das Thema Fernerkundung in den Schulunterricht zu integrieren, da dort die naturwissenschaftliche Ausbildung ohnehin schon stärker im Lehrplan verankert sei (BULDAU-HARY et al. 1995).

Auch wenn sich bereits zehn Jahre nach den ersten Pilotprojekten in den 1990er Jahren die technische Infrastruktur an vielen Schulen und der generelle Umgang mit den damaligen sogenannten „Neuen Medien“ deutlich verändert hat und wir aktuell – nach mehr als zwanzig Jahren – von einem Quantensprung hinsichtlich der Entwicklung von digitalen Geomedien sprechen können, wurde erst ab Mitte der 2000er Jahre die Frage nach einer konkreten Fernerkundungsdidaktik vonseiten der Fachwissenschaft in Deutschland immer deutlicher formuliert (NEUMANN-MEYER 2005, SIEGMUND & MENZ 2005, REUSCHENBACH 2007a, 2007b, VOSS et al. 2007, VOSS et al. 2008, WOLF et al. 2008). In Österreich entwickelte SEGER (1992) bereits in den 1990er Jahren ein mehrstufiges didaktische Modell für den Einsatz von Satellitenbildern im Unterricht, das bei der Satellitenbildinterpretation vier Arbeitsschritte in Kombination mit sogenannten Bildungseffekten als Abfolge einer wachsenden Komplexität vorgibt und somit dem später entwickelten Modell von SIEGMUND (2011) ähnelt. SEGER (2001) verfolgte dabei den interdisziplinären Ansatz des Faches Geographie und prägte damit auch den Begriff der „Geographischen Fernerkundung“ (SEGER 1992, 2001). Die ersten Grundgedanken zur konkreten Konzeptionierung einer Fernerkundungsdidaktik kommen von REUSCHENBACH (2005), von SIEGMUND und MENZ (2005), von VOSS, GOETZKE und THIERFELD (2007) sowie von WOLF, KOLLAR und SIEGMUND (2008). REUSCHENBACH (2007) entwickelte die ersten Ansätze einer Fernerkundungsdidaktik für den Geographieunterricht in der deutschsprachigen Schweiz und in Deutschland anhand lehrplanrelevanter Themen für den Einsatz von Luft- und Satellitenbildern, die sie schulpraktisch erprobte, da sich nach den Forderungen HASSENPLUGS in den 1990er Jahren die Einbindung der Arbeit mit Luft- und Satellitenbildern in den meisten Lehrplänen in der Schweiz sowie in Deutschland – wenn überhaupt – nur indirekt formuliert wie-

derfand. Die Vorbehalte der Lehrer – auch wegen fehlender Fort- und Weiterbildungskurse zum Thema Fernerkundung und kaum vorhandener Unterrichtsmaterialien – das Thema im Unterricht zu behandeln, machte auch ihre Studie zehn Jahre später noch deutlich. Durch ihre didaktisch-methodische Ausarbeitung zu 15 verschiedenen Oberthemen der Geographie mit einem methodischen Einsatz von Satellitenbildern im Medienverbund, auch mit konventionellen Geomedien, konnten Lehrer nun – in zu leistender Vorbereitung – das Thema in ihren Unterricht integrieren. Parallel zu diesem ersten Ansatz einer didaktisch-methodischen Konzeption zum Einsatz von Satellitenbildern im Geographieunterricht erarbeiteten VOSS, GOETZKE & THIERFELD (2007) der AG Fernerkundung des GIUB vor dem Hintergrund des Projektes FIS an einem fächerübergreifenden Konzept zur Integration des Themas Fernerkundung in den Schulunterricht, während WOLF, KOLLAR & SIEGMUND (2008) aus der Abteilung Geographie der Pädagogischen Hochschule (PH) Heidelberg erste Ansätze eines didaktischen Modells für den Einsatz von Satellitenbildern im Geographieunterricht formulierten. Dabei geht von allen drei Ansätzen die Forderung aus, Satellitenbilder – in Kombination mit anderen digitalen (Geo-)Medien – verstärkt in den Geographie- bzw. in den Schulunterricht zu lehrplanrelevanten Unterrichtsthemen zu integrieren, indem für Lehrkräfte didaktisch-methodische Unterrichtssequenzen mit ausgearbeitetem Unterrichtsmaterial zur Verfügung gestellt werden und dadurch – ohne großen zeitlichen Mehraufwand – in die Schulpraxis eingebunden werden können. Ausgehend von der AG Fernerkundung des GIUB und der Abteilung Geographie der PH Heidelberg wurde in den darauffolgenden Jahren ein Konzept zur didaktisch-methodischen Umsetzung des Themas Fernerkundung im Geographieunterricht für Lehrkräfte möglich, was u.a. auch durch die praktische Erprobung am Beispiel der multimedialen Lerneinheiten des Projektes FIS „Oasen von nah und fern erkundet“ im Geographieunterricht in der Sek. I sowie „Haiti – Katastrophenhilfe aus dem All“ selbst im deutsch-französisch bilinguaalem Geographieunterricht für die Sek. I und die Sek. II empirisch evaluiert werden konnte (STÜMPER 2009, 2011). Die Zusammenarbeit mit Lehrkräften an entsprechenden Partnerschulen wurde nunmehr ein wesentlicher Bestandteil der verstärkten Integration des Themas Fernerkundung im Schulunterricht einer sich etablierenden Fernerkundungsdidaktik, die neben der Entwicklung multimedialer Unterrichtsreihen im Zuge des Technologiefortschrittes digitaler bzw. „Neuer Medien“ auch Fort- und Weiterbildungsmaßnahmen für Lehrkräfte zum Thema Fernerkundung instituierte. Die grundlegenden Konzeptionierungen der AG Fernerkundung der Universität Bonn durch die dezisive Projektinitiierung FIS im September 2006 und die im Laufe der Jahre darauf aufbauenden Projekte „Columbus Eye – Live-Bilder von der ISS im Schulunterricht“, „KEPLER ISS – Kompetenzorientiertes, erfahrungsbasiertes und praktisches Lernen mit Erdbeobachtung von der ISS“, das von der

AG Geomatik der RUB entwickelt wurde, werden vor dem Hintergrund dieser Arbeit in nachfolgenden Unterkapiteln noch eingehender konkretisiert, da sie sich im Prozess der Einführung des neuen Wahlpflichtfaches „Geographie-Physik“ für die Sek. I am GSA in den letzten vier Jahren mit der vorliegenden Arbeit fernerkundungsdidaktisch weiterentwickelt haben.

Für das angelaufene zweite Jahrzehnt des 21. Jahrhundert bleibt anzumerken, dass die Abteilung Geographie der PH Heidelberg sich insbesondere auf ein von SIEGMUND (2011) entwickeltes Modell einer fernerkundungsdidaktischen Gesamtkonzeption konzentrierte, das die zentralen Bedingungsfaktoren „das Alter, das Geschlecht, das Interesse, die eigenen Alltagserfahrungen in Bezug auf Satellitenbilder, der fächerübergreifende Aspekt der Fernerkundung und die Notwendigkeit eines gestuften Verfahrens zur Arbeit mit Satellitenbildern im Unterricht“ (SIEGMUND 2011:149) formulierte. Ausgehend von diesen Bedingungsfaktoren und den zentralen Faktoren „intrinsisches Interesse am Medium Satellitenbild“ und „Alter der Schüler“ kann in Verbindung mit den Grundkenntnissen (FUCHSGRUBER et al. 2017) der „analoge und der digitale Zugang sowie die Interaktivität, Multimedialität und IT-Kompetenz berücksichtigt werden und dabei zunehmend komplexer und anspruchsvoller werden“ (SIEGMUND 2011:152), was auch den vier Arbeitsschritten des Modells von SEGER (1992) in Kombination mit Bildungseffekten als Abfolge wachsender Komplexität sehr nahe kommt. Bei der praktischen Einbindung von Satellitenbildern im Geographieunterricht gibt das Modell von SIEGMUND (2011) vier Stufen vor, wobei die vierte Stufe optional umgesetzt werden kann. Demzufolge wird in der ersten Stufe durch die Auseinandersetzung mit dem Geomedium Satellitenbild ein Perspektivwechsel vollzogen, der die persönliche Ansicht durch die Satellitenperspektive verändert. In der zweiten Stufe wird durch die Bildbearbeitung ein Übergang von einer analogen zur digitalen Auseinandersetzung mit Fernerkundungsdaten mithilfe einer entsprechenden Fernerkundungs-Software und webbasierten Lernportalen vorgesehen, die für Lehrkräfte von genannten universitären Arbeitsgruppen in Bonn, Bochum oder Heidelberg entwickelt wurden. Die eigentliche Interpretation der Fernerkundungsdaten und ein daraus sich entwickelndes Handeln kann laut Modell erst in der dritten Stufe durch eine intensive Auseinandersetzung mit den Bildinhalten erreicht werden. Die Funktionsweise von Satelliten und der Fernerkundungstechnik im Allgemeinen kann – obwohl sie eine vierte Stufung beinhaltet – zur dritten Stufe ergänzt werden, um ein Gesamtverständnis für das Thema Fernerkundung zu ermöglichen. Diese Ergänzung im Unterricht wird im Modell jedoch nur optional vorgegeben, da für eine gewinnbringende Auseinandersetzung mit Fernerkundungsdaten eine detaillierte Behandlung der Fernerkundungstechnik nicht erforderlich sei (FUCHSGRUBER et al. 2017).

Dass die im Modell optionale Stufe jedoch für das Fach Geographie, das auch ein MINT-Schulfach ist (OTTO 2015), gewinnbringende und vor allem auch fächerübergreifende Inhalte – insbesondere mit dem Schulfach Physik – für das Gesamtverständnis des komplexen Themas Fernerkundung bereit hält, wird indes durch die entwickelten Unterrichtsmaterialien sowie ein webbasiertes, interaktives Lernportal der AG Fernerkundung des GIUB und der AG Geomatik der RUB in Verbindung mit der Initiierung des fächerverbindenden Wahlpflichtfachs „Geographie-Physik“ in den Jahrgängen 8 und 9 am GSA seit dem Schuljahr 2016/17 vor dem Hintergrund dieser Arbeit in den folgenden Kapiteln untersucht.

Entsprechend hilfreich für die Initiierung eines neuen Differenzierungsfachs in der Sek. I mit dem Teilbereich Fernerkundung sind die empirischen Studien von KOLLAR (2012) und DITTER (2014). Um divergierende Kompetenzen von Schülern in Bezug zur Analyse von Satellitenbildern untersuchen zu können, entwickelte KOLLAR (2012) ein Kompetenzstrukturmodell der Satellitenbild-Lesekompetenz, das mit 758 Schülern der 10. Gymnasialklassen empirisch validiert wurde. Hierdurch konnten keine signifikanten geschlechtsspezifischen Unterschiede in den erreichten Kompetenzstufen aufgezeigt, aber zwischen dem Grad an Vorerfahrungen mit Satellitenbildern und der Analyse-Kompetenz eine signifikante Kausalität erkannt werden. Dass durch die aktive Auseinandersetzung mit Satellitenbildern bildende Lernprozesse angeregt werden können, zeigte die Studie von DITTER (2014) durch einen starken Anstieg des sogenannten Selbstbestimmungsindex (SDI), der als bedeutungsvoller Prädiktor für die Qualität von Lernprozessen positive Effekte auf die Lernleistung der Schüler in Aussicht stellt (FUCHSGRUBER et al. 2017). Dabei konnte diese Studie durch vertiefende Untersuchungen zu unterschiedlichen Gender-Effekten bei der aktiven Auseinandersetzung mit Satellitenbilddaten (DITTER & SIEGMUND 2016) belegen, dass insbesondere Schülerinnen signifikante Zugewinne des SDI durch die Auseinandersetzung mit digitalen Fernerkundungsverfahren erreichen. Als Grundlage dieser Untersuchung wurde die pädagogisch-psychologische Motivationstheorie herangezogen, die den beabsichtigten Lernerfolg in hohem Maß mit dem Grad erfahrbarer Selbstbestimmung kausal verknüpft (BLES 2002, DECI & RYAN 1993). Auf der Basis dieser Theorie wird durch die Untersuchungen von DITTER (2014) sowie von DITTER & SIEGMUND (2016) deutlich, dass insbesondere bei Schülerinnen die Analyse von Satellitenbilddaten lernfördernd erscheint und dem Geomedium Satellitenbild dadurch „ein hohes, lernförderndes Potenzial zu bescheinigen“ (FUCHSGRUBER et al. 2017:9) sei, was erreicht werden kann, wenn eine selbstständige Auseinandersetzung mit den Geodaten ermöglicht wird (FUCHSGRUBER et al. 2017).

Die AG Fernerkundung des GIUB hat – wie bereits erläutert – zur verstärkten Integration von Satellitenbildern im Schulunterricht seit 2006 durch die Förderung des Projektes FIS multimediale Lernmodule für die Schulfächer Geographie, Biologie, Physik, Informatik und Mathematik für ein digital-partizipatives Lernsetting erarbeitet, um durch die Komplexität der Thematik Fernerkundung ein neues, nachhaltiges und fächerübergreifendes Unterrichtskonzept zu entwickeln (VOSS et al. 2007, VOSS et al. 2008). Der Ansatz, der bei dieser didaktisch-methodischen Konzeption verfolgt wird, beruht auf den Prinzipien des „vernetzten Lernens“, der Interdisziplinarität sowie dem Prinzip der Selbstständigkeit und Handlungsorientierung (VOSS et al. 2007, STÜMPER 2009). Die zu Beginn des Projektes entwickelten multimedialen Lerneinheiten und das daran anschließende webbasierte Lernportal „FIS“ wurden dementsprechend so konstruiert, dass die theoretischen und physikalischen Grundlagen der Fernerkundung in den Fächern Mathematik, Informatik und Physik behandelt werden können, um eine anwendungsbezogene Einbindung der Fernerkundung im Geographie- und Biologieunterricht zu ermöglichen (VOSS et al. 2007, VOSS et al. 2009, GOETZKE et al. 2014a, 2014b).

Somit bleibt vorweg festzuhalten, dass die AG Fernerkundung des GIUB die Komplexität des Themas Fernerkundung über ein didaktisch-methodisches Konzept des fächerübergreifenden Unterrichts für MINT-Schulfächer unter Berücksichtigung des moderaten konstruktivistischen Ansatzes (NUNES & MCPHERSON 2003, GOETZKE et al. 2014a) und der oben genannten Unterrichtsprinzipien realisiert, während die Abteilung Geographie der PH Heidelberg sich insbesondere auf die Entwicklung von digitalen Lernmodulen mit der Fernerkundungs-Software „Blickpunkt Fernerkundung (BLIF)“ und einem webbasierten Lernportal auf den Geographieunterricht fokussiert. Dabei verfolgen beide didaktisch-methodischen Ansätze das Ziel, den hohen Informationsgehalt von Falschfarbenbildern in ihre digital-partizipativen Lernsettings zu integrieren, da auch immer noch gegenwärtig eine Satellitenbildanalyse als geographische Methode in den Standardwerken der Geographiedidaktik über eine visuelle Bildinterpretation von Echtfarbenbildern kaum hinausgeht (RINSCHDE 2007, KESTLER 2015, FUCHSGRUBER et al. 2017). Faktisch besteht – trotz verstärkter Integration des Themas Fernerkundung in die Geographiedidaktik – immer noch das Hindernis, dass durch die Komplexität des Themas und nicht vorhandenes Expertenwissen eine intensive Stundenvorbereitung für viele Lehrkräfte für den Einsatz von Satellitenbildern in ihren Unterricht bedeutet. Somit werden auch zukünftig noch ganzheitliche, evaluierte Unterrichtsmaterialien für Lehrkräfte benötigt (FUCHSGRUBER et al. 2017), auch wenn die webbasierten Lernportale der oben genannten universitären Arbeitsgruppen eine gut sortierte Sammlung didaktisch-methodischer Unterrichtsangebote, insbesondere für den Geographieunterricht, für Lehrkräfte online und zum Download anbieten. Die AG Fer-

nerkundung des GIUB und die AG Geomatik der RUB haben gerade in den letzten Jahren ihre Angebote um Lernapps, auch mit *Augmented-Reality*-Anwendungen, erweitern können, die für ein digital-partizipatives Lernsetting beispielhaft sind.

Als positiver Trend, der auch das öffentliche Interesse an der Fernerkundung begünstigt hat, bekommt der Themenkomplex „Raumfahrt“ in den letzten Jahren durch u.a. den Langzeitaufenthalt des deutschen ESA-Astronauten Alexander Gerst auf der Internationalen Raumstation (ISS) in den Jahren 2014 und 2018 eine zunehmende Bedeutung, sodass die AG Fernerkundung des GIUB mit dem Projekt „Columbus Eye – Live-Bilder von der ISS im Schulunterricht“ in Kooperation mit der NASA und dem DLR erstmalig Live-Bilder und -Videos von HD-Kameras, die an der Raumstation angebracht wurden, in vier möglichen Perspektiven für den Schulunterricht bereitstellen kann (RIENOW et al. 2015b). Die Fernerkundungsdidaktik konnte sich hiermit neben einem Live-Luftbild um ein „neues“ Geomedium, das Live-Video von der Internationalen Raumstation ISS, erweitern. Inwiefern dieses neue Geomedium in Verbindung mit den Geomedien Luft- und Satellitenbildern die Möglichkeiten einer verstärkten Integration des Themas Fernerkundung in den Schulunterricht – auch durch die Ausarbeitung von neuen, digitalen Unterrichtsmaterialien – begünstigt, erfolgt in der Vorstellung der einzelnen Projekte in den nachfolgenden Kapiteln.

Zusammenfassend kann für die Entwicklung einer Fernerkundungsdidaktik festgehalten werden, dass bis auf die universitären Projekte zur verstärkten Integration des Themas Fernerkundung in den Geographieunterricht das Geomedium Satellitenbild – insbesondere in Kombination mit einem fächerübergreifenden didaktisch-methodischen Ansatz – in den Standardwerken der Geographiedidaktik bis heute nicht den Stellenwert erreicht hat, der ihm schon seit Jahrzehnten vorseilt. Das Geomedium Satellitenbild in Verbindung mit den Möglichkeiten der Fernerkundungsmethoden und GIS-Anwendungen benötigt dringend – auch vor dem Hintergrund der voranschreitenden Einbindung von Geodaten in den Alltag – gerade in der Geographiedidaktik ein praxisnahes Unterrichtskonzept, das lösungsorientiert ist und nicht, wie häufig in den Standardwerken der Geographiedidaktik beschrieben, die möglichen Probleme beim Einsatz von Satellitenbildern im Unterricht fokussiert werden (HAUBRICH 2006, RINSCHKE 2007), der Einsatz von GIS-Anwendungen für die Sek. I als zu anspruchsvoll deklariert wird (HUBER 2018, REMPFLER 2018, SCHEEFER 2018) oder der Wert von Falschfarbensatellitenbildern in Verbindung mit den Möglichkeiten von Fernerkundungsmethoden sowie die bereits entwickelten Unterrichtssequenzen und Angebote der Lernportale der universitären Projekte überhaupt nicht erst thematisiert werden (BRUCKER et al. 2018). Offensichtlich erhalten die

bereits ausgearbeiteten und empirisch überprüften Konzepte einer Fernerkundungsdidaktik in der aktuellen Diskussion der Geographiedidaktik nicht die Tragweite, die ihnen schon lange zusteht, was höchst fragwürdig erscheint, da sich (fast) alle Expertinnen und Experten in der deutschsprachigen Geographiedidaktik einig sind, dass digitale Medien in den modernen Geographieunterricht integriert werden sollten und das Fach durch den Einsatz verschiedenster Geomedien für die Förderung der Medien- und Methodenkompetenz eine Schlüsselposition einnimmt (ARNDT & LENZ 2018, HEMMER 2018, HOFFMANN 2018, KREUZBERGER 2018, MEHREN 2018, OHL 2018, OTTO 2018, REMPFLER 2018, SCHMEINK 2018, VON DÄNIKEN 2018). Von insgesamt 18 Experteninterviews wird auf die Frage nach zu empfehlenden (Geo-)Medien für „wirksamen“ Geographieunterricht nur von VON DÄNIKEN 2018 der Einsatz von Luft- und Satellitenbildern als Geomedien im Geographieunterricht explizit genannt bzw. empfohlen (REMPFLER 2018), was abermals deutlich macht, dass in der geographiedidaktischen Forschung und Entwicklung wie auch in der Unterrichtspraxis dringender Handlungsbedarf besteht, wenn das Thema Fernerkundung mit entsprechenden Geomedien im Schulfach Geographie nachhaltig implementiert werden soll.

3.3 Fernerkundung in Bildungsplänen und Bildungsstandards

Die bildungspolitische und wissenschaftliche Diskussion über Standards und Kompetenzen begann, als Deutschland um die Jahrtausendwende bei internationalen Schulleistungsstudien wie beispielsweise PISA⁹ vergleichsweise unbefriedigend abschnitt. Um die erhobenen Defizite bei den Schülerleistungen wieder zu beheben, initiierte die Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder der Bundesrepublik Deutschland – KULTUSMINISTERKONFERENZ (KMK) – die Entwicklung und Einführung nationaler Bildungsstandards (HEMMER 2016). Vor diesem Hintergrund treten neue bildungswissenschaftliche Ansätze in den Fokus, die sich vornehmlich auf Ergebnisse (Output) schulischer Bildung als auf Eingangsgrößen (Input) konzentrieren (BRUCKER 2017).

Die DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR GEOGRAPHIE (DGfG) hat in ihrer mittlerweile 9. Auflage ihrer Bildungsstandards im Fach Geographie für den Mittleren Schulabschluss ein bundesweites Regelwerk aufgesetzt, an das sich die Lehrpläne der verschiedenen Bundesländer orientieren müssen, um die Qualität des Bildungsprozesses in diesem Schulfach zu sichern und weiterzuentwickeln. Die erste Auflage des bundesweit einheitlichen Fundaments für das Fach Geo-

⁹ PISA: *Programme for International Student Assessment*.

graphie wurde im Mai 2006 in Absprache mit den Teilverbänden der Geographie von der DGfG entwickelt, da die KMK nur für einen Teil der Schulfächer ihre geforderten nationalen Bildungsstandards übernommen hat. Auf der Grundlage bereits vorhandener geographischer Dokumente wie der Internationalen Charta, dem Curriculum 2000+ sowie dem Grundlehrplan wurden im Rahmen fachdidaktischer, schulgeographischer und fachwissenschaftlicher Diskussion die nationalen Bildungsstandards in Form von anzubahrenden Kompetenzen von der DGfG formuliert (DGfG 2017). Dabei wurden die geographischen Standards durch den Konsens aller Gruppierungen des Faches Geographie – im Gegensatz zu den KMK-Standards – im *Bottom-up*-Verfahren entwickelt (HEMMER 2016).

Die entwickelten Bildungsstandards, die als Regelstandards zu verstehen sind, beschreiben Kompetenzen, die Schüler am Ende eines bestimmten Ausbildungsabschnittes besitzen sollen. Der bei dieser Entwicklung in den Mittelpunkt rückende – von WEINERT (2001) geprägte – Begriff der Kompetenz versteht sich als Ergebnis auf Fähigkeiten sowie Fertigkeiten zur Problemlösung in verschiedenen Situationen (Output) (BRUCKER 2017). Somit müssen die Lehrpläne, Prüfungsaufgaben, aber auch die Lehrerausbildung und -fortbildungen sowie die Schul- und Unterrichtsentwicklung im Fach Geographie an diese Standards angepasst werden, um eine Qualitätssicherung zu garantieren (DGfG 2017).

Dass das Fach Geographie nicht nur einen wichtigen Beitrag zur Bildung durch aktuelle geographisch und geowissenschaftlich relevante Phänomene und Prozesse wie dem Klimawandel oder Naturgefahren leistet, sondern ein besonderes fachliches Potenzial durch die Verknüpfung naturwissenschaftlicher und gesellschaftswissenschaftlicher Bildung aufweist, wird in den Bildungsstandards hervorgehoben (DGfG 2017). „Leitziele des Geographieunterrichts sind demnach die Einsicht in die Zusammenhänge zwischen natürlichen Gegebenheiten und gesellschaftlichen Aktivitäten in verschiedenen Räumen der Erde und eine darauf aufbauende raumbezogene Handlungskompetenz“ (DGfG 2017:05). Dabei ist die Geographie – schon traditionell – ein methoden- und medienintensives Fach, in dem Schüler die Möglichkeit haben, sich mit einer Vielzahl traditioneller und computergestützter Medien vertraut zu machen (DGfG 2017). „[...] die Fähigkeit zum effektiven und reflektierten Umgang mit Medien [...]“ (DGfG 2017:06) soll mithilfe der Geographie erlernt werden, wobei insbesondere der Umgang mit Karten verschiedenster Art hier eine besondere Bedeutung erhält. Der damit verbundene Erwerb einer Methodenkompetenz, die für ein selbstbestimmtes Lernen und Handeln unentbehrlich ist, wird hierbei vorausgesetzt. Kompletierend dienen Exkursionen und Projekte als Verknüpfung von außerschulischer Wirklichkeit und eigenen Handlungserfahrungen. Zudem bildet

das Fach durch seine Verbindung natur- und gesellschaftswissenschaftlicher Fragestellungen wesentliche Grundlagen zu fachübergreifenden und fächerverbindenden Bildungsaufgaben (DGfG 2017).

Die oben genannten Rahmenbedingungen dienen als Grundlage für die Schulfachentwicklung des neuen MINT-Differenzierungsfachs „Geographie-Physik“ und wurden für die Implementierung des Teilbereichs Fernerkundung im Kontext einer fächerübergreifenden Entwicklung in das fachspezifische Curriculum „Geographie-Physik“ eingebunden und vor dem Hintergrund der Fragestellungen der vorliegenden Arbeit validiert. Die entsprechende Konkretisierung der verschiedenen curricularen Teilbereiche des neuen MINT-Wahlpflichtfaches werden dazu in Kapitel 7.1 eingehend beschrieben und reflektiert.

In der aktuellen Diskussion um das Schulfach Geographie bzw. Erdkunde muss allerdings auch angesichts der entwickelten nationalen Bildungsstandards für das Fach der Unmut des Verbands der Deutschen Schulgeographen über den geringen – auch politischen – Stellenwert des Schulfaches in einigen Bundesländern berücksichtigt werden (HACKE 2019, KAUBE 2019, VEHLING 2019). Der Verband deutscher Schulgeographen fordert – zurecht – angesichts verschiedener Lehrpläne in den Bundesländern eine Stärkung des Schulfaches Erdkunde als Kernfach für die Herausforderungen des 21. Jahrhunderts (DITTMANN et al. 2019, HOFFMANN 2019). Bis 2021 wird in der Gemeinschaftsinitiative „Roadmap 2030“ ein Handlungsplan aufgestellt, in der die Schulgeographen sowie weitere geographische Teilverbände die Öffentlichkeit für geographische Inhalte sensibilisieren, die Lehrerbildung verbessern und die Curricula für das Fach Geographie aktualisieren wollen. Ein entscheidender „To-Do-TOP“ für die Bildungspläne ist hierbei die Aktualisierung der Lehrpläne durch die Prozesse der Digitalisierung. Durch die stetige Weiterentwicklung der Digitalisierung sowie allgemein technischer Möglichkeiten müssen die Lehrpläne fortwährend kontrolliert bzw. modifiziert werden (DITTMANN et al. 2019).

Dass die „computergestützten Medien“ (DGfG 2017:06) durch den Begriff der digitalen Endgeräte wie Tablets, Smartphones und Co. in der mittlerweile 9. Auflage der nationalen Bildungsstandards ergänzt werden sollten, sei an dieser Stelle kritisch angemerkt und erübrigt sich eigentlich vor dem Hintergrund der Debatte um das Schulfach Erdkunde.

Um den explizit genannten Einsatz von Fernerkundungsmethoden in den nationalen Bildungsstandards untersuchen zu können, müssen zunächst die Kompetenzbereiche des Faches Geographie verdeutlicht werden. Die Kompetenzen beschreiben hierbei anzustrebende Lernergebnisse der Schüler bis zum Erwerb des Mittleren Schulabschlusses.

Als Brückenfach zwischen naturwissenschaftlichen und gesellschaftswissenschaftlichen Fragestellungen umfasst die Geographie die Kompetenzbereiche Fachwissen, Methoden, Kommunikation, Bewertung/Beurteilung, Handlung sowie den mehrdimensionalen Kompetenzbereich „Räumliche Orientierung“, der sich als ein Alleinstellungsmerkmal des Faches erweist (DGfG 2017). Mithilfe der Abbildung 3.1 können die zentralen Teilkompetenzen der einzelnen Kompetenzbereiche veranschaulicht werden.

Kompetenzbereich	zentrale Kompetenzen
Fachwissen (F)	Fähigkeit, Räume auf den verschiedenen Maßstabsebenen als natur- und humangeographische Systeme zu erfassen und Wechselbeziehungen zwischen Mensch und Umwelt analysieren zu können.
Räumliche Orientierung (O)	Fähigkeit, sich in Räumen orientieren zu können (topographisches Orientierungswissen, Kartenkompetenz, Orientierung in Realräumen und die Reflexion von Raumwahrnehmungen).
Erkenntnisgewinnung/ Methoden (M)	Fähigkeit, geographisch/geowissenschaftlich relevante Informationen im Realraum sowie aus Medien gewinnen und auswerten sowie Schritte zur Erkenntnisgewinnung in der Geographie beschreiben zu können.
Kommunikation (K)	Fähigkeit, geographische Sachverhalte zu verstehen, zu versprachlichen und präsentieren zu können sowie sich im Gespräch mit anderen darüber sachgerecht austauschen zu können.
Beurteilung/ Bewertung (B)	Fähigkeit, raumbezogene Sachverhalte und Probleme, Informationen in Medien und geographische Erkenntnisse kriterienorientiert sowie vor dem Hintergrund bestehender Werte in Ansätzen beurteilen zu können.
Handlung (H)	Fähigkeit und Bereitschaft, auf verschiedenen Handlungsfeldern natur- und sozialraumgerecht handeln zu können.

Abbildung 3.1: Kompetenzbereiche des Faches Geographie (DGfG 2017:09).

Für den Kompetenzbereich „Räumliche Orientierung“ wird laut DGfG (2017) die Fähigkeit zur räumlichen Orientierung – die sich nicht nur auf ein basales topographisches Orientierungswissen gemäß verschiedener Maßstabsebenen beschränkt (s.o.) – maßgeblich durch das Schulfach gefördert. In diesem Kompetenzbereich wird der sogenannten Kartenkompetenz eine hohe Relevanz zugeschrieben, da sie nicht nur eine wichtige Bedeutung für den Alltag darstellt, sondern als methodische Basisqualifikation für weitere Unterrichtsfächer dient. Zudem sei an dieser Stelle noch einmal darauf hingewiesen, dass durch die Satellitenfernerkundung digitale Bildkarten entwickelt werden und durch ihre Aktualität bestehende traditionelle Karten ergänzen können, wobei in Zukunft das Ziel die „digitale Karte“ ist, die mit verschiedensten Daten aus GIS ein breites Spektrum an Anwendungen ermöglicht (KOHLSTOCK 2018). In diesem Zusammenhang werden folgende Standards, die für die Integration von Fernerkundungsmethoden und GIS besonders relevant sind, formuliert (DGfG 2017:17 ff.):

„Die Schülerinnen und Schüler können

- *S5: die Grundelemente einer Karte (z. B. Grundrissdarstellungen, Generalisierung, doppelte Verebnung von Erdkugel und Relief) nennen und den Entstehungsprozess einer Karte beschreiben,*
- *S6: topographische, physische, thematische und andere alltagsübliche Karten lesen und unter einer zielführenden Fragestellung auswerten,*
- *S7: Manipulations-Möglichkeiten kartographischer Darstellungen (z. B. Farbwahl, Akzentuierung) beschreiben,*
- *[...]*
- *S 10: einfache thematische Karten mit WebGIS¹⁰ erstellen.“*

Bei oben genannten Standard S10 des Kompetenzbereiches „Räumliche Orientierung“ ist anzumerken, dass dieser Standard von der DGfG infolge eines fachinternen Diskurses seit der 5. Auflage der Bildungsstandards vom Niveau angehoben wurde (HEMMER 2016). Höchstwahrscheinlich hat die Relevanz der „neuen“, digitalen Geomedien in Verbindung mit GIS sowie im weiteren Sinne mit Fernerkundungsmethoden auch fachintern zugenommen und die Schulgeographie muss mit eingebunden werden, um ihre eigene Zukunftsfähigkeit nicht zu gefährden.

Die Standards für den Kompetenzbereich „Methoden“ heben das Medium Karte zusätzlich besonders hervor, wobei hier auch die Medien Luft- und Satellitenbilder explizit als Informationsquelle genannt werden. Ergänzt wird der Passus „moderne, technikgestützte Informationsquellen gewinnen wegen ihrer Aktualität eine zunehmend große Bedeutung“ (DGfG 2017:19), was den Einsatz entsprechender Medien unterstreicht, obwohl sie nicht explizit genannt werden. Ein Mix aus traditionellen und neuen Medien wird für den Unterricht als gewinnbringend betont (DGfG 2017).

Bei der Formulierung der Standards für den methodischen Kompetenzbereich fällt jedoch auf, dass im Bereich „Kenntnis von geographisch/geowissenschaftlich relevanten Informationsquellen, -formen und -strategien“ (DGfG 2017:24) der Standard 2, „geographisch relevante Informationsformen/Medien (z. B. Karte, Foto, Luftbild, Zahl, Text, Diagramm, Globus) nennen“ (DGfG 2017:24), um das Medium Satellitenbild erweitert werden kann und dieser Standard erst im Standard 6 lediglich indirekt hineininterpretiert werden kann:

„S 6: geographisch relevante Informationen aus klassischen und technisch gestützten Informationsquellen sowie aus eigener Informationsgewinnung strukturieren und bedeutsame Einsichten herausarbeiten“ (DGfG 2017:25).

¹⁰ WebGIS: über das Internet nutzbare Programme sowie Datensätze, die einen leichten anwendungsbezogenen Einsatz vorgefertigter Raumdaten möglich machen (BRUCKER 2017).

Im Kompetenzbereich der „Beurteilung/Bewertung“ kann zusätzlich noch die Medienkompetenz genannt werden, die sich als Fähigkeit versteht, aus geographisch bzw. geowissenschaftlich relevanten Informationen aus Medien kriteriengestützt zu beurteilen (DGfG 2017), wobei im daran anschließenden Standard 3 der formulierte Begriff „moderne Informationsquellen“ hier sehr allgemein gehalten wird.

Zusammenfassend kann anhand der Analyse der nationalen Bildungsstandards in Verbindung mit der aktuellen Diskussion um die Stärkung des Schulfaches Erdkunde bzw. Geographie festgehalten werden, dass die Bildungsstandards zwar den Einsatz von Luft- und Satellitenbildern sowie das Erstellen von thematischen Karten mit WebGIS explizit benennen, jedoch die ausdrückliche Anwendung von Fernerkundungsmethoden nur indirekt formulieren. Insbesondere in den Formulierungen der oben genannten Standards in den Kompetenzbereichen „Räumliche Orientierung“, „Methoden“ und „Beurteilung/Bewertung“ wäre ein eine klare Nennung von Fernerkundungsmethoden wünschenswert.

Durch den besonderen Stellenwert der „Räumlichen Orientierungskompetenz“ als ein Alleinstellungsmerkmal der Geographie wird der Einsatz von Satellitenbildern und mittlerweile möglich gewordenen Live-Bildern von der ISS – auch vor dem Hintergrund der Digitalisierung von Geomedien – in Zukunft „all“täglich werden. Gerade die starke Betonung der Kartenkompetenz, die im weiteren Sinne auch die Anwendung von GIS und Fernerkundungsmethoden impliziert (KOHLSOCK 2018), wird den Einsatz dieser Geomedien in Zukunft unentbehrlich machen. Der in vielen Bundesländern zur Nebensache gewordene Erdkundeunterricht darf – gerade als *das* Kernfach des 21. Jahrhunderts – die Weiterentwicklung geographisch relevanter Methoden und Geomedien nicht verschlafen, um zukunftsfähig bleiben zu können.

3.4 Fernerkundung in den Lehrplänen in NRW

Bildungs- bzw. Lehrpläne, die auch Kern- und Schulcurricula genannt werden, geben eine inhaltliche sowie prozessuale Orientierungsfunktion vor, die gleichzeitig auch eine zeitliche Steuerungsfunktion vorsieht. Insofern geben Lehrpläne die Reihenfolge und Verknüpfung von Inhalten sowie Themen vor. Dabei wird auch die Art und Weise in Verbindung mit den zu erwerbenden Kompetenzen bestimmt (RINGEL 2005, RINSCHÉDE & SIEGMUND 2020). In Abhängigkeit des Bundeslandes und der Schulart wird die Geographie als eigenständiges Fach und Lehrplan – wie beispielsweise in NRW oder Bayern – oder auch im Fächerverbund – wie zum Beispiel an Haupt- und Realschulen in Baden-Württemberg von 2004–2016 – unterrichtet. In den meisten Bundesländern gehört die Geographie zu den Gesellschaftswissenschaften, wodurch

die Physische Geographie in den Lehrplänen sehr vernachlässigt wird. Dadurch erfolgt die Verbindung der Mensch-Umwelt-Systeme in ihren Anteilen an Physischer Geographie und Humangeographie im Schulfach und der Wochenstundenzahl auf die Schuljahre verteilt sehr unterschiedlich (RINSCHÉDE & SIEGMUND 2020).

Für eine schulpraktische Implementierung eines neuen Schulfachs im Wahlpflichtbereich am GSA liegt der Schulerprobungsraum im Bundesland NRW, weshalb sich die Analyse hinsichtlich der Einbindung von Fernerkundungsmethoden auf das Kerncurriculum Erdkunde in diesem Bundesland bezieht. Das Schulfach Erdkunde wird in NRW – auch wenn es hier den Gesellschaftswissenschaften zugeordnet ist – als eigenständiges Fach in der Sek. I an Gymnasien unterrichtet. Das neue MINT-Differenzierungsfach „Geographie-Physik“ wurde durch seine Integration in die Mittelstufe bzw. den Differenzierungsbereich des GSA ab dem Schuljahr 2016/17 in Anlehnung an die Kerncurricula der Schulfächer Erdkunde und Physik für den gymnasialen Bildungsabschluss nach acht Schuljahren (G8) in NRW konzipiert als auch implementiert und wird durch seinen stetigen Fortlauf ab dem Schuljahr 2020/21 auf die neuen Kernlehrpläne für die entsprechenden Schulfächer durch die Wiedereinführung des G9 abgestimmt.

Seit 2004 wurden in NRW im *Top-down*-Verfahren sogenannte Kernlehrpläne eingeführt, um ein Abschlussprofil am Ende der Sek. I festzulegen, das in zwei Zwischenstufen (am Ende der Jahrgangsstufe 6 und der Jahrgangsstufe 9) Kompetenzerwartungen vorschreibt (MINISTERIUM FÜR SCHULE UND WEITERBILDUNG DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN (MSW NRW) 2007). Die Inhaltsfelder des Kernlehrplans überwiegen mit humangeographischen Fragestellungen, was offensichtlich an der Zuordnung zu den Gesellschaftswissenschaften in diesem Bundesland liegt. Das aktuell noch bis Schuljahr 2021/22 geltende Curriculum für das Schulfach Erdkunde in NRW wurde in Anlehnung an die im vorherigen Teilkapitel analysierten nationalen Bildungsstandards der DGfG (2007) formuliert.

Kompetenzorientierte Lehrpläne verfolgen das Ziel, erwartete Lernergebnisse nach Jahrgangsstufen in Form von fachbezogenen Kompetenzen festzulegen und beschränken sich dabei auf wesentliche Kenntnisse und Fähigkeiten sowie Inhalte, die für den Bildungsweg unentbehrlich sind (MSW NRW 2007).

Mit der Schulzeitverkürzung am Gymnasium in NRW nach acht Schuljahren (G8) wurde eine Verkürzung der Sek. I erforderlich, die den vorliegenden Lehrplan erstmals in Form kompetenzorientierter Unterrichtsvorgaben formuliert. Die Unterrichtsvorgaben wurden mit Rückgriff auf die oben beschriebenen Kompetenzbereiche der nationalen Bildungsstandards konzipiert. Bedauerlicherweise wurde die Stundentafel des Schulfaches in NRW durch die Verkür-

zung der Mittelstufe auf insgesamt 6 Wochenstunden reduziert, da das 10. Schuljahr nach G8 bereits der Sekundarstufe II (Sek. II) zugeordnet wurde. Fakt ist, dass die Umstellung auf G8 in NRW für das Schulfach Erdkunde – bei gleichbleibenden Unterrichtsinhalten – den Verlust von zwei Wochenstunden bedeutete (DGfG 2020).

Die Aufgaben und Ziele des Schulfaches Erdkunde im Kerncurriculum in NRW entsprechen weitgehend den nationalen Bildungsstandards für das Fach Geographie und werden aus diesem Grund nicht weiter vertieft. Die raumbezogene Handlungskompetenz, die aus den Teilkompetenzen Sach-, Methoden-, Urteils und Handlungskompetenz im engeren Sinne gebildet wird, kennzeichnet das Alleinstellungsmerkmal des Schulfaches Erdkunde.

Im Folgenden werden die zu erwartenden Teilkompetenzen nach der Kompetenzstufe „Orientierungsstufe“ (Jahrgangsstufen 5/6) und der Kompetenzstufe „Mittelstufe“ (Jahrgangsstufen 7–9) nach entsprechenden Formulierungen zum Einsatz von Satellitenbildern, Fernerkundungsmethoden und GIS untersucht.

In der Orientierungsstufe fällt auf, dass im Teilbereich „Methodenkompetenz“ lediglich die Medien Atlas, Karte, Bilder, Graphiken, Klimadiagramme sowie Tabellen explizit genannt werden. Der Leser kann – wie im vorherigen Kapitel schon deutlich wurde – aus den folgenden Kompetenzerwartungen am Ende der Jahrgangsstufe 6 den Einsatz von Satellitenbildern und Co. hineininterpretieren – oder auch nicht:

„Die Schülerinnen und Schüler

- *nutzen Inhaltsverzeichnis, Register und Koordinaten im Atlas eigenständig zur Orientierung und topographischen Verflechtung,*
- *[...]*
- *entnehmen aus Karten unter Benutzung der Legende und der Maßstabsleiste themenbezogene Informationen,*
- *gewinnen aus Bildern, Graphiken, Klimadiagrammen und Tabellen themenbezogene Informationen*
- *[...]“ (MSW NRW 2007:25).*

Bei den Formulierungen der zweiten Kompetenzerwartungsstufe, nach der Jahrgangsstufe 9, werden die Teilkompetenzen der Methodenkompetenz schon deutlicher formuliert und im Sinne der Lernprogression (MSW NRW 2007) vom Niveau angehoben:

„Die Schülerinnen und Schüler

- *orientieren sich mit Hilfe von Karten und weiteren Hilfsmitteln unmittelbar vor Ort und mittelbar,*
- *[...]*

- *beherrschen die Arbeitsschritte zur Informations- und Erkenntnisgewinnung mithilfe fachrelevanter Darstellungs- und Arbeitsmittel (Karte, Bild, Film, statistische Angaben, Graphiken und Text) zur Erschließung unterschiedlicher Sachzusammenhänge und zur Entwicklung und Beantwortung raumbezogener Fragestellungen,*
- *wenden die Arbeitsschritte zur Erstellung von Kartenskizzen und Diagrammen auch unter Nutzung elektronischer Datenverarbeitungssysteme an, um geographische Informationen graphisch darzustellen,*
- *recherchieren in Bibliotheken und im Internet, um sich Informationen themenbezogen zu beschaffen,*
- *gewinnen Informationen aus Multimedia-Angeboten und aus internetbasierten Geoinformationsdiensten (WebGis oder Geodaten-Viewer)*
- *[...]“ (MSW NRW 2007:28).*

Wie bereits auch schon durch die Studie von SIEGMUND (2011) deutlich wurde, gehört das Bundesland NRW immer noch zu den wenigen Bundesländern, in denen die Medien „Luft- und Satellitenbild“ nicht explizit als einzusetzende Geomedien im Lehrplan verankert werden. Nur durch die Interpretation der jeweiligen Lehrkräfte und der damit verbundenen schulinternen Fachschaften kann im weiteren Sinne der Einsatz entsprechender Geomedien und der damit verbundenen Möglichkeiten in die Unterrichtsrealisierung mit eingebunden werden. Damit liegt das Bundesland NRW im Vergleich mit anderen Bundesländern hinsichtlich der explizit geforderten Integration von GIS und Fernerkundung bzw. der Aufführung der Geomedien Luft- und Satellitenbild in den Lehrplänen auf einem der letzten Plätze zusammen mit den Bundesländern Berlin, Brandenburg und Bremen. Vor allem in den neuen Bundesländern Sachsen und Sachsen-Anhalt, aber auch in den süddeutschen Bundesländern Baden-Württemberg und Bayern sind GIS und Fernerkundung mittlerweile feste Bestandteile der Curricula. Vorzugsweise im Bundesland Baden-Württemberg erfolgte eine Implementation mit dem Bildungsplan im Jahr 2016, in dem die digitalen Geomedien als eigener Standard aufgeführt und dadurch auch ihr Stellenwert vom Niveau angehoben wurde (RINSCHÉDE & SIEGMUND 2020).

Bei der Analyse des Kernlehrplans für das Fach Erdkunde in NRW darf nicht außer Acht gelassen werden, dass jede Schule durch die Summe ihrer Lehrkräfte innerhalb der schulinternen Fachschaft einen hauseigenen Lehrplan, ihr persönliches Schulcurriculum, für das Schulfach erstellt. Natürlich bezieht sich das hauseigene Curriculum auf die nationalen Bildungsstandards sowie auf das Kerncurriculum, aber jede Schule konzentriert sich dabei auch auf ihren Schulstandort und den damit verbundenen Lern- und Exkursionszielen sowie regionalen Besonderheiten. Hinzu kommt das jeweilige „Expertenwissen“ der Fachkolleginnen und -kollegen, das im Rahmen der Fachschaftsarbeit bei der Entwicklung und Evaluation eines hauseigenen Cur-

riculums mit einfließt. Dadurch ergeben sich inhaltliche (bei möglichen Freiräumen), methodische und mediale Schwerpunkte bzw. Varianten der vorgegebenen Strukturen auf nationaler wie föderaler Ebene (RINSCHÉDE & SIEGMUND 2020).

Nach mehr als zehn Jahren der letzten Lehrplanrevision des Schulfaches Erdkunde in NRW und der Wiedereinführung des neuen gymnasialen Bildungsabschlusses nach neun Schuljahren (G9) anlässlich mehrperspektivischer Diskussionen und Ergebnisse, tritt ab dem ersten August 2019 für den aufsteigenden Schuljahrgang 2019/20 ein neues Kerncurriculum für die Sek. I an Gymnasien für das Bundesland in Kraft. Der neue Kernlehrplan soll obligatorische Fähigkeiten und Fertigkeiten konkretisieren und die zunehmende Relevanz des Digitalisierungsprozesses thematisch und anwendungsbezogen mit einbinden. Als verbindliche Grundlage dient dabei der für alle Schulfächer entwickelte Medienkompetenzrahmen NRW, der den Einsatz digitaler Medien in die Unterrichtspraxis verselbstständigen soll, indem jedes Schulfach seinen spezifischen Beitrag zu den geforderten Medienkompetenzen leistet.

Bei der Neuformulierung der Aufgaben und Ziele des Faches fällt auf, dass die Erdkunde mehr in den gesellschaftswissenschaftlichen Bezug durch einen genannten Fächerverbund mit den Schulfächern Geschichte und Wirtschaft-Politik zur „[...] Mitwirkung in demokratisch verfassten Gemeinwesen unterstützen [soll]“ (MINISTERIUM FÜR SCHULE UND BILDUNG DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN (MSB NRW) 2019:08). Die raumbezogene Handlungskompetenz bleibt weiterhin das Alleinstellungsmerkmal der Erdkunde, wobei den globalen Chancen und Herausforderungen der Digitalisierung erstmals eine hohe Relevanz zugeschrieben wird. Zudem wird auf der Grundlage des allgemeinen Bildungs- und Erziehungsauftrags der Schule von „[...] fachübergreifenden Querschnittsaufgaben in Schule und Unterricht [...]“ (MSB NRW 2019:09 f.) gesprochen: „Menschenrechtsbildung, Werteerziehung, politische Bildung und Demokratieerziehung, Bildung für die digitale Welt und Medienbildung, Bildung für nachhaltige Entwicklung, geschlechtersensible Bildung und kulturelle und interkulturelle Bildung“.

Auffällig erscheint der politische Bezug, der im vorherigen Kernlehrplan nicht in der Form zum Ausdruck gebracht wurde. Positiv anzumerken ist die inhaltliche Unterstreichung der Bildung für eine digitale Welt und die damit verknüpfte Medienbildung, die für den Kontext der Fragestellung dieser Arbeit besonders wichtig ist. Darüber hinaus wird die interdisziplinäre Arbeit des Schulfaches im Vergleich zur vorherigen Ausgabe um den Aspekt der Kooperation mit außerschulischen Partnern ergänzt. Wie schon in der ersten Version lässt das neue Kerncurriculum in NRW für das Schulfach Erdkunde wieder einzelne Freiräume für fachbezogene Inhalte, Methoden wie auch Medien.

Bei der Neufassung des Kernlehrplans in NRW im Jahr 2019 sind die Kompetenzbereiche für die übergeordnete räumliche Handlungskompetenz weiterhin in Sach-, Methoden-, Urteils- und Handlungskompetenz aufgeteilt und auch die zwei Kompetenzstufen sind in der Struktur gleichgeblieben. Am Ende der Orientierungsstufe (Jahrgangsstufe 6) wird die erste Kompetenzerwartung als „Output“ gefordert und am Ende der Mittelstufe (nach G9 die Jahrgangsstufe 10) erfolgt die zweite Kompetenzstufe. Somit gewinnt die Mittelstufe auf curricularer Ebene erneut ein ganzes Schuljahr, aber erhält – wie bereits oben erläutert – im Vergleich zum „alten“ G9 nur eine Wochenstunde – und nicht zwei – im Stundenkontingent (DGfG 2020).

Bei Vergleich der Inhaltsfelder fällt jedoch auf, dass die vorherigen acht Inhaltsfelder, die in der Sek. I bislang obligatorisch eingebunden werden mussten, um zwei erweitert wurden. Zudem wurde der Teilbereich der Physischen Geographie, der in der Sek. I bislang sehr unterrepräsentiert war, inhaltlich ausdifferenziert. Während in der letzten Version des Kernlehrplans noch die „naturbedingte und anthropogen bedingte Gefährdung von Lebensräumen“ (MSW NRW 2007:30) inhaltlich sehr reduziert betrachtet wurde, erfährt dieser Inhalt durch geowissenschaftliche Zusatzinformationen eine inhaltliche Erweiterung durch „Aufbau und Dynamik der Erde“ (MSB NRW 2019:15). Die Grundlagen geotektonischer Prozesse sollen also verstärkt im Unterricht behandelt werden. Besonders bemerkenswert ist das gänzlich neue Inhaltsfeld 5 „Wetter und Klima“ (MSB NRW 2019:15), das wahrscheinlich auch durch die Schülerprotestbewegung „Fridays for Future“ eine inhaltliche Diskussion über die Inhaltsfelder in der Sek. I unter Wissenschaftlern, Didaktikern und Schulgeographen ausgelöst hat (BUROW 2020). In diesem Inhaltsfeld wird die Entstehung des Klimas um die Themen Klimawandel und Klimaschutz differenziert, was thematisch für das Curriculum in Erdkunde in NRW – nicht nur durch die Schülerproteste – schon lange fällig war. Hinzu kommt die Ergänzung des ehemaligen Inhaltsfelds 8, das durch den Prozess der Digitalisierung erweitert wird und dadurch nun „Räumliche Strukturen unter dem Einfluss von Globalisierung und Digitalisierung“ (MSB NRW 2019:16) untersucht werden sollen. Die Relevanz der Digitalisierungsprozesse in der Berufswelt sowie im Alltag hat im neuen Lehrplan dadurch auch inhaltlich eine Aufwertung erfahren.

Im Folgenden wird untersucht, inwieweit sich die inhaltlich erweiterte Gestaltung auf die Teilkompetenzen ausübt, da der neue Kernlehrplan eine Konkretisierung der übergeordneten Kompetenzerwartungen mit den inhaltlichen Schwerpunkten vorsieht (MSB NRW 2019). Hierbei sieht der neue Lehrplan vor, zu jeder Kompetenzstufe die erwarteten Standards in Form der bekannten Sach-, Methoden-, Urteils- und Handlungskompetenz zu formulieren.

Im Vergleich zum vorherigen Kerncurriculum in NRW wurden im neuen Kernlehrplan die erwarteten Methodenkompetenzen für die Erprobungs- bzw. Orientierungsstufe zwar um digitalen Geomedien ergänzt, aber eine Auflistung der einzelnen Medien, die in der Methodenkompetenz 2 den Zusatz „einfach“ erhalten, wird nicht mehr vorgenommen, sondern es bleibt beim Begriff „digitale Medien“ (MSB NRW 2019:17 f.):

„Die Schülerinnen und Schüler

- *orientieren sich unmittelbar vor Ort und mittelbar von Karten und einfachen web- bzw. GPS-basierten Anwendungen (M1),*
- *identifizieren geographisch auch mittels einfacher digitaler Medien und entwickeln erste Fragestellungen (M2),*
- *nutzen Inhaltsverzeichnis, Register und Planquadrate im Atlas sowie digitale Kartenanwendungen zur Orientierung und Lokalisierung (M3),*
- *[...]*
- *präsentieren Arbeitsergebnisse mithilfe analoger und digitaler Techniken verständlich und adressatenbezogen unter Verwendung eingeführter Fachbegriffe (M5),*
- *[...]“.*

Durch den Zusatz der web- bzw. GPS-basierten Anwendungen sowie der Ergänzung um digitale Kartendienste wird jedoch deutlich, dass der Teilbereich GIS und der Teilbereich Fernerkundung im weiteren Sinne nun auch in der Orientierungsstufe verankert ist. Die Medien „Luft- und Satellitenbild“ werden aber auch in dieser Version des Kernlehrplans nicht explizit für die erste Kompetenzstufe genannt, wobei hier – mit Ausnahme der klassischen Medien Atlas und Karte – grundsätzlich auf eine genaue Auflistung bzw. Nennung von analogen und digitalen Geomedien verzichtet wurde.

Eine weitere Neuerung im Kernlehrplan ist die Konkretisierung von kompetenzorientierten Unterrichtsvorhaben zu Inhaltsfeldern, die zusätzlich mit topographischen Orientierungsrastern als Vorgabe für entsprechende Raumbeispiele ergänzt werden. Jedes obligatorische Inhaltsfeld einer Kompetenzstufe sieht ein entsprechendes Unterrichtsvorhaben vor, das allerdings nur eine Konkretisierung der Teilkompetenzen Sach- und Urteilskompetenz ausdifferenziert. Die Teilkompetenzen Methoden- und Handlungskompetenz werden dabei nicht weiter differenziert, da sie eine inhaltsfeld-übergreifende Rolle einnehmen (MSB NRW 2019).

Interessant ist nun der Vergleich der zweiten Kompetenzstufe nach der Jahrgangsstufe 10, die sich durch G9 erneut um ein Schuljahr verlängert. Dabei werden die einzelnen Formulierungen zur übergeordneten Methodenkompetenz auf den Bezug zur Fernerkundung sowie GIS mit ihren Geomedien im Folgenden untersucht.

„Die Schülerinnen und Schüler

- *orientieren sich unmittelbar vor Ort und mittelbar mithilfe von Karten, Gradnetzangaben und mit web- bzw. GPS-basierten Anwendungen (MK1),*
- *erfassen analog und digital raumbezogene Daten und bereiten sie auf (MK2),*
- *identifizieren geographische Sachverhalte auch mittels komplexer Informationen und Daten aus Medienangeboten und entwickeln entsprechende Fragestellungen (MK3),*
- *[...]*
- *setzen digitale und nicht-digitale Medien zur Dokumentation von Lernprozessen und zum Teilen der Arbeitsergebnisse ein (MK7),*
- *[...]*
- *stellen geographische Informationen und Daten mittels digitaler Kartenskizzen, Diagrammen und Schemata graphisch dar (MK11),*
- *führen einfache Analysen mithilfe interaktiver Kartendienste und Geographischer Informationsdienste (GIS) durch (MK12),*
- *führen auch mittels themenrelevanter Informationen und Daten aus Medienangeboten eine fragengeleitete Raumanalyse durch (MK13),*
- *[...]“ (MSB NRW 2019:24–25).*

Am Ende der neuen Sek. I in NRW wird durch die Formulierungen deutlich, dass die digitalen Medien in fast jeder, der erweiterten Standards der Methodenkompetenz, integriert wurden und nun das klassische Geomedium Karte um digitale Karten und Kartendienste ergänzt wurde. Ähnlich wie am Ende der Erprobungsstufe wird auch hier die erste Methodenkompetenz um web- bzw. GPS-basierte Anwendungen erweitert. Die erneute Forderung des Einsatzes von GIS in der MK 12, die durch oben aufgeführte Standards weiter differenziert wird, erhöht die Relevanz entsprechender Anwendungen und legitimiert den Einsatz von Fernerkundungsmethoden mit den entsprechenden digitalen Geomedien.

Zudem wird in der übergeordneten Handlungskompetenz inhaltsübergreifend für die zweite Kompetenzstufe am Ende der Jahrgangsstufe 10 folgende Handlungskompetenz (HK4) (MSB NRW 2019:25 f.) ausgewiesen:

„Die Schülerinnen und Schüler

- *[...]*
- *nehmen auch unter Nutzung digitaler Medien Möglichkeiten der Einflussnahme auf raumbezogene Prozesse wahr“.*

Die Legitimierung des Einsatzes digitaler Geomedien für die fachspezifisch raumbezogene Handlungskompetenz wird hier sehr deutlich und schließt selbstverständlich die Geomedien der Fernerkundung sowie der GIS mit ein.

Insgesamt kann festgestellt werden, dass eine erhebliche Weiterentwicklung in der Generation der kompetenzorientierten Kernlehrpläne in NRW für das Schulfach Erdkunde stattgefunden hat, die besonders durch den Wechsel von G9 zu G8 und umgekehrt geprägt wurde. Die Konsequenzen für das Schulfach Erdkunde sind die Verkürzung um eine Wochenstundenzahl (DGfG 2020) in Verbindung mit einer inhaltlichen Erweiterung der Themenschwerpunkte, insbesondere in der Physischen Geographie sowie einer methodischen Differenzierung der digitalen Geomedien. Auffällig bleibt jedoch die Formulierung in Oberbegriffen bei den digitalen Medien. Fraglich erscheint dabei, ob durch den Verzicht einer genauen Benennung von digitalen Geomedien im Kernlehrplan der schulpraktische Einsatz entsprechender Medien und Methoden an allen Schulen umgesetzt wird bzw. umgesetzt werden kann. Die Realisierung hängt praxisbezogen immer von den Lehrkräften der schulinternen Fachschaft ab. Mit dem Wissen um die Bedeutung von Fernerkundungsmethoden ist im neuen Kernlehrplan in jedem Fall eine schriftliche Grundlage geschaffen, die den Einsatz entsprechender Methoden sowie Medien vorsieht. Inwiefern jedoch eine Integration des Einsatzes von digitalen Medien im Unterricht durch eine für alle Fächer verpflichtende Vorgabe durch den eingeführten Medienkompetenzrahmen NRW im Jahr 2019 in den fachspezifischen Kernlehrplan erfolgt ist, wird im folgenden Kapitel untersucht.

3.5 Inkrafttreten des Medienkompetenzrahmens in NRW

Die Idee der Konzipierung eines für alle Schulformen und Schulfächer in der Sek. I für das Bundesland NRW entstand durch das Kompetenzmodell der KMK. Im Dezember 2016 wurde durch die KMK die Strategie „Bildung in der digitalen Welt“ vereinbart. Diese Strategie, die – kompetenzorientiert – einen gemeinsamen Rahmen im Umgang mit Medien für alle Bundesländer vorsieht, wurde für alle Grundschülerinnen und -schüler, die zum Schuljahr 2019/20 eingeschult wurden, bis zum Ende ihrer Sek. I verpflichtend (MSB NRW 2018).

Dieser Umgestaltungsprozess im *Top-down*-Verfahren seitens der KMK bedeutet für die Schulpraxis, dass jede Schulform in NRW bis zum Schuljahresende 2019/20 – ausgehend von allen schulinternen Fachschaften – ein Medienkonzept für ihre Schule erarbeitet oder modifiziert haben muss. Die konzipierten Medienkonzepte dienen im weiteren Schritt als notwendige Grundlage für Antragsstellungen der Schulträger für IT-Investitionen. Dazu gehören finanzielle Fördermittel sowohl aus dem Programm „Gute Schule 2020“ als auch dem zu erwartenden „Digitalpakt Schule“ der Bundesregierung (MSB NRW 2018, MEDIENBERATUNG NRW 2020). Mit dem „Digitalpakt Schule“ möchte der Bund die Bundesländer und Gemeinden bei Investitionen

in die digitale Bildungsinfrastruktur unterstützen. Als Voraussetzung für die insgesamt 5 Milliarden Euro, die der Bund dafür mobilisiert, müssen die Schulen (alle Schulformen integriert) ihre Lehrpläne an die Strategie „Bildung in der digitalen Welt“ der KMK angleichen. Zudem muss auf regionaler sowie landesweiter Ebene ein Service- und Wartungssystem für die digitale Infrastruktur entwickelt werden, das die Schulträger entlastet. Ziel ist es dabei, alle Schulen, die ein entsprechendes Medienkonzept an ihrer Schule implementieren möchten, mit digitaler Bildungsinfrastruktur bis 2025 auszustatten. Hierbei sind neben einer Verbesserung der digitalen Vernetzung der Schulgebäude, auch der Aufbau von Lern- bzw. Lehrplattformen wie auch Cloudangebote vorgesehen. Besonders hervorzuheben ist die Forderung nach digitalen Arbeitsgeräten, die vor allem für die technisch-naturwissenschaftliche Bildung sowie die berufs-bezogene Ausbildung eingesetzt werden sollen. Ergänzend dazu sollen mobile Endgeräte wie Notebooks und Tablets – mit Ausnahme von Smartphones – bis zu einem Gesamtbetrag von 25 000 Euro gefördert werden oder der Schulträger übernimmt mindestens 20 % der Anschaffungskosten (BMBF 2019).

Bei der praktischen Umsetzung des „Medienkompetenzrahmens NRW“ sollen den Schulen örtliche Medienberaterinnen und Medienberater der regionalen Kompetenzteams zur Verfügung gestellt werden, die in Fortbildungen für die Lehrkräfte Hilfestellungen bei der Überarbeitung der schulinternen Fachcurricula geben können (MSB NRW 2018, MEDIENBERATUNG NRW 2020).

In diesem Teilkapitel, das erst nach der Implementierung des neuen MINT-Differenzierungsfaches „Geographie-Physik“ am GSA im Schuljahr 2016/17 aus gegebenem Anlass eingefügt wurde, soll dargelegt werden, inwiefern der Medienkompetenzrahmen NRW für den Einsatz von digitalen Geomedien als digitale Grundlage für die Umsetzung von Fernerkundungsmethoden im Schulunterricht und damit auch als Basis für die schulinterne Fachschaftsarbeit im Schulfach Erdkunde dienen kann.

Die Umsetzung des Medienkompetenzrahmens am GSA wurden nach der ersten schriftlichen Verkündung durch das Schulministerium in NRW im Schuljahr 2017/18 an die Fachvorsitzenden der Fachschaften weitergegeben, um in der jeweiligen Fachschaft ein Konzept für die Umsetzung des Medienkompetenzrahmens für fachspezifische Fähigkeiten und Fertigkeiten zu formulieren. Die fachinterne Arbeit erfolgt im Rahmen schulischer Erarbeitungsprozesse in der Regel an sogenannten „pädagogischen Tagen“ für das schulinterne Kollegium und an vorbereitenden Fachschaftskonferenzen vor Beginn eines neuen Schuljahres sowie bei der schuljährlich verpflichtenden Fachschaftskonferenz, bei der auch Eltern- sowie Schülervertreter teilneh-

men. Nichtsdestotrotz bedeutet eine Implementierung neuer Schlüsselkompetenzen für die digitale Bildung, dass jede Fachschaft zusätzliche Zeit für die gemeinsame Fachschaftsarbeit generieren muss. Durch einen ersten Austausch in den schulinternen Fachschaften erfolgte am GSA eine verpflichtende Fortbildung eines Medienberaters des Kompetenzteams des Rhein-Sieg-Kreises, an der die Fachvorsitzenden verpflichtend teilnehmen mussten, um eine erfolgreiche Umsetzung des Medienkompetenzrahmens in den Fachschaften garantieren zu können.

Als Fachvorsitzende für das Schulfach Erdkunde bzw. Geographie am GSA war es möglich, alle Ebenen der Implementationsprozesse mitverfolgen zu können. Vor diesem Hintergrund konnte festgestellt werden, dass sich – trotz der inhaltlichen Anbindung des Medienkompetenzrahmens NRW an die neuen Kernlehrpläne in NRW – eine gewisse organisatorische Abspaltung der Medienbildung vom Kerncurriculum erfolgt, da sich die Fachschaften nun bei der Erarbeitung der schulinternen Curricula auf insgesamt zwei Regelwerke beziehen müssen. Durch den durchgängigen Trend im Lehrplan und im Medienkompetenzrahmen digitale Medien fast nur in Form dieses Oberbegriffes zu nennen, haben die Fachschaften eine zusätzliche Verantwortung, den Begriff innerhalb der Fachschaftsarbeit weiter auszudifferenzieren. Das bedeutet auch, dass der Einsatz von digitalen Medien im Allgemeinen bzw. im Schulfach Erdkunde im Besonderen durch das „Expertenwissen“ bzw. von der medialen (Vor-)Bildung der Lehrkräfte abhängig ist, was sowohl positive, aber auch – je nach Fachschaft – negative Auswirkungen bei der konkreten Umsetzung des Medienkompetenzrahmens in der schulischen Praxis haben kann.

Durch die Integration des neuen MINT-Differenzierungsfaches „Geographie-Physik“ am GSA bereits schon im Schuljahr 2016/17, profitierte die Fachschaft Erdkunde von den bereits mehrfach erprobten digitalen Geomedien im Differenzierungsunterricht, um Möglichkeiten der Einbindung von entsprechenden Medien in der Unterrichtspraxis zu formulieren. Inwiefern die Vorkenntnisse durch die Implementierung des MINT-Faches im Differenzierungsbereich bei dieser Fachschaftsarbeit nützlich waren, wird in Kapitel 7.3 grundlegend erläutert. Grundsätzlich gilt vorab festzuhalten, dass es mittlerweile zwar ein breites Spektrum an digitalen Medienangeboten für den Erdkundeunterricht gibt, aber konkretisierte didaktische – und evaluierte – Konzepte zu den einzelnen Angeboten noch vielfach ausstehen.

Für die Fachschaften Erdkunde in NRW bedeutet die Umsetzung des neuen Medienkompetenzrahmens, der als Übersicht in der folgenden Abbildung 3.2 dargestellt wird, dass die Inhalte der schulinternen Curricula in Anlehnung an die für 2019 in Kraft tretenden Kernlehrpläne in NRW mit den sechs grundlegenden Teilkompetenzen „Bedienen und Anwenden, Informieren und Recherchieren, Kommunizieren und Kooperieren, Produzieren und Reflektieren sowie Prob-

lemlösen und Modellieren“ (MEDIENBERATUNG NRW 2020:11) verknüpft werden sollen. Diese übergeordneten Teilkompetenzen werden darüber hinaus in jeweils vier Standards unterteilt, um die jeweilige Teilkompetenz zu konkretisieren.



1. BEDIENEN UND ANWENDEN	2. INFORMIEREN UND RECHERCHIEREN	3. KOMMUNIZIEREN UND KOOPERIEREN	4. PRODUZIEREN UND PRÄSENTIEREN	5. ANALYSIEREN UND REFLEKTIEREN	6. PROBLEMLÖSEN UND MODELLIEREN
1.1 Medienausstattung (Hardware) Medienausstattung (Hardware) kennen, auswählen und reflektiert anwenden; mit dieser verantwortungsvoll umgehen	2.1 Informationsrecherche Informationsrecherchen zielgerichtet durchführen und dabei Suchstrategien anwenden	3.1 Kommunikations- und Kooperationsprozesse Kommunikations- und Kooperationsprozesse mit digitalen Werkzeugen zielgerichtet gestalten sowie mediale Produkte und Informationen teilen	4.1 Medienproduktion und Präsentation Medienprodukte adressatengerecht planen, gestalten und präsentieren; Möglichkeiten des Veröffentlichens und Teilens kennen und nutzen	5.1 Medienanalyse Die Vielfalt der Medien, ihre Entwicklung und Bedeutungen kennen, analysieren und reflektieren	6.1 Prinzipien der digitalen Welt Grundlegende Prinzipien und Funktionsweisen der digitalen Welt identifizieren, kennen, verstehen und bewusst nutzen
1.2 Digitale Werkzeuge Verschiedene digitale Werkzeuge und deren Funktionsumfang kennen, auswählen und reflektiert einsetzen sowie diese kreativ, reflektiert und zielgerichtet einsetzen	2.2 Informationsauswertung Themenrelevante Informationen und Daten aus Medienangeboten filtern, strukturieren, umwandeln und aufbereiten	3.2 Kommunikations- und Kooperationsregeln Regeln für digitale Kommunikation und Kooperation kennen, formulieren und einhalten	4.2 Gestaltungsmittel Gestaltungsmittel von Medienprodukten kennen, reflektiert anwenden sowie hinsichtlich ihrer Qualität, Wirkung und Aussageabsicht beurteilen	5.2 Meinungsbildung Die interessengetriebene Setzung und Verbreitung von Themen in Medien erkennen sowie in Bezug auf die Meinungsbildung beurteilen	6.2 Algorithmen erkennen Algorithmische Muster und Strukturen in verschiedenen Kontexten erkennen, nachvollziehen und reflektieren
1.3 Datenorganisation Informationen und Daten sicher speichern, wiederfinden und von verschiedenen Orten abrufen; Informationen und Daten zusammenfassen, organisieren und strukturiert aufbewahren	2.3 Informationsbewertung Informationen, Daten und ihre Quellen sowie dahinterliegende Strategien und Absichten erkennen und kritisch bewerten	3.3 Kommunikation und Kooperation in der Gesellschaft Kommunikations- und Kooperationsprozesse im Sinne einer aktiven Teilhabe an der Gesellschaft gestalten und reflektieren; ethische Grundsätze sowie kulturell-gesellschaftliche Normen beachten	4.3 Quelldokumentation Standards der Quellangaben beim Produzieren und Präsentieren von eigenen und fremden Inhalten kennen und anwenden	5.3 Identitätsbildung Chancen und Herausforderungen von Medien für die Realitätswahrnehmung erkennen und analysieren sowie für die eigene Identitätsbildung nutzen	6.3 Modellieren und Programmieren Probleme formalisiert beschreiben, Problemlösestrategien entwickeln und dazu eine strukturierte, algorithmische Sequenz planen; diese auch durch Programmieren umsetzen und die gefundene Lösungsstrategie beurteilen
1.4 Datenschutz und Informationssicherheit Verantwortungsvoll mit persönlichen und fremden Daten umgehen; Datenschutz, Privatsphäre und Informationssicherheit beachten	2.4 Informationskritik Unangemessene und gefährdende Medieninhalte erkennen und hinsichtlich rechtlicher Grundlagen sowie gesellschaftlicher Normen und Werte einschätzen; Jugend- und Verbraucherschutz kennen und Hilfs- und Unterstützungsstrukturen nutzen	3.4 Cybergewalt und -kriminalität Persönliche, gesellschaftliche und wirtschaftliche Risiken und Auswirkungen von Cybergewalt und -kriminalität erkennen sowie Ansprechpartner und Reaktionsmöglichkeiten kennen und nutzen	4.4 Rechtliche Grundlagen Rechtliche Grundlagen des Persönlichkeits- (u.a. des Bildrechts), Urheber- und Nutzungsrechts (u.a. Lizenzen) überprüfen, bewerten und beachten	5.4 Selbstregulierte Mediennutzung Medien und ihre Wirkungen beschreiben, kritisch reflektieren und deren Nutzung selbstverantwortlich regulieren, andere bei ihrer Mediennutzung unterstützen	6.4 Bedeutung von Algorithmen Einflüsse von Algorithmen und Auswirkung der Automatisierung von Prozessen in der digitalen Welt beschreiben und reflektieren



Herausgeber: Medienberatung NRW
Dieses Dokument steht unter CC BY-ND 4.0 Lizenz





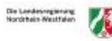


Abbildung 3.2: Medienkompetenzrahmen NRW (MEDIENBERATUNG NRW 2020:11).

Bei der konkreten Umsetzung des Medienkompetenzrahmens wurde von der MEDIENBERATUNG NRW ein Leitfaden für alle Schulformen mit Sek. I in NRW herausgegeben, an dem sich die Schulen für die Implementierung eines selbstkonzipierten Medienkonzeptes orientieren konnten. Zum besseren Verständnis dieses medialen Schul- und Unterrichtsprozesses soll folgende Abbildung der Medienberatung NRW näher erläutert werden, um auch den Realisierungsprozess des Medienkompetenzrahmens in der Fachschaft Erdkunde am GSA nachverfolgen zu können.



Abbildung 3.3: In sieben Schritten zum schulischen Medienkonzept (MEDIENBERATUNG NRW 2019:09).

Die ersten beiden Schritte wurden, wie eingangs schon erwähnt, im *Top-down*-Verfahren an den Schulen in NRW eingeführt. Der dritte Schritt erfolgte, wie schon erläutert, im Rahmen der schulinternen Fachschaftsarbeit. Im daran anschließenden vierten Schritt wurde für das GSA im Austausch mit dem Schulträger, der Stadt Siegburg, eine Bestandaufnahme hinsichtlich der Inventarisierung der technischen Ausstattung unternommen. Die zuständige Lehrkraft, die für die Koordination der einzelnen Schritte für das Medienkonzept am GSA verantwortlich war, benötigte eine entsprechende Rückmeldung seitens der Fachschaften, um einen bestimmten Überblick über das quantitative wie auch qualitative Nutzungsverhalten von digitalen Medien im Unterricht zu gewinnen. Für die außerschulischen Kooperationen mit der AG Fernerkundung des GIUB sowie der AG Geomatik der RUB mit dem GSA, dessen Hintergründe in den nachfolgenden Kapiteln erläutert werden, bot sich dadurch die Möglichkeit an, finanzielle Fördermittel für die technische Ausstattung am GSA zur Umsetzung von Unterrichtssequenzen zum Thema Fernerkundung zu generieren. Hierbei bleibt jedoch auch anzumerken, dass in einer

schulinternen Fachschaft auch nicht immer alle Kollegen¹¹ derselben Meinung sind, wenn es um den Einsatz bestimmter Geomedien im Erdkundeunterricht geht, weshalb auch bei einem bestehenden Medienkonzept nicht davon ausgegangen werden kann, dass die praktische Unterrichtsumsetzung durchgängig in Anlehnung an ein Medienkonzept erfolgt. Da das Medienkonzept am GSA erst am Ende des aktuellen Schuljahres 2019/20 mit dem Zusammenfügen der fachschaftsinternen Medienkonzepte zu einem schulischen Gesamtkonzept erfolgte, kann derzeit noch nicht abgesehen werden, inwieweit sich dieser Schulentwicklungs- und Unterrichtsentwicklungsprozess in den nächsten Schuljahren gestalten wird. Festzuhalten bleibt jedoch, dass durch die vorgegebenen Teilkompetenzen des Medienkompetenzrahmens NRW (s. Abb. 3.2) der Einsatz von digitalen Geomedien der Satellitenfernerkundung sowie GIS-Anwendungen formuliert werden können, um (fast) alle Teilstandards der Vorgaben erreichen zu können. In Anlehnung an ein fachspezifisches Curriculum für das Schulfach Erdkunde in NRW können entsprechende Mittel für eine verbesserte digitale Grundausstattung für den Einsatz von Fernerkundungsmethoden und GIS-Anwendungen durch den „Digitalpakt Schule“ gefordert werden. Diese Voraussetzungen waren zu Beginn der Implementierung des neuen MINT-Wahlpflichtfach noch nicht gegeben, fließen aber durch den langjährigen Prozess der Schulfachentwicklung am GSA in den Erhebungszeitraum.

3.6 Fernerkundung in Schulbüchern in NRW

Auch wenn die oben genannten Bildungsstandards, Kernlehrpläne und weitere Regelstandards wie der Medienkompetenzrahmen in NRW eine wichtige Steuerungs- und Orientierungsfunktion haben, bleiben Schulbücher das wichtigste Steuerungsinstrument im Schulalltag. Da die Zulassung von Schulbüchern von einer Gutachterkommission des Kultusministeriums des jeweiligen Bundeslandes vorgenommen wird, die auf die Einhaltung der Bildungs- und Lehrpläne achtet, nehmen die Bildungs- und Lehrpläne bei der Konzipierung von Schulbüchern wieder eine wichtige Steuerungsfunktion ein (MEYER 1997, RINSCHÉDE & SIEGMUND 2020).

Das Schulbuch war lange Zeit ein Verbundmedium, das im Verbund Texte, Bilder, Diagramme und weitere klassische Medien nicht additiv nebeneinander, sondern in einem funktionalen Kontext miteinander verknüpft hat (RINSCHÉDE 1999, RINSCHÉDE & SIEGMUND 2020). Auch die aktuellen Schulbücher sind im weiteren Sinne Verbundmedien, aber auch Teil eines Medienverbundes, der „[...] zusätzlich Lehrerhandbuch, Arbeitsheft, Atlas, Wand- und Folienkarten,

¹¹ Im Folgenden werden – um den Lesefluss nicht zu behindern – mit dem Begriff „Kollegen“ sowohl Kolleginnen als auch Kollegen benannt.

Transparente und weiteres Anschauungsmaterial in digitaler Form“ (BRUCKER 2017:76) miteinander verbindet.

Die Wahrnehmung der Disziplin Geographie in der Öffentlichkeit wird in Schulbüchern sichtbar, da grundsätzlich fachliche, fachdidaktische und methodische Neuerungen in die Konzipierung von Schulbüchern mitaufgenommen werden. Für die Lehrkräfte bieten sie eine große Entlastung bei der Unterrichtsvorbereitung, da sie auch als Basis- und Leitmedium den Ablauf des Unterrichts prägen. Aus diesem Grund ist der Stellenwert, den ein Schulbuch in der Unterrichtspraxis erfährt, nicht zu unterschätzen, da ihm nicht umsonst dadurch der Ruf des „heimlichen Lehrplans“ anhaftet. Für die Lehrenden ist das Schulbuch prinzipiell das wichtigste Informations- und Arbeitsmittel bei der Unterrichts- und Hausarbeit (BRUCKER 2017).

Durch den hohen Stellenwert des Schulbuchs im unterrichtlichen Kontext soll in diesem Teilkapitel anhand des Vergleichs zweier Schulbücher klassischer Schulbuchverlage in NRW für die Sek. I analysiert werden, inwiefern Fernerkundungsmethoden und entsprechende Geomedien in das Verbundmedium Schulbuch als Teil eines Medienverbundes integriert wurden. Die Ausgangslage der Untersuchung bildet das Schuljahr 2017/18 unter dem aktuell noch geltenden Kernlehrplan Erdkunde in NRW für G8.

Am GSA wurde mehrere Jahrzehnte lang die Lehrwerksreihe „TERRA“ des Schulbuchverlages Klett für die Sek. I im Konsens der Fachschaft eingesetzt. Durch die Umstellung des gymnasialen Bildungsganges auf G8 wurde innerhalb der Fachschaft am GSA die Diskussion um den Vergleich von Schulbüchern mit anderen Schulbuchverlagen geführt. Das mehrheitliche Ergebnis war die sukzessive Umstellung der Schulbücher in der Sek. I auf die Schulbuchserie „Diercke Praxis“ des Westermann-Verlags ab dem Schuljahr 2017/18 – beginnend mit der Jahrgangsstufe 5. Hierbei gilt es zu berücksichtigen, dass die Stundentafel des Faches Erdkunde am GSA je zwei Wochenstunden – auf die Jahrgangsstufe 5, die Jahrgangsstufe 7 und die Jahrgangsstufe 9 verteilt – vorsieht. Auf dieser Grundlage erfolgt die Untersuchung anhand des Vergleichs dieser klassischen Schulbuchverlage in NRW. Durch die Praxiserfahrung als Lehrkraft an drei unterschiedlichen Gymnasien in diesem Bundesland und den Austausch mit anderen Geographielehrkräften konnte festgestellt werden, dass vor allem diese zwei „Standardwerke“ im Erdkundeunterricht in der Sek. I an Gymnasien in NRW eingesetzt werden.

Nach den oben erläuterten Bildungs- und Lehrplänen in NRW kann davon ausgegangen werden, dass die Geomedien Luft- und Satellitenbild – auch im Kontext von Fernerkundungsmethoden – in den entsprechenden Schulbüchern für die Sek. I eingebunden sind. Zudem müssten GIS zu geographisch relevanten Fragestellungen im Schulbuch – auch als Medienverbund –

zur Anwendung kommen. Ausgehend von dieser Erwartungshaltung wird zuerst die TERRA-Serie des Klett-Verlages für das Bundesland für die Jahrgangsstufe 5 untersucht.

Bei der neuen Ausgabe „TERRA – Erdkunde 1 – Gymnasium“ für NRW, die bereits 2016 durch BETTE et al. herausgegeben wurde, fällt gerade im Vergleich zu den letzten TERRA-Serien auf, dass insbesondere die Geobrowser wie GOOGLE EARTH in die Methodenarbeit mit aufgenommen wurden und sogar der Bezug zur Raumfahrt durch die Erkundung des Menschen aus dem All als Einstieg für das Fach Erdkunde integriert wurde. Zudem wird die Bedeutung der Satellitenbilder für die Geographie als Wissenschaft kurz thematisiert. Der Klett-Verlag hat die TERRA-Reihe – wie auch bei den Vorgänger-Reihen – in fachspezifische Methodenseiten unterteilt, die je nach thematischem Bezug zu den Raumbeispielen in jedes Kapitel mit integriert wurden und farblich blau markiert sind. Insbesondere im zweiten Kapitel „Sich orientieren“ (BETTE et al. 2016:18–50) werden neben den klassischen Medien bzw. Methoden der Unterschied zwischen einem Senkrecht- und einem Schrägluftbild sowie die Arbeitsschritte mit GOOGLE EARTH für die Jahrgangsstufe altersgerecht erklärt. Der Begriff des „virtuellen Globus“ wird vor diesem Hintergrund deutlich gemacht. Aufbauend auf den ersten Arbeitsschritten mit GOOGLE EARTH werden die Arbeitsschritte für eine Simulation von Tag und Nacht in zeitlicher Abfolge konkretisiert. Als Übung können die Schüler ihren Wohnort oder den Ort ihres letzten Urlaubs mit GOOGLE EARTH entdecken. Auf der folgenden Doppelschulbuchseite wird die Methodenarbeit zu GOOGLE EARTH fortgesetzt, indem die Schüler ihren Schulweg mithilfe des Geobrowsers und seinen Werkzeugen in den entsprechenden Satellitenbildausschnitt einzeichnen sollen. Im Medienverbund wird auf dieser Schulbuchseite ein zusätzliches Tutorial zu GOOGLE EARTH über einen Buchstaben- und Zahlencode im Internet angeboten, das zur besseren Visualisierung der einzelnen Arbeitsschritte dienen kann. Das Kapitel „Sich orientieren“ – in Anlehnung an die räumliche Orientierungskompetenz der Bildungsstandards – erläutert schriftlich die Entstehungsgeschichte des GPS und die damit verbundene Aufgabe der GPS-Satelliten zur Navigation. Eine weiterführende Funktionsbeschreibung dieser Satelliten oder eine spezielle Übung wird im Kontext mit anderen Orientierungshilfen wie dem Kompass oder den Sternen jedoch nicht vorgenommen. Lediglich auf einer der folgenden Schulbuchseiten des zweiten Kapitels findet man eine kurze Erklärung zum Begriff „Geocaching“, allerdings ohne Anwendung oder Übung im Rahmen des Medienverbunds. Im daran anschließenden dritten Schulbuchkapitel „Leben auf dem Land, Leben in der Stadt“ (BETTE et al. 2016:52–76) wird – erneut auf einer Methodenseite – in fünf Arbeitsschritten die Auswertung eines Luftbildes am Beispiel eines Schrägluftbildes von Borchen in NRW erklärt.

Die Medien Luft- und Satellitenbilder als Echtfarbenbilder kommen bei einigen der insgesamt 9 Kapitel als Medium zur Visualisierung des Raumbeispiels vor, werden aber nicht methodisch mit eingebunden. Diese Übungen sind lediglich auf den Methodenschulbuchseiten zu finden. Selbst im weiterführenden Tutorial zum Atlasführerschein des Haack-Atlases im Internet – im Methodenteil zur Atlasarbeit integriert – sind keine weiterführenden Informationen zu Luft- oder Satellitenbildern zu finden.

Als Kurzfazit für das Schulbuch des Klett-Verlages für die Jahrgangsstufe 5 kann die thematische und methodische Einbindung des Geobrowsers GOOGLE EARTH positiv bewertet werden, allerdings bleibt es nur bei kurzen Begriffsbedeutungen von GPS und Geocaching, die ohne Anwendung verbleiben. Die Methodenschritte zur Auswertung eines Luftbildes werden zwar für die Jahrgangsstufe 5 didaktisch angemessen aufgezeigt, könnten jedoch – da der Blick von der ISS in Verbindung mit dem Astronauten Alexander Gerst schon thematisiert wurde – zusätzliche Erläuterungen zur Fernerkundung bzw. Erdbeobachtung aufzeigen.

Bei der Analyse der neuen Ausgabe „TERRA – Erdkunde 2 – Gymnasium“ für die Jahrgangsstufe 7, die ebenfalls von BETTE et al. für das Bundesland NRW – allerdings erst im Jahr 2017 – herausgegeben wurde, fällt sofort auf, dass in dieser Ausgabe sehr viele Satellitenbilder, wieder als Echtfarbenbilder, zur Darstellung der Raumbeispiele eingesetzt wurden. Das erste (und letzte) Satellitenbild als Falschfarbenbild wird im ersten Kapitel mit der Beschreibung „[...] eines High-Tech-Satelliten der NASA [...]“ (BETTE et al. 2017:12) zur Darstellung der Lichtverschmutzung der Erde nicht näher erläutert. Erst im dritten Kapitel zum Thema „In der kalten Zone“ wird die Methode der Satellitenbilddauswertung in vier Arbeitsschritten am Beispiel eines Echtfarbensatellitenbildes des Katla-Vulkans aus dem Jahr 1986 aufgezeigt. Dabei werden Grundlagen der Fernerkundung im einleitenden Erklärtext genannt, ohne dass der Begriff Fernerkundung oder Erdbeobachtung verwendet wurde. Am Beispiel des Wettersatelliten METEOSAT oder des Erderkundungssatellit LANDSAT wird die Funktion der „Scanner“ (BETTE et al. 2017:40) kurz beschrieben. Die Begriffsdefinition von Falschfarben taucht als zusätzlicher Hinweis am Rand des Erklärtextes auf, allerdings ohne dass ein entsprechendes Satellitenbild hier als Beispiel angeführt ist. Die methodischen Teilschritte zur Satellitenbilddauswertung erfolgen in „Bildverortung, Strukturen erkennen, Bildinhalte darstellen und Deutung der Bildinhalte“ (BETTE et al. 2017:40). Als Übung dazu wird hier eine Kartenskizze zur Auswertung des Echtfarbensatellitenbildes des Katla-Vulkans angeboten.

In Klimazonen unterteilt, folgt im anschließenden Kapitel 4 „In der gemäßigten Zone“ (BETTE et al. 2017:54–74) zum Abschluss des Kapitels die Doppelschulbuchseite zum Methodenteil,

der eine Analyse der Hochwassergefährdung mithilfe eines Geoportals vorsieht. Dazu werden ausgewählte Geoportale, wie beispielsweise WEBGIS WESTFALEN, angegeben. In insgesamt sechs Arbeitsschritten und mit der Erklärung einiger Symboldarstellungen bei GIS wird – angepasst auf die drei obligatorischen Übungen sowie einer fakultativen Übung zur Untersuchung der nationalen, regionalen sowie lokalen Hochwassergefährdung im Schulbezugsraum – die Methodik sehr umfangreich vorgenommen. In den daran anschließenden Kapiteln wird erst in einem der letzten Kapitel – in Kapitel 10 – die Methode „Mit GOOGLE EARTH messen und visualisieren“ mit den Arbeitsschritten „Zielsetzung klären, Erkundungsort suchen, Werkzeug auswählen, Erkundung durchführen, Auswahl des Werkzeugs beurteilen“ (BETTE et al. 2017:194) zum Thema „Räume entwickeln sich“ eingebunden. Hierbei wird die Bedeutung der virtuellen Globen und der digitalen Geländemodelle durch Luft- und Satellitenbilder kurz thematisiert. Die Schüler bekommen zudem die wichtigsten Werkzeuge bzw. Tools für ihre Erkundungs- und Untersuchungstour mittels GOOGLE EARTH anschaulich, aber methodisch doch sehr knapp erklärt. In einer anschließenden Übung, die alle drei Anforderungsbereiche miteinschließt, kann die praktische Umsetzung mit entsprechenden Medien im Klassenraum durchgeführt werden. Die Veränderungen der Raumbeispiele dieses Kapitels (Kupfermine Chuquicamata in Chile, Dubai-Stadt, Silicon-Valley in Kalifornien) werden durchgängig mit Vorher-Nachher-Satellitenbildern in Echtfarben dargestellt, ohne dass die Fernerkundungsmethode der Veränderungsanalyse, „*Change Detection*“, thematisiert oder angewendet wird. Die Satellitenbilder werden in den Übungen zu den Raumbeispielen vornehmlich zur Methodik „Ein Luftbild auswerten“ herangezogen, um die auffälligsten Veränderungen eines Raumes beschreiben zu können. Die Übungen, die mithilfe von GOOGLE EARTH gelöst werden können, beschränken sich auf die beschriebene Methodik des Messens und Visualisierens mit den entsprechenden – einfachen – Tools. Bei der Durchführung einer Raumanalyse hätte man durchaus mehr Anwendungen zu Fernerkundungsmethoden wie auch GIS hinzufügen können.

Die von BETTE et al. im Jahr 2018 veröffentlichte neue Ausgabe der TERRA-Serie für die Jahrgangsstufe 9 in NRW weist bei der Gegenüberstellung zu den aufbauenden Erdkundeschulbüchern vergleichsweise kaum Luft- und Satellitenbilder auf, auch wenn bereits zu Beginn der Erläuterungen zur Aufgabe der Geographie zwei Echtfarbensatellitenbilder auf das Aralsee-Syndrom hinweisen. Die nächsten Satellitenbilder folgen erst wieder im fünften Kapitel zum Thema „Wachsen und Schrumpfen von Städten“ (BETTE et al. 2018:88–114), um den Vergleich von Wachstums- und Schrumpfungsprozessen der Städte Lagos und Detroit aus der Vogelperspektive direkt sichtbar zu machen und gleichzeitig als Einstieg für das Kapitel zur Stadtgeographie zu dienen. Dementsprechend findet sich auch keine vertiefende Aufgabe zu den vier

Echtfarbensatellitenbildern, da nur die Lehrkraft diesen Impuls bei der Auftaktseite des Kapitels steuern kann. Dazu finden sich zu den Raumbeispielen Lagos und Detroit jeweils nur eine zusätzliche Schrägluftbildaufnahme und ein bereits mit GOOGLE EARTH bearbeitetes Satellitenbild. Zum Abschluss des Kapitels wird auf einer Trainingsseite, auf der die Lernenden die Themen des Kapitels zur Stadtgeographie wiederholen können, eine Übungsaufgabe zur Deutung von Stadtentwicklungsprozessen der Stadt Münster anhand eines Senkrechtluftbildes integriert. Das ist für die Kompetenzerwartungen der Methodenkompetenz der Bildungsstandards sowie des Kernlehrplans für die Jahrgangsstufe 9 definitiv zu wenig. Von den insgesamt 224 Seiten wird kein Methodentraining zu den Medien Luft- und Satellitenbilder angeboten und selbst im Anhang des Schulbuches sind bei der Übersicht der Methoden die vorangehenden Methoden zum Umgang mit Geoportalen oder des „virtuellen Globus“ GOOGLE EARTH sowie zur Auswertung von Satellitenbildern nicht mehr aufgelistet, sondern lediglich der Methodenüberblick der alten TERRA-Ausgabe.

Zusammenfassend für die neuen Ausgaben der TERRA-Reihe des Klett-Verlages für die Sek. I in NRW bleibt festzuhalten, dass eine deutliche Integration der Geomedien Luft- und Satellitenbilder – auch im Vergleich zur alten TERRA-Serie – deutlich wurde. Dabei ist vor allem die Ausgabe für die Jahrgangsstufe 7 positiv hervorzuheben. Das Thema Fernerkundung wird jedoch – auch bei einer kurzen Erläuterung zu dieser Teildisziplin der Geographie – nicht als Begriff genannt und die entsprechenden Methoden werden dazu nicht integriert. Die Geographischen Informationssysteme werden – auch mit weiterführenden Links – punktuell angewendet. Der Umgang mit dem Geobrowser GOOGLE EARTH wird methodisch und didaktisch sinnvoll ab der Jahrgangsstufe 5 bis zur Jahrgangsstufe 7 aufbereitet. Umso erstaunlicher ist es, dass in der letzten Ausgabe für die Jahrgangsstufe 9 die in den Vorgängerwerken aufgebaute Methodenkompetenz zu den entsprechenden Geomedien nicht mehr wiederholt oder im Sinne der Lernprogression vertieft werden. Gerade zum Thema Stadtgeographie könnte man wesentlich mehr zu dieser Thematik und Methodik anbieten. Entsprechend enttäuschend fällt die Ausgabe für die Jahrgangsstufe 9 aus, da der gute Ansatz in den beiden anderen Jahrgangsstufen deutlich wurde. Durch die punktuelle Konzentration auf separate „Methodikseiten“ wird deutlich, dass hier die Umsetzung der Bildungsstandards und Kernlehrpläne auch visuell sichtbar gemacht werden möchte. Grundsätzlich könnte man – auch im Medienverbund – mehr aktuelle Satellitenbilder und Möglichkeiten von Fernerkundungsmethoden und GIS-Anwendungen integrieren. Die Zusatzmaterialien, die hier über Zahlen- und Buchstabencodes über die Homepage des Verlages abgerufen werden können, sind für das digitale Zeitalter doch sehr übersichtlich und teilweise noch spärlich integriert. Sehr gut umgesetzt wurde indes die Analyse der Hochwas-

sergefährdung mit verschiedenen Geoportalen in der Ausgabe der Jahrgangsstufe 7, was an dieser Stelle noch einmal positiv hervorgehoben werden kann.

Als Vergleich mit der TERRA-Reihe des Klett-Verlages wurde die „Diercke-Praxis“-Reihe des Westermann-Verlages für das Bundesland NRW ausgewählt. Der erste Band für die Jahrgangsstufe 5 dieser Schulbuchserie wurde bereits 2016 als Prüfaufgabe für Lehrkräfte bereitgestellt und wurde von LATZ herausgegeben. Auf den ersten Blick fällt die anders angelegte Konzeption der Doppelschulbuchseiten als Materialsammlung verschiedenster (Geo-)Medien auf. Dabei werden zu jeder Sequenz auf einer Doppelseite die Begriffsdefinitionen übersichtlich zusammengefasst und farblich gekennzeichnet. Gleich zu Beginn des Einstiegs in die Aufgaben des Faches Erdkunde bzw. Geographie wird die Orientierungsfunktion via GPS-Geräte thematisiert und zum Ende des ersten Kapitels erfolgt das Thema „Vom Satellitenbild zur Karte“ (LATZ 2016:16), das nicht nur inhaltlich, sondern auch methodisch als Übung integriert wurde. Dabei werden die Geobrowser Diercke Globus und GOOGLE EARTH eingebunden und die Entstehung – ausgehend von einem Satellitenbild – zu einer physischen und thematischen Karte am Beispielkontinent Australien dargestellt. Auf der nachfolgenden Seite wird eine Wiederholungsübung zu einem Luftbild der Stadt Münster neben einem stark vereinfachten Stadtplan der Innenstadt angeboten. Zudem bietet das Schulbuch auf zusätzlichen „Anwenden-und-Üben-Seiten“ zu jedem Kapitel ein Projekt am Schulstandort an, das zum Abschluss des ersten Kapitels den Bezug zum Schulstandort – auf lokaler Ebene – herstellt. Außerdem gibt es auf dieser Seite ein Satellitenspiel mit Satellitenbildern des Geobrowsers GOOGLE EARTH, das als spielerische und altersgerechter Herangehensweise in die Erdkundepraxis miteinbezogen werden kann. Bei diesen Übungen wird zudem der Unterschied zwischen Wegstrecke und Luftlinie erklärt.

In den folgenden Kapiteln fällt der Einsatz von vielen Schrägluftbildern im Rahmen der Materialsammlung zu verschiedenen Raumbespielen auf. Vereinzelt finden sich auch Satellitenbilder als Echtfarbenbilder. Im Unterschied zu der TERRA-Konzeption werden in der Diercke-Praxis-Reihe die Methoden im Anhang des Schulbuches separat als Übersicht aufgelistet. Bei der Durchsicht des Methodenanhangs fällt auf, dass die Luftbildbeschreibung hier unter die Methodik „Wie beschreibe ich ein Foto?“ (LATZ 2016:172) fällt und in drei bzw. vier Arbeitsschritten mit anschließender Interpretation unterteilt wurde. Zu dieser Methode werden Übungsmöglichkeiten zu den verschiedenen Kapiteln des Schulbuchs angegeben. Neben den klassischen Methoden, die auch in der TERRA-Reihe zu finden sind, wird hier die Methode der Internetrecherche aufgeführt. Über eine kurze Anleitung im Umgang mit Suchmaschinen

im Internet – auch unter Angabe von Kindersuchmaschinen – erfahren die Schüler hier das Wesentliche einer erfolgreichen Internetrecherche.

In einer weiterführenden Methodendarstellung wird die Verknüpfung geographisch relevanter Informationen aus den unterschiedlichsten Geomedien dargestellt, was auch durch die Konzeption der Doppelschulbuchseiten in Form einer Materialsammlung deutlich wird. Somit wird in diesem Schulbuch bereits im frühen Alter die Herangehensweise mit verschiedensten Geomedien und ihrer Verknüpfung geschult. Die letzte Schulbuchseite zeigt abschließend eine Satellitenaufnahme des Bundeslandes NRW „von oben“ in Echtfarben und einer Satellitenbildlegende zur Kennzeichnung von Flüssen, Bebauung sowie u.a. dem herausstechenden Tagebau. Insgesamt kann in dieser Ausgabe eine frühe und spielerische Herangehensweise mit dem Geomedium Satellitenbild – auch im Kontext von Geobrowsern – festgestellt werden.

Die Ausgabe „Diercke Praxis. Band 2. Erdkunde“ für die Jahrgangsstufe 7 an Gymnasien in NRW wurde im Jahr 2018 von LATZ herausgegeben und beim Öffnen des Buches fällt auf der ersten Seite direkt auf, dass eine Legende zum Umgang mit den verschiedenen Symbolen im Buch hinzugefügt wurde. Zudem erhalten die Schüler einen Hinweis zu den digitalen Diercke Weltatlas-Karten, die hier im Medienverbund angeboten werden. Möglicherweise schon an den Vorgaben des bald erscheinenden Medienkompetenzrahmen in NRW wird hier ein „M“ für Medienkompetenz ausgewiesen, in der es für die Schüler bei einer „M-markierten“ Aufgabe sinnvoll ist, mit digitalen Endgeräten wie Computer, Laptop oder Tablet zu arbeiten (LATZ 2018).

Bereits im ersten Teilkapitel zum Thema „Die Erde im Weltraum“ (LATZ 2018:14) finden wir auf den „Projekt-vor-Ort-Seiten“ eine mögliche Exkursion bzw. ein Geocaching am Schulstandort. Dazu erhalten die Schüler nicht nur alle wesentlichen Informationen zum Erstellen einer eigenen Geocaching-Tour, sondern erfahren auch im Überblick wie GPS-Geräte via GPS-Satelliten funktionieren und wie Geocaching¹² auch mit dem Smartphone möglich ist. Dazu werden auch noch zwei Internetlinks zu Geocaches angeboten. Passend zum Schulstandort des GSA mitten in der Stadt in Siegburg, sind auf dieser Doppelschulbuchseite noch die Geocaches am Michaelsberg aufgelistet, die für die Fachschaft Erdkunde am GSA sicherlich praktisch für die Umsetzung eigener Geocaching-Touren sind. Im nächsten Teilkapitel zu den Naturkräften wird auf den „Projekt-vor-Ort-Seiten“ die Möglichkeit angeboten, eine virtuelle Exkursion zu den Vulkanen der Erde vorzunehmen. Dabei wird wieder im Medienverbund der „Diercke Globus

¹² Geocaching: Orientierungsspiel, bei dem der eigene Standort per GPS-Koordinaten verortet wird und die zu ersuchenden GPS-Koordinaten bekannt sind und bei der letzten Koordinate ein Schatz (Geocache) versteckt ist (EHWERS 2014).

Online“ mit der Möglichkeit des kostenlosen Downloads angeboten. Bei der Erkundung einer virtuellen Exkursion auf bzw. an einem Vulkan werden zu erforschende Erkundungsfragen als Hilfestellung angegeben. Eine Übersicht über weitere virtuelle Exkursionen zu Vulkanen der Erde wird unter Angabe eines externen Internetlinks hingewiesen. Bei einer Wahlpflichtaufgabe, die ebenfalls im ersten Kapitel des Buches zu finden ist, wird die „Wetterwarn-App“ des Deutschen Wetterdienstes im Rahmen der Informationsbeschaffung via Internet erklärt. Noch im ersten Kapitel besonders hervorzuheben ist ein „Anwenden-und-Üben-Thema“ zur Erkundung des Planeten Mars, das auch ein Interview mit einem Planetengeologen am Institut für Planetenforschung des DLR in Berlin ergänzt. Das Thema *Terraforming* wurde hier – auch im weiteren Sinne als eine Aufgabe der Fernerkundung – in den Bezug zum Planeten Erde integriert.

Die darauffolgenden Kapitel sind dadurch gekennzeichnet, dass bei der Konzipierung jedes Themas in Form einer Materialsammlung verschiedene Schrägluftbilder sowie Echtfarbensatellitenbilder zu Raumbespielen eingefügt wurden und grundsätzlich bei den Aufgabenstellungen als Geomedien für die Informationsbeschaffung herangezogen werden müssen. Ähnlich wie in der TERRA-Reihe wurden auch in diesem Schulbuch verschiedene Echtfarbensatellitenbilder des Aralsees vor dem Hintergrund der Thematik Lebensräume zu schützen eingesetzt. Diese werden jedoch zur Informationsrecherche als Geomedien in die Aufgabenstellungen integriert, auch wenn dieses Thema als Wahlpflichtaufgabe gekennzeichnet wurde. Im Konzept dieser Schulbuchgestaltung werden auch in der Ausgabe für die Jahrgangsstufe 7 die Methoden wieder im Anhang im Überblick aufgelistet und erklärt. Dabei werden bereits bekannte Methoden der Jahrgangsstufe 5 im Sinne der Lernprogression differenzierter erläutert und zusätzliche Formulierungshilfen angegeben. Bei der Auswertung von „Fotos“ wird der zusätzliche vierte Arbeitsschritt der Interpretation als obligatorischer Arbeitsschritt angegeben und entsprechend markiert. Als neue Methode für die Jahrgangsstufe 7 kommt die Methode „Wie beschreibe und interpretiere ich Satellitenbilder“ (LATZ 2018:176) hinzu, die ebenfalls in einem „Viererschritt“ die einzelnen Stufen der Satellitenbildinterpretation vorsieht. Der Schüler wird gerade bei der Deutung des Satellitenbildinhaltes darauf hingewiesen, als zusätzliches Medium noch einen Atlas hinzuzuziehen. Auch hier nimmt das Schulbuch wieder Bezug zu den Möglichkeiten des Diercke Globus im Medienverbund und weist darüber hinaus noch auf die Verwendung von GOOGLE MAPS hin. Insgesamt werden vier Übungen zur Satellitenbildanalyse im Buch angegeben.

Im Vergleich zum TERRA-Schulbuch für die Jahrgangsstufe 7 wird auch noch das Präsentieren von Arbeitsergebnissen mithilfe von Computerprogrammen wie *PowerPoint* als Methode aufgelistet.

Auf der letzten Seite des Schulbuches werden die Landschaftszonen der Erde anhand einer aufbereiteten Satellitenaufnahme mit einigen Raumbespielen aus dem Schulbuch zu den einzelnen Landschaftszonen ergänzt. Diese Ausgabe für die Jahrgangsstufe 7 bietet insgesamt ein breites Spektrum an entsprechenden Geomedien mit praktischen Anwendungen.

Der darauffolgende Band 3 der „Diercke-Praxis-Reihe“ für die Jahrgangsstufe 9 wurde ebenfalls 2018 von LATZ herausgegeben und beginnt – wie auch schon im Band 2 – mit der Legende zur Symbolik der Aufgaben und Hinweise zum Medienverbund und zur Mediennutzung. Bereits im ersten Kapitel zum Thema „Länder der Welt – unterschiedliche Entwicklungen“ (LATZ 2018:8–52) wird auf den „Projekt-vor-Ort-Seiten“ die Erstellung von digitalen Karten mithilfe von GIS erläutert und angewendet. Dabei erfahren die Schüler nicht nur die wichtigsten Informationen zu GIS, sondern erhalten dazu auch in drei Teilschritten die Umsetzung von Diercke WebGIS, die als Software im Medienverbund des Schulbuches zu beziehen ist. Die folgenden Kapitel ergänzen bei einigen Themen wieder Schrägluftbilder zur Informationsrecherche, wobei diese – neben Satellitenbildern – tendenziell nicht mehr so zahlreich wie in Band 2 zu finden sind. Zum Thema „Der große Palmöl-Boom – essen wir die tropischen Regenwälder auf?“ (LATZ 2018:126) wird als zusätzliches Geomedium eine WebGIS-Karte ergänzt, auf der man den Kahlschlag auf Sumatra – farblich markiert – erkennen kann.

Die Methoden im Anhang sind durch eine deutliche inhaltliche wie auch methodische Differenzierung gekennzeichnet. Als neue Methode wird zu Beginn der Umgang mit WebGIS mit dem Prinzip der Layer erklärt sowie weitere Online-Kartendienste wie GOOGLE MAPS, HERE, Bing Maps oder OPENSTREETMAP angegeben. Die Nutzung des digitalen Globus Online oder des Diercke Atlas als App werden als mögliche Methoden der geographischen Informationsbeschaffung ergänzt bzw. vertieft. Als weitere geographische Informationsquelle wird GOOGLE EARTH mit der Nutzung verschiedener Werkzeuge wie beispielsweise den Zeitschieberegler oder das „Lineal“ in drei Arbeitsschritten erläutert. Ergänzend wird die Möglichkeit einer virtuellen Exkursion mithilfe von STREETVIEW vorgestellt. Die oben beschriebenen Methoden werden für die Lernenden sichtbar mit einem zusätzlichem „M“ für Medienkompetenz ausgewiesen. Als weitere neue Methode wird das kritische Hinterfragen für alle Geomedien ergänzt, dass auch auf die Manipulationsmöglichkeiten von Karten oder von „Fotoaufnahmen“ hinweist.

Im Sinne des wissenschaftspropädeutischen Arbeitens wurde im Anhang dieses Bandes ebenfalls das Verfassen von Quellenangaben deutlich gemacht. Das neue Geomedium „Erklärvideo“ hat ebenfalls eine Methodendarstellung erhalten, mit der die Schüler die Planung und Durchführung eines selbsterstellten Erklärvideos vornehmen können. Dazu werden auch Internetlinks zu Beispielveideos für die Geographie, wie „*thesimplegeography*“, angegeben. Anhand der Ergänzung dieser Methodenseiten fällt in dieser Schulbuchausgabe die Förderung der Medienkompetenz in den Fokus. Abschließend finden Lernende auf der letzten Seite des Schulbuches die „Erde von oben“ anhand einer zusammengesetzten Satellitenbilddarstellung in Echtfarben in Verknüpfung mit Raumbeispielen der Ausgabe zu verschiedenen Kontinenten sowie der Internationalen Raumstation ISS, die Alexander Gerst bei einem Außeneinsatz zeigt.

Für die Diercke-Praxis-Serie des Westermann-Verlags bleibt insgesamt festzuhalten, dass die Schulbücher inhaltlich und methodisch aufeinander abgestimmt die Geomedien Luft- und Satellitenbilder einsetzen. Besonders positiv fallen hier die „Projekt-vor-Ort-Seiten“ auf, die die konkrete Anwendung dieser Geomedien und darüber hinaus vorsehen. Auch wenn die Anwendungsmöglichkeiten von WebGIS erst in der Jahrgangsstufe 9 thematisiert und integriert werden, überzeugt das Schulbuch dieser Reihe für diese Jahrgangsstufe, da in der Klett-Ausgabe vergleichsweise weder eine Methodenwiederholung oder Methodenvertiefung für entsprechende Geomedien und -methoden vorgesehen ist.

In der folgenden Kurzübersicht in Tabellenform werden die methodischen, inhaltlichen und medialen Unterschiede der einzelnen Schulbücher noch einmal deutlich. Die Tabelle 3.1 visualisiert dabei die anzubahrenden Methodenkompetenzen der Schulbuchkonzeptionen in Anlehnung an den Kernlehrplan für das Fach Erdkunde (G8) in NRW.

Tabelle 3.1: Vergleich der Methodenkompetenzen der TERRA- und der Diercke-Praxis-Schulbuchreihen, eigener Entwurf.

Jahrgangsstufe	TERRA - Gymnasium NRW (Klett)	Diercke Praxis - Gymnasium NRW (Westermann)	Methodenkompetenz ¹³ - KLP Erdkunde (G8) NRW
5	Karten lesen	Wie beschreibe ich ein Foto?	M3 – M4
	Mit GOOGLE EARTH entdecken + Meinen Schulweg in GOOGLE EARTH zeichnen	Wie werte ich eine thematische Karte aus?	M1, M2, M4 – M2, M4
	Ein Luftbild auswerten		M4
			Kompetenzstufe I (KS I)
7	Ein Satellitenbild auswerten	Wie orientiere ich mich mit Atlas und Karte?	M1, M3, M4 – M1, M3
	Mit einem Geoportal die Hochwassergefährdung analysieren	Wie beschreibe und interpretiere ich eine thematische Karte?	M3, M4, M6 – M1, M3
	Eine thematische Karte auswerten	Wie beschreibe und interpretiere ich ein Foto?	M1, M3 – M3
	Mit GOOGLE EARTH messen und visualisieren	Wie beschreibe und interpretiere ich Satellitenbilder?	M4, M6 – M3, M4
9		Wie arbeite ich mit Atlas und Karten?	M1, M3
		Wie beschreibe und interpretiere ich thematische Karten?	M1, M3
		Wie nutze ich ein WebGIS?	M3, M4, M6
		Wie nutze ich einen digitalen Atlas?	M3, M4, M6
		Wie nutze ich einen digitalen Globus?	M3, M4, M6
		Wie nutze ich GOOGLE EARTH als geographische Informationsquelle?	M3, M4, M6
		Wie beschreibe und interpretiere ich Fotos?	M3
			KS II

¹³ Kernlehrplan (KLP) Erdkunde (G8) Gymnasium NRW (2007):

Jahrgangsstufen 5/6 –

M1 = „[...] nutzen Inhaltsverzeichnis, Register und Koordinaten im Atlas eigenständig zur Orientierung und topographischen Verflechtung,

M2 = beschreiben die unter einer eng gefassten Fragestellung auf Erkundungsgängen identifizierten geographisch relevanten Sachverhalte,

M3 = entnehmen aus Karten unter Benutzung der Legende und der Maßstabsleiste themenbezogenen Informationen,

M4 = gewinnen aus Bildern, Graphiken, Klimadiagrammen und Tabellen themenbezogenen Informationen, [...]“ (MSW NRW 2007:25).

Jahrgangsstufe 7/9 –

M1 = „[...] orientieren sich mit Hilfe von Karten und weiteren Hilfsmitteln unmittelbar vor Ort und mittelbar, [...],

M3 = beherrschen die Arbeitsschritte zur Informations- und Erkenntnisgewinnung mithilfe fachrelevanter Darstellungs- und Arbeitsmittel (Karte, Bild, Film, statistische Angaben, Graphiken und Text) zur Erschließung unterschiedlicher Sachzusammenhänge und zur Entwicklung und Beantwortung raumbezogener Fragestellungen,

M4 = wenden die Arbeitsschritte zur Erstellung von Kartenskizzen und Diagrammen auch unter Nutzung elektronischer Datenverarbeitungssysteme an, um geographische Informationen darzustellen, [...]

M6 = gewinnen Informationen aus Multimedia-Angeboten und aus internetbasierten Geoinformationsdiensten (WebGIS oder Geodaten-Viewer), [...]“ (MSW NRW 2007:28).

Um eine Übersicht der einzelnen Methoden zwischen beiden Lehrbuchreihen zu erstellen, wurde die Kartenlesekompetenz integriert, da das Geomedium Karte eine Grundlage für Fernerkundungsmethoden und GIS bildet, was dem Modell einer fernerkundungsdidaktischen Gesamtkonzeption nach SIEGMUND (2011) gerecht wird.

Mithilfe der tabellarischen Übersicht wird sehr gut deutlich, dass die TERRA-Schulbuchserie zwar bereits schon sehr früh mit dem Geobrowser GOOGLE EARTH in der Jahrgangsstufe 5 beginnt und darauf aufbauend in der Jahrgangsstufe 7 die Anwendungen und den Einsatz von Geoportalen integriert, jedoch werden in der Jahrgangsstufe 9 – kurz vor Erreichen der Kompetenzstufe II des Kernlehrplans in NRW – die Methoden, die dann in der Regel in der Jahrgangsstufe 7 das letzte Mal in diesem Schulfach behandelt wurden, nicht vertieft oder wiederholt. Mit dem Einsatz dieser Schulbuchreihe müsste die Lehrkraft weitere Unterrichtsmaterialien in ihren Erdkundeunterricht in der Jahrgangsstufe 9 integrieren, um eine Gewährleistung der vom Kerncurriculum in NRW geforderten Methodenkompetenzen garantieren zu können. Der gute Ansatz, diese wichtigen Geomedien bereits schon in den Unterricht der Jahrgangsstufe 5 zu integrieren, wird bis zur Jahrgangsstufe 9 nicht durchgängig eingehalten. Während in der Jahrgangsstufe 7 – der Lernprogression entsprechend – die Methodenkompetenzen um die Satellitenbildlesekompetenz erweitert und zu Geoportalen vertieft werden, erfolgt ein abrupter Abbruch dieser Kontinuität in der Schulbuchkonzeption der Jahrgangsstufe 9. Bei der Auswahl eines geeigneten Schulbuches ist der Aufbau der Methodenkompetenzen ein wichtiges Entscheidungskriterium, was auch bei der Diskussion in der Fachschaft Geographie am GSA thematisiert wurde.

Der Aufbau der Methodenkompetenzen in der Diercke-Praxis-Schulbuchreihe erfolgt dagegen im Sinne einer Lernprogression kontinuierlich. Auch wenn in der Jahrgangsstufe 5 vergleichsweise behutsam der Einstieg lediglich über die Grundlagenkompetenzen der Geomedien Karte und Foto erfolgt, werden in den Lehrwerken der Jahrgangsstufe 7 und 9 die Geomedien Satellitenbild, Foto, Geoportale und WebGIS im steigenden Schwierigkeitsgrad integriert bzw. vertieft. Lediglich die Formulierung des Geomediums „Foto“ könnte durchaus differenzierter benannt werden. Die Konzeption dieser Schulbuchserie wird dem methodischen Aufbau der einzelnen Kompetenzstufen und Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans in NRW in den Grundlagen gerecht, auch wenn zu den verschiedenen Kapiteln grundsätzlich mehr Übungen zu den Methoden integriert werden könnten. Unter Berücksichtigung des Stufenmodells der Komplexität des Mediums Satellitenbild nach SIEGMUND (2011) bleibt bei beiden Lehrwerken jedoch die Integration von Falschfarbensatellitenbildern in der Gesamtkonzeption außen vor.

In der folgenden Übersicht in Form einer Tabelle (s. Tab. 3.2) wird die Schrittfolge für den Einsatz der Geomedien Satellitenbild und Luftbild der beiden Schulbuchreihen miteinander verglichen, um nachvollziehen zu können, ob die fernerkundungsdidaktischen Grundlagen berücksichtigt wurden.

Die grundlegende Schrittfolge für den Einsatz von Satellitenbildern nach DITTER (2016:184) erfolgt dabei in vier Arbeitsschritten:

- **„Einordnung des Satellitenbildes (Wo?):**
 - Verortung des Satellitenbildes
 - Bestimmung der Größenverhältnisse und des Maßstabs (Wie groß?)
 - Bestimmung des Aufnahmezeitpunktes (Jahr, Jahreszeit, ggf. Tageszeit)
 - Feststellen der Himmelsrichtung
- **Satellitenbild gliedern**
 - Grobgliederung des Bildes in Gebiete gleicher Bedeckung (z. B.: Wald, Wiese, Siedlung, ...)
 - Kartenskizze erstellen
- **Bildinhalt beschreiben („Was?“)**

Identifikation einzelner Bildelemente:

 - Unterscheidung der Bildelemente nach deren Form (Punkt, Linie oder Fläche), Farbe Helligkeit, Struktur, Größe, Schattierung (z. B. Wolken)
 - Verteilung der Bildelemente beschreiben
 - Auffälligkeiten beschreiben
 - Kartenskizze beschriften (ggf. mit Legende)
- **Auswertung (Warum?)**
 - Interpretation der Bildinhalte (Erkennen und Deuten möglicher Zusammenhänge)
 - Satellitenbild mit Karte (aus Atlas) vergleichen
 - Einbinden von Zusatzmaterialien (z. B.: Fotos, Schulbuch, Internet, Kartenviewer Google Earth, Google Maps, Bing Maps, ...)
 - Herausfinden was das Bild nicht zeigt“.

Tabelle 3.2: Vergleich der grundlegenden Schrittfolge für den Einsatz von Satellitenbildern und Luftbildern bzw. „Fotos“ im weiteren Sinne (Vergleich TERRA- und Diercke-Praxis-Schulbuchreihen), eigener Entwurf.

Geo-medium	TERRA – Gymnasium NRW (Klett)	Diercke Praxis – Gymnasium NRW (Westermann)	Jahrgangsstufe
Luftbild	1. Bildart feststellen		5
	2. Bild verorten		
	3. Bildinhalt beschreiben		
	4. Bildinhalt deuten		
	5. Ergebnis darstellen		
„Foto“		1. Was? Wo? Wann?	5
		2. Welche Einzelheiten kannst du erkennen?	
		3. Was ist die Aussage des Bildes?	
		(4. Wie kann man das Dargestellte erklären?) – fakultativ	
Satellitenbild	1. Bildverortung	1. Was? Wo? Wann?	7
	2. Strukturen erkennen	2. Welche Einzelheiten kannst du erkennen?	
	3. Bildinhalte darstellen	3. Was ist die Aussage des Bildes?	
	4. Deutung des Bildinhaltes	4. Wie kann man das Dargestellte erklären?	
„Foto“		1. Was? Wo? Wann?	7
		2. Welche Einzelheiten kannst du erkennen?	
		3. Was ist die Aussage des Bildes?	
		4. Wie kann man das Dargestellte erklären, welche Folgen könnten sich ergeben?	

An der Schrittfolge nach DITTER (2016) kann sich im weiteren Sinne auch der Einsatz von Luftbildern orientieren, wobei der Aufnahmewinkel zu berücksichtigen ist, da er ein Schrägluftbild von einem Senkrechtluftbild unterscheidet (WIECZOREK 1999, RINSCHEDI & SIEGMUND 2020). Beim Einsatz von Luftbildern gilt es dabei zu beachten, dass immer der Vergleich der Aufnahme mit thematischen Karten im Atlas in der Unterrichtspraxis vorgenommen werden soll (RINSCHEDI & SIEGMUND 2020).

Bei den Methodenschritten der TERRA-Serie wurden die oben genannte Schrittfolge bei Luftbildern um das entsprechende Zusatzelement des Aufnahmewinkels ergänzt (s. Tab. 3.2). Ähnlich – nur in Fragen formuliert – wird auch die Schrittfolge zum Einsatz von Luftbildern im

weiteren Sinne bei der Diercke-Praxis-Serie eingehalten. Anzumerken bei der Diercke-Praxis-Konzeption ist die breit gefasste Formulierung des Geomediums „Foto“, das für unterschiedliche Bildarten und Medienträger gelten kann. Der Arbeitsschritt der Auswertung wird im Sinne der Lernprogression erst in der Jahrgangsstufe 7 als obligatorischer Arbeitsschritt ergänzt und in der Jahrgangsstufe 9 um die Fragestellung der möglichen Folgen im Sinne des Stufenmodells von SIEGMUND (2011) vervollständigt.

Die grundlegende Schrittfolge für den Einsatz von Satellitenbildern im Unterricht nach DITTER (2016) erfolgt indessen in beiden Schulbuchserien in der Jahrgangsstufe 7. Während sich das TERRA-Format an der Benennung der einzelnen Schritte orientiert, wird in der Diercke-Praxis-Konzeption eine nachfolgende „W-Fragen“-Folge vorgenommen, an der sich die Schüler orientieren können.

Anhand der nachfolgenden Tabelle 3.3 wird der Vergleich deutlich, inwiefern die Schulbücher auch eine inhaltliche Thematisierung von Fernerkundungsdaten einbinden, die unter Berücksichtigung des fernerkundungsdidaktischen Gesamtkonzeptes nach SIEGMUND (2011) auch die Funktionsweise der Satelliten sowie die technischen Bildeigenschaften vorsehen.

Tabelle 3.3: Vergleich der Schulbuchreihen unter Berücksichtigung der fernerkundungsdidaktischen Gesamtkonzeption nach SIEGMUND (2011), eigener Entwurf.

Jahrgangsstufe	TERRA – Gymnasium NRW (Klett)	Diercke Praxis – Gymnasium NRW (Westermann)	Inhaltliche Thematisierung	Übungsaufgabe
5	Planet Erde	Geographen erforschen die Welt – früher und heute	„Internationale Raumstation ISS“, Satellitenbilder Orientierung mit GPS, Aufgabe von Satelliten	Geographische Informationsquellen
	So passt die Stadt auf eine Seite	Vom Satellitenbild zur Karte	Vom Luftbild zur Karte, Senkrecht- vs. Schrägluftbild Vom Satellitenbild zur Karte	Vergleich Luftbilder von Münster (mit topographischer Karte) Vergleich Satellitenbild (Echtfarbenbild) mit thematischer Karte, Verortung mit Diercke Globus oder GOOGLE EARTH
	Sich orientieren im Gelände	Projekt vor Ort: Wie verläuft mein neuer Schulweg?	Sich orientieren mit GPS Unterschied Luftlinie und Wegstrecke	Satellitenbildspiel, Satellitenbilder einer Karte zuordnen
	Sich orientieren auf der Erde		Begriff „Geocaching“	

Jahrgangsstufe	TERRA – Gymnasium NRW (Klett)	Diercke Praxis – Gymnasium NRW (Westermann)	Inhaltliche Thematisierung	Übungsaufgabe
7	Kupfer aus der Wüste	Projekt vor Ort: Eine Exkursion von Ort - Geocaching	Begriff „Geocaching“, Erstellung einer Geocaching-Tour, Funktion von GPS-Geräten	Erstellung eines Polygons von der Fläche der Kupfermine mit GOOGLE EARTH + Flächenvergleich Erstellung und Durchführung einer Geocaching-Tour
	Ein Fischerdorf wird Millionenstadt	Projekt vor Ort: Eine Exkursion zu den Vulkanen der Erde - virtuell	Funktion und Anwendung des Diercke Globus Online, Virtuelle Exkursionen	Vergleich zweier Echtfarbensatellitenbilder von Dubai, Messung der Entfernung mit GOOGLE EARTH Virtuelle Exkursionen zu Vulkanen
	Früher Äpfel – heute Apple	Riesenwelle mit katastrophalen Folgen – Tsunami in Japan	Erklärung des japanischen Tsunami-Frühwarnsystems (mit Satelliten)	Vergleich Schwarzweißsatellitenbild mit Echtfarbensatellitenbild, Standortmarkierung mit GOOGLE EARTH Erklärung der Funktion von Tsunami-Frühwarnsystemen
		Wahlthema: Wie konnte der Aralsee zur Wüste werden?		Vergleich der Echtfarbensatellitenbilder des Aralsees über den Zeitschieberegler bei GOOGLE EARTH
9	Wachsen und Schrumpfen von Städten	Projekt vor Ort: Selbst digitale Karten erstellen – mit GIS	Begriffserläuterung „GIS“ und Software-Funktionen, Anleitung zu Diercke WebGIS	Vorher-Nachher-Vergleich von jeweils zwei Echtfarbensatellitenbildern Erstellung einer Karte zum Entwicklungsstand der Erde mit Diercke WebGIS
	Wohin entwickelt sich Detroit?	Der große Palmöl-Boom – essen wir die Regenwälder auf?		Echtfarbensatellitenbild und Schrägansicht (über GOOGLE EARTH) der Downtown in Detroit als Geomedium in Aufgabe eingebunden WebGIS-Karte zum Kahlschlag auf Sumatra in Materialsammlung mit eingebunden
	TERRA Training: Frage 6			Auswertung eines Senkrechtluftbildes von Münster

Durch die Übersicht wird deutlich, dass die TERRA-Reihe durch ihr methodisches Gesamtkonzept in der Jahrgangsstufe 9 – bis auf vereinzelt eingefügte Anwendungsaufgaben – eine inhaltliche Thematisierung zur Funktion von Satelliten nicht integriert, was indessen in der Jahrgangsstufe 5 noch am Beispiel der ISS oder GPS-Satelliten altersgerecht vorgenommen wird. Auch bei der Unterscheidung nach technischen Bildeigenschaften, insbesondere nach der Farbwahl (BREITBACH 1990, ALBERTZ 2009), wird durchgängig in allen Jahrgangsstufen eine genaue Klassifikation nicht vorgenommen.

Die Diercke-Praxis-Konzeption thematisiert hingegen durchgängig den Einsatz von Satellitenbildern für geographisch relevante Fragestellungen in einem Stufenkonzept mit der Integration von Geoviewern als Zusatzmaterialien, die insbesondere in der Jahrgangsstufe 9 eine besondere inhaltliche Bedeutung erfahren.

Der Einsatz von GIS wird in beiden Schulbuchausgaben integriert, auch wenn die didaktische Einbindung sehr unterschiedlich ausfällt, da die TERRA-Reihe dabei ihren Schwerpunkt auf die Jahrgangsstufe 7 legt, während dieser bei der Diercke-Praxis-Ausgabe in der Jahrgangsstufe 9 liegt.

Bei der Analyse der beiden klassischen Standardwerke für das Fach Erdkunde in NRW kann vor dem Hintergrund eines fernerkundungsdidaktischen Gesamtkonzeptes nach SIEGMUND (2011) und der Kompetenzerwartungen des Kerncurriculums in NRW bilanziert werden, dass die geforderten Methodenkompetenzen mit den Geomedien Luftbild, Satellitenbild und GIS in beiden Schulbüchern integriert wurden. Allerdings wurde eine Kontinuität der Methodenintegration lediglich in der Diercke-Praxis-Serie erreicht, da gerade die Jahrgangsstufe 9 der TERRA-Reihe ohne eine Wiederholung oder Vertiefung entsprechender Methoden konzipiert wurde. Beide Verlage halten sich allerdings an die grundlegende Schrittfolge für den Einsatz von Satellitenbildern von DITTER (2016), die in beiden Konzeptionen in der Jahrgangsstufe 7 integriert wurde.

Der Vergleich der beiden Schulbücher zeigt aber auch wieder deutlich, dass Satellitenbilder noch nicht den Stellenwert eines Leitmediums im Erdkundeunterricht erreicht haben, der ihnen zu Beginn der 80er Jahre prognostiziert wurde (FUCHSGRUBER et al. 2017, RINSCHÉDE & SIEGMUND 2020), da in beiden Serien zwar der Einsatz von Echtfarbensatellitenbildern, insbesondere zur Verortung eines Raumbeispiels in einer Geomedienammlung, integriert wurde, jedoch nur punktuell bis kaum die Funktion der Satelliten, noch die technischen Eigenschaften von Falschfarbenbildern erläutert werden. Grundsätzlich fehlt in beiden Schulbuch-Serien der Einsatz von Falschfarbensatellitenbildern und ihre inhaltliche Thematisierung. Gerade in der

TERRA-Serie wird eine inhaltliche Thematisierung entsprechender Grundlagen nur ansatzweise vorgenommen, während die Diercke-Praxis-Serie durch die Integration von „Projekt-vor-Ort-Seiten“ Inhalt mit Anwendung kombiniert. Fakt ist jedoch auch, dass beide Schulbücher den Begriff „Fernerkundung“ nicht integrieren, was ein nicht unwesentlicher Aspekt bei der Untersuchung des Stellenwertes der entsprechenden Geomedien in der Schulgeographie ist. Zudem werden Fernerkundungsmethoden in ihrer Begrifflichkeit und Anwendung nicht berücksichtigt. Grundsätzlich positiv ist dagegen der Einsatz von GIS bei beiden Schulbuchverlagen zu nennen, auch wenn die TERRA-Reihe – wie bereits erwähnt – die Jahrgangsstufe 9 dabei unzureichend berücksichtigt. Insgesamt spiegelt sich in beiden Schulbuchreihen der vergleichsweise unterrepräsentierte Stellenwert der Fernerkundung mit ihren Geomedium Satellitenbild in der Schulgeographie wider. Durch den fast ausschließlichen Einsatz von Echtfarbent Bildern von GOOGLE EARTH und Co. wird das große Spektrum an Informationen, die beispielsweise ein multispektrales Satellitenbild liefern kann, nicht genutzt (ALBERTZ 2009, WOLF et al. 2015, FUCHSGRUBER et al. 2017). Dabei spielen auch die Formulierungen der Bildungsstandards für das Fach Geographie und des Kerncurriculums für das Fach Erdkunde in NRW eine entscheidende Rolle, da – wie in den vorherigen Teilkapiteln bereits erläutert – der explizite Einsatz entsprechender Geomedien hervorgehoben werden sollte, damit die Schulbuchgestaltung explizite Vorgaben erfährt.

3.7 Fernerkundung in der Lehrerbildung in NRW

Aufbauend auf den Formulierungen zu den Bildungsstandards im Fach Geographie und den daran angelehnten Curricula gibt es für die Lehrerbildung in Deutschland ebenfalls Rahmenvorgaben für die Lehrerinnen- und Lehrerbildung¹⁴ im Fach Geographie an deutschen Hochschulen, die in Anlehnung an die Vorgaben für inhaltlichen Anforderungen für die Lehrkraftausbildung durch die KMK (2008) bundesweit formuliert und im Mai 2019 modifiziert wurden. Diese Rahmenvorgaben für die Lehrerbildung werden im Folgenden auf die explizite Formulierung zu Inhalten der Fernerkundung mit ihren Geomedien untersucht und anhand der Ausbildung von Lehrkräften an der Universität Bonn sowie der RUB für das Lehramtsstudium Geographie überprüft. Aufgrund der universitären Kooperationsvereinbarungen mit dem GSA im Rahmen der Einführung des neuen MINT-Differenzierungsfaches „Geographie-Physik“ wurden diese beiden Hochschulen als zu untersuchende Raumbeispiele gewählt.

¹⁴ Im Folgenden werden – um den Lesefluss nicht zu behindern – mit dem Begriff „Lehrerbildung“ sowohl Lehrerinnen als auch Lehrer benannt.

Durch den sogenannten Quedlinburger Beschluss der KMK im Juni 2005, der die „[...] Eckpunkte für die gegenseitige Aberkennung von Bachelor- und Masterabschlüssen in Studiengängen, mit denen die Bildungsvoraussetzungen für ein Lehramt vermittelt werden [...]“ (KMK 2019:2) festlegt, wurden im Dezember 2008 die inhaltlichen Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktik in der Lehrerbildung weiterentwickelt. Das übergeordnete Ziel ist die Sicherung der Mobilität und Durchlässigkeit im deutschen Hochschulsystem für Lehramtsstudiengänge in den verschiedenen Bundesländern. Dafür entwickelte die KMK Vorgaben in Form von Fachprofilen, die einen Rahmen der inhaltlichen Anforderungen für das jeweilige Fachstudium festlegen. Die Entwicklung der Fachprofile wurde in Zusammenarbeit mit Fachwissenschaftlern und Fachdidaktikern sowie von Fachgesellschaften und Lehrerorganisationen entwickelt. Dieser Beschluss der KMK, der 2016 durch die – in den vorherigen Teilkapiteln bereits erläuterten – Strategie der „Bildung in der digitalen Welt“ erweitert wurde, bezieht sich wieder auf den Kompetenzbegriff, der hier in fach- und fachrichtungsbezogenen Phasen der Lehrerbildung aufgebaut und vertieft werden soll (KMK 2019).

Dabei bildet das Studium die Grundlage, während der Vorbereitungsdienst die Schulpraxis mit einbindet. Die für alle Lehrkräfte fortwährend bestehende dritte Phase schließt Fort- und Weiterbildung bereits erworbener Kompetenzen mit ein (KMK 2019).

Das fachspezifische Kompetenzprofil für das Fach Geographie sieht hierbei – generalisiert – für Studienabsolventen folgende Anforderungen vor (KMK 2019:29 f.):

„Studienabsolventinnen und -absolventen

- [...],
- *kennen Ansätze, Kategorien und Vorgehensweisen geographischer Erkenntnisgewinnung sowie geographische Arbeitsmethoden und können selbstständig theoriegeleitet geographische Erkenntnisse gewinnen, aufbereiten und fachlich einschlägig verbalisieren und präsentieren,*
- [...],
- *[...] Sie sind sensibilisiert für die Chancen digitaler Lernmedien hinsichtlich Barrierefreiheit und nutzen digitale Medien auch zur Differenzierung und individuellen Förderung im Unterricht“.*

An diesen Formulierungen kann die Integration von Fernerkundungsmethoden und GIS-Anwendungen in Verbindung mit den entsprechenden digitalen Geomedien deutlich werden. Doch in dem Absatz zu den Methoden der vorgegebenen Studieninhalte nimmt die KMK konkret zu den entsprechenden Geomedien und ihren Methoden Bezug (KMK 2019:31 f.):

- „[...] *Geoinformations- und Kommunikationstechnologie (Geo-IKT), z. B. digitale Globen, Geoweb, GPS, Fernerkundung, GIS [...]*“.

Durch die konkrete Formulierung zu den Erwartungen der Studieninhalte für das Fach Geographie wird in Anlehnung an die oben genannten Phasen des Kompetenzbegriffs der KMK deutlich, dass der Einsatz von Fernerkundungsmethoden sowie GIS-Anwendungen im Geographieunterricht nicht nur für die Lehrerausbildung ab der Sek. I obligatorisch, sondern auch durch Fort- und Weiterbildung in die Schulpraxis mit eingebunden werden muss.

Aufbauend auf diesem bundesweit einheitlichen Grundlagenpapier der KMK (2008), an dem Helmut Köck und Johann-Bernhard Haversath mit der DGfG und dem Hochschulverband für Geographie und ihre Didaktik (HGD) mitgewirkt haben, konkretisieren die „Rahmenvorgaben für die Lehrerbildung im Fach Geographie an deutschen Universitäten und Hochschulen“ der DGfG (2010) die einzelnen Vorgaben und Inhalte, um die Qualitätssicherung für das Schulfach Geographie garantieren zu können.

Auch in diesen Vorgaben für die Lehrerausbildung in der Sek. I und der Sek. II wird in Anlehnung an die Bildungsstandards der Kompetenzbegriff wieder aufgenommen und die raumbezogene Handlungskompetenz als Alleinstellungsmerkmal der Geographie gekennzeichnet. Die Aufgaben und Ziele eines zukunftsorientierten Geographieunterrichts, die mit ihren Zielsetzungen im Konsens mit der UN-Dekade „Bildung für Nachhaltige Entwicklung“ sowie den Grundlagenwerken der Geographie (Grundlehrplan, Bildungsstandards, etc.) stehen, lauten für das Schulfach Geographie, dass „[...] neben traditionellen Medien auch neue Informations- und Kommunikationstechnologien eingesetzt [...]“ (DGfG 2010:6) werden.

Im Hinblick auf die fachlichen Studieninhalte des Lehramtsstudiums im Fach Geographie an deutschen Universitäten und Hochschulen werden dabei die in Abbildung 3.4 dargestellten Teilbereiche der Geographie unterschieden, die bereits durch die KMK (2008:17) formuliert wurden:

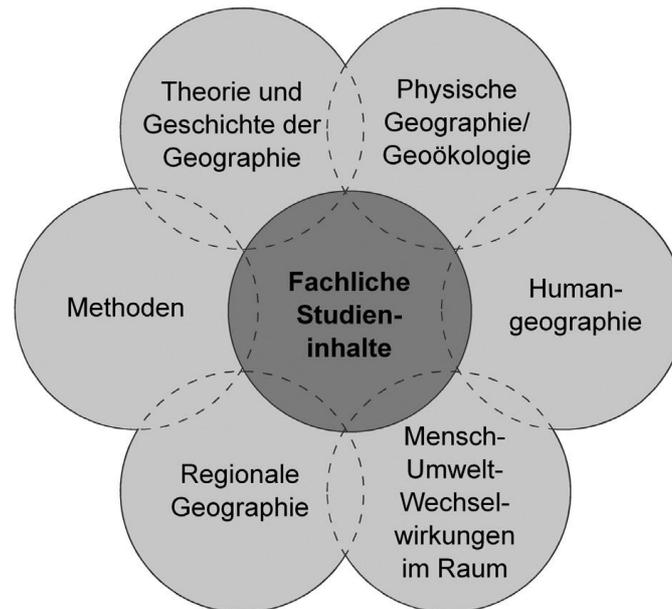


Abbildung 3.4: *Fachliche Studieninhalte des Lehramtsstudiums im Fach Geographie an deutschen Universitäten und Hochschulen in Anlehnung an die KMK (2008:17), DGfG (2010:10).*

Im Teilbereich der Methoden wird unter Bezugnahme des Beschlusses der KMK im Jahr 2008 die im Vorfeld bereits dargestellte Informationsverarbeitung und -auswertung mit Fernerkundung und GIS hier erneut explizit genannt.

Auch wenn in den nächsten Jahren – auch vor dem Hintergrund der KMK-Strategie „Bildung in der digitalen Welt“ (2016) – diese Rahmenvorgaben sicherlich noch ergänzt werden, kann für die bundesweite Lehrerbildung aktuell festgehalten werden, dass die Methoden der Fernerkundung und die Anwendungen mit GIS als klar vorgegebene Inhalte erlernt und in zukunftsorientierten Geographieunterricht integriert werden müssen. Zudem verweisen die Grundlagenpapiere auf die ständige Fort- und Weiterbildung bereits ausgebildeter Lehrkräfte, sodass davon ausgegangen werden sollte, dass alle Lehrkräfte für das Schulfach Geographie bundesweit diese Methoden und Medien – mit verschiedenen Schwerpunktsetzungen des jeweiligen Landescurriculums – in ihrem Unterricht einsetzen.

Mithilfe der Studienordnungen der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn und der RUB für das Lehramtsstudium der Sek. I und II im Fach Geographie soll im nächsten Schritt überprüft werden, inwiefern sich die oben erläuterten Rahmenvorgaben für NRW wiederfinden. Diese beiden „Beispieluniversitäten“ wurden gewählt, da sie auch im Kontext der Fragestellungen dieser Arbeit in Zusammenhang mit ihren jeweiligen universitären Projekten zur Integration von Fernerkundung in den Schulunterricht integriert werden.

An der Universität Bonn kann der „Bachelor Lehramt Geographie“ absolviert werden, der in Anlehnung an den in Abbildung 3.5 dargestellten Studienverlauf im dritten und vierten Semester das Pflichtmodul „Geomatik“ vorsieht, was auch entsprechend in der Prüfungsordnung vom 11. September 2017 verankert ist.

Empfohlener Studienverlauf Bachelor Lehramt Geographie

Prüfungen in der vorlesungsfreien Zeit (z.B. Hausarbeiten, Klausuren,...) sind nicht vermerkt.
 Ausführliche Beschreibungen der Module siehe Prüfungsordnung und Modulhandbuch.

1. Semester	B0 - Einführung in die Geographie (6 LP)	B1 – Physische Geographie Basis (8 LP)	B3 – Humangeographie Basis (8 LP)	
Vorlesungsfreie Zeit				
2. Semester		B2 - Physische Geographie Aufbau (12 LP)	B4 – Humangeographie Aufbau (12 LP)	
Vorlesungsfreie Zeit		Geländepraktikum (GP)*		
3. Semester	B7 – Geomatik (10 LP)	*5-tägig während oder nach dem Semester		
Vorlesungsfreie Zeit				
4. Semester		B10 – Lernen vor Ort (Exkursion) 7-tägig in der nach der Vorlesungszeit (7 LP)	Wahlpflichtbereich I Ein Modul wählen (6 LP)	
Vorlesungsfreie Zeit				
5. Semester				
Vorlesungsfreie Zeit				
6. Semester	B20MLA – Grundlagen der Fachdidaktik (3 LP)			Bachelorarbeit (12 LP)

Stand: PO 2017

■ Pflichtmodule
 ■ Wahlpflichtmodule
 ■ Fachdidaktik (FD)
 ■ zusätzliche Teilnahmevoraussetzungen

Abbildung 3.5: Empfohlener Studienverlaufsplan im Bachelor Geographie Lehramt an der RHEINISCHEN FRIEDRICH-WILHELMS-UNIVERSITÄT BONN (2017).

In der Beschreibung des Pflichtmoduls Geomatik des dazu vom GEOGRAPHISCHEN INSTITUT DER UNIVERSITÄT BONN (2018) veröffentlichtem Modulhandbuch wird ersichtlich, dass die Grundlagen der Fernerkundung und der GIS – aufbauend auf einem Semester zu den Grundlagen der Kartographie – konkret in einer Vorlesung vermittelt und in praktischen Anwendungen erarbeitet werden. Für dieses Pflichtmodul werden jeweils zwei Semesterwochenstunden vorgesehen, wobei die Teilnahme zu begleitenden Tutorien hier dringend empfohlen wird, um die Klausur am Ende des zweiten Vorlesungsteils zum Thema Fernerkundung und GIS erfolgreich abzuschließen.

B7 Geomatik				
Modul: Geomatik				
Modulnummer Geo B7	Workload 300 h	Umfang 10 LP	Dauer Modul 2 Semester	Turnus jährlich
Modulbeauftragter	Prof. Dr. K. Greve			
Anbietende Lehrereinheit(en)	Geographie, DozentInnen des Bereichs Geomatik			
Verwendbarkeit des Moduls	Studiengang		Modus	Studiensemester
	B.Sc. Geographie Bachelor Geographie Lehramt		Pflicht	3 und 4
Lernziele	<ul style="list-style-type: none"> • Kenntnisse über verschiedene Geodatenmodelle (Vektor und Raster) • Kenntnisse über kartographische Grundlagen und in der Gestaltung von thematischen Karten • Einsicht in den Aufbau und die Funktionsweise von Geographischen Informationssystemen (GIS) • Kenntnisse in die physikalischen Grundlagen der Fernerkundung (FE) • Kenntnisse in der visuellen Bildinterpretation und in der Aufbereitung von digitalen Satellitendaten • Kenntnisse in der inhaltlichen Auswertung von FE-daten (z.B. Bildklassifikation, Veränderungsdetektion, Zeitreihenanalyse) 			
Schlüssel- Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> • Kompetenz zur Visualisierung räumlicher Sachverhalte • Allgemeine Methodenkompetenz in GIS und FE • Fähigkeiten der Kartennutzung und zur Erstellung von thematischen Karten • Fähigkeit zur Anwendung von GIS Systemen • Fähigkeit zur begründeten Auswahl von Satellitendaten zur Analyse aktueller Umweltfragen • Fähigkeit zur Beschaffung, Vorverarbeitung und Prozessierung von verschiedenen Satellitensystemen • Fähigkeit zu abstraktem und strukturiertem Denkvermögen 			
Inhalte	<p>Methodische und theoretische Grundlagen der Kartographie, GIS und Fernerkundung sowie Zusammenhänge zwischen diesen Teildisziplinen.</p> <p>Schwerpunkte im Teilbereich Kartographie:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kartographische Grundlagen • Arbeiten mit topographischen und Erstellung von thematischen Karten <p>Schwerpunkte im Teilbereich GIS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aufbau und Funktionsweise von GIS Systemen • Räumliche Analyse und Informationsmodellierung mit GIS • GIS und Internet / Multimedia <p>Schwerpunkte im Teilbereich Fernerkundung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Theoretische und physikalische Grundlagen der FE • Aufnahmesysteme: Sensoren, Plattformen, Bildformate • Aufbereitung und inhaltliche Auswertung von Satellitendaten • Fallbeispiele für geographische Anwendungen (z.B. Landnutzungsänderungen, Städtewachstum, Landdegradation, Gletscherschmelze) 			
Teilnahme- voraussetzungen	keine			
Veranstaltungen	Lehrform, Thema (Gruppengröße)		SWS	Workload [h]
	Vorlesung (200) (Dauer: zwei Semester à 2 SWS im WS 1. Teil: Kartographie im SS 2. Teil: Fernerkundung und GIS)		2 2	150 150
Prüfung(en)	Prüfungsform(en)		benotet/unbenotet	
Studienleistungen u.a. als Zulassungsvoraussetzung zur Modulprüfung	Klausur		benotet	
	keine		unbenotet	
Sonstiges	Zu beiden Vorlesungsteilen werden Tutorien angeboten, deren Besuch dringend empfohlen wird. Prüfungsleistung wird als eKlausur am Ende des 4. Fachsemesters abgeprüft.			

Abbildung 3.6: Beschreibung des Pflichtmoduls Geomatik im Rahmen des "Bachelor Lehramt Geographie" im Modulhandbuch (GEOGRAPHISCHES INSTITUT DER UNIVERSITÄT BONN 2018).

Die Inhalte sowie Schlüsselkompetenzen des Moduls Geomatik (s. Abb. 3.6) beinhalten alle grundlegenden Voraussetzungen, um Fernerkundungsmethoden sowie eine GIS-Analyse zu geographisch relevanten Fragestellungen anwenden bzw. vornehmen zu können. Darüber hinaus fällt bei der Durchsicht des Modulhandbuches auf, dass bei den Modulen zur Physischen Geographie und der Humangeographie Methoden der angewandten Fernerkundung sowie der GIS-Analyse integriert werden. Somit werden auf dieser schriftlichen Grundlage bereits im Bachelorstudiengang „Lehramt Geographie“ an der Universität Bonn die grundlegenden Voraussetzungen für zukunftsorientierten Geographieunterricht nach den Rahmenvorgaben der KMK (2019) und der DGfG (2010) in der Lehrerausbildung geschaffen.

Im folgenden Studienverlaufsplan des Studiengangs „Bachelor of Arts in Geography“ für das Lehramt an Gymnasien und Gesamtschulen an der RUB (s. Abb. 3.7), der sich auf die aktuellste Prüfungsordnung vom 03. November 2016 bezieht, wird deutlich, dass – ebenfalls im dritten und vierten Semester – die Module „Geomatik“ sowie „Statistik und GIS“ integriert wurden, wobei hier noch das inhaltliche Zusatzelement Statistik in Kombination mit GIS hinzugefügt wird.

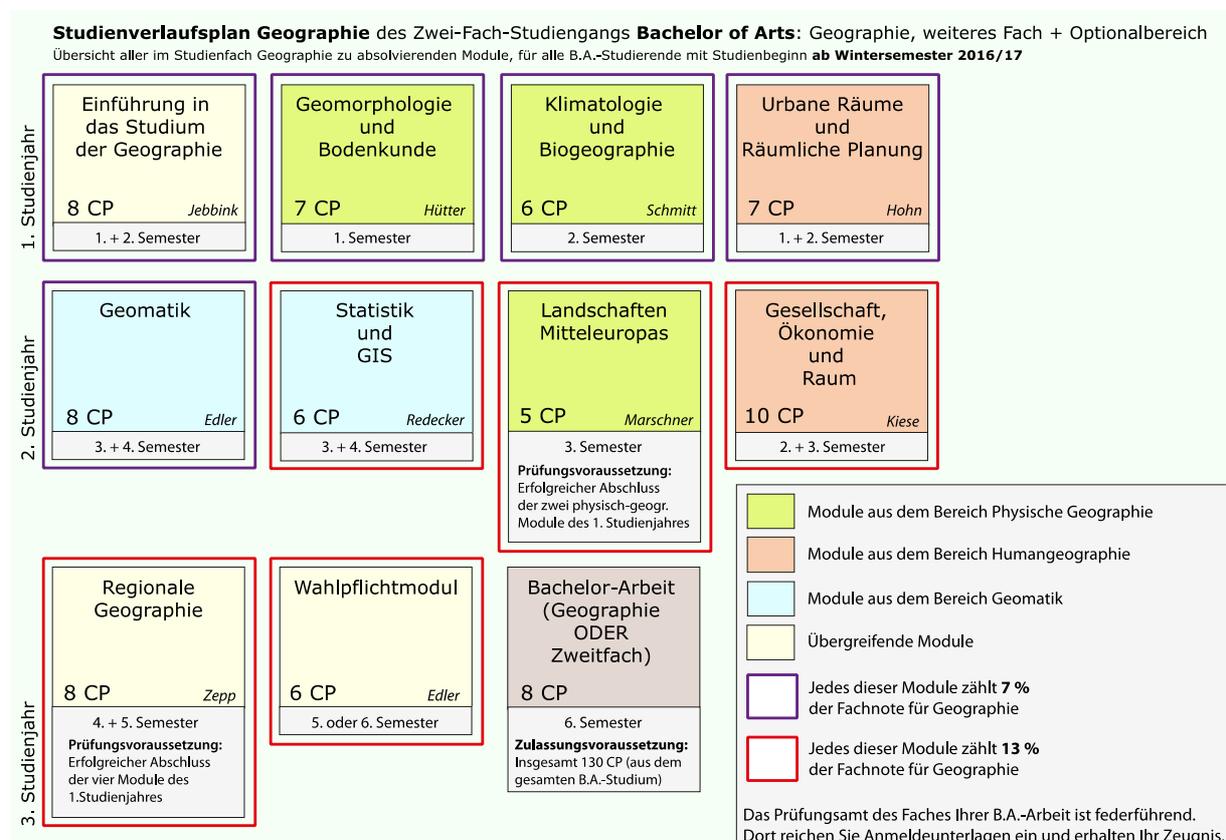


Abbildung 3.7: Studienverlaufsplan für den Zwei-Fach-Studiengang „Bachelor of Arts in Geography“ an der Ruhr-Universität Bochum ab dem Wintersemester 2016/17 (GEOGRAPHISCHES INSTITUT DER RUB 2020).

Leider wird anhand dieses Studienverlaufsplans, das auch als Modulhandbuch im Internet aufgeführt wird, die Anzahl der Semesterwochenstunden für diese Module nicht ersichtlich. Bei der Durchsicht des Vorlesungsverzeichnisses aus dem Wintersemester 2019/20 wird jedoch deutlich, dass eine Pflichtvorlesung für diesen Studiengang mit je zwei Semesterwochenstunden zum Thema „Geomatik I“ angeboten wird und dazu mit je drei Semesterwochenstunden die Methoden der Geomatik in verschiedensten Wahlpflichtmodulen vertieft werden sollen, wobei das Angebot hier sehr vielfältig ausfällt. Von Modulen zu den Methoden der Fernerkundung in der Geographie bis zur Geodatenanalyse und -visualisierung mit Open Data und Open Source GIS wird hier das breite Spektrum der Wahlpflichtmodule im Bereich der Geomatik deutlich (FAKULTÄT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN/RUB 2019).

Durch dieses vielfältige Angebot im Bereich der Geomatik und der deutlichen Gewichtung der beiden Module im dritten sowie vierten Semester mit insgesamt 20 % an der Fachnote Geographie in der Übersicht des Studienverlaufsplanes wird hier der Anteil der Thematik in der Lehrerbildung verdeutlicht. Darüber hinaus wird bei der Beschreibung des Studiengangs durch die ZENTRALE STUDIENBERATUNG DER RUB (2019) der Gewichtung des Teilbereichs Geomatik für diesen Studiengang mit 8 *Credit Points*, der zweithöchsten Bewertung aller Teilbereiche, eine entsprechende Relevanz zugewiesen.

An beiden Universitäten wird im Bachelorstudiengang für das Fach Geographie im Lehramt anhand der Studienverlaufspläne u. Ä. deutlich, dass die Rahmenvorgaben für die Lehramtsausbildung der KMK (2008) sowie der DGfG (2010) umgesetzt werden und – auch wenn es hier möglicherweise zu unterschiedlichen inhaltlichen Schwerpunkten im Bereich der Fernerkundung und GIS kommt – die Voraussetzungen für eine Umsetzung der erworbenen Kompetenzen im Geographieunterricht in der Schule gebildet werden. In den an den Bachelorstudiengang anschließenden „Master of Education“ für das Lehramt im Fach Geographie, der an beiden Hochschulen so betitelt wird, überwiegt der fachdidaktische Anteil der Lehrerbildung, wobei bei beiden Universitäten nicht offensichtlich deutlich wird, inwieweit der Teilbereich der beschriebenen Geomatik noch eine Vertiefung erfährt.

Der Vergleich der Studieninhalte des Bachelorstudiengangs für das Lehramtsstudium der Geographie an den Universitäten Bonn und Bochum in NRW hat deutlich gemacht, dass das Thema Fernerkundung und GIS in das Studium gemäß der Rahmenvorgaben – mittlerweile – integriert wurde. Inwieweit diese Themen in der zweiten Phase der Lehrerbildung noch einmal in die unterrichtspraktischen Übungen im Fach Geographie eingebunden werden, ist abhängig von den verschiedenen Studienseminaren für die Lehrerbildung in NRW, die entsprechende In-

halte nicht auf ihren Internetseiten veröffentlichen. Die Planung der Seminare im Vorbereitungsdienst obliegt den Fachleiterkräften, die sich allerdings ebenfalls an den Grundlagenwerken der Geographie orientieren müssen, da diese auch für die zweite Phase der Lehrerausbildung, dem Vorbereitungsdienst, gelten.

Während des Studiums der Geographie auf Lehramt – im ehemaligen Studiengang des Staatsexamens – ab dem Wintersemester 2001/2002 an der Universität Bonn wurden die Themen Fernerkundung und GIS mit entsprechenden Übungen bereits im Rahmen einer Vorlesung mit begleitendem Tutorium und eines zusätzlichen Seminars mit Hausarbeit und Vortrag integriert. Am ehemaligen Studienseminar in Vettweiß (NRW) wurden im Fachseminar Geographie (2009–2011) entsprechende Methoden und Anwendungen nur in Bezug auf ein vorbereitendes Unterrichtsbeispiel noch einmal wiederholt, da der Fokus der zweiten Phase der Lehrerausbildung auf der allgemeinen Unterrichtsplanung und den unterrichtspraktischen Prüfungen gelegt wurde. Durch den parallellaufenden sogenannten bedarfsdeckenden Unterricht (BDU) erfolgten die verschiedenen Fachseminare abwechselnd in wöchentlichen Abständen und somit zeitlich sehr begrenzt. Im persönlichen Austausch mit anderen Lehramtsanwärtern im Fachseminar Geographie am Studienseminar Vettweiß stellte sich heraus, dass das Thema Fernerkundung bis dato in unterschiedlicher inhaltlicher Gewichtung an den Hochschulen in die Lehrerausbildung eingebunden wurde, was zum Handlungsbedarf hinsichtlich Lehrerfortbildungen zum Thema Fernerkundung geführt hat (RIENOW 2016).

3.8 Bewertung der gegenwärtigen Situation

Die Fernerkundung oder auch „Geographische Fernerkundung“ ist ein unverzichtbarer Methoden- und Fachzweig der Geographie als Raumwissenschaft mit zahlreichen Einsatzgebieten in der Physischen Geographie oder in der Humangeographie, der sich insbesondere in den letzten zwei Jahrzehnten sehr schnell weiterentwickelt hat und dadurch auch neue Berufsfelder erschlossen werden. Es kann davon ausgegangen werden, dass durch die Digitalisierung und durch den Fortschritt der Technologien die Fernerkundung in Zukunft – in Kombination mit GIS und weiteren Geodaten – neue geographische Anwendungsfelder erschließen wird. Parallel zu dieser Entwicklung werden Schüler in den letzten beiden Jahrzehnten in ihrer Alltagswelt immer früher mit digitalen Medien konfrontiert, was jedoch nicht impliziert, dass ein entsprechendes Bewusstsein über die Zusammenhänge der Funktionen und dem Einsatz von Fernerkundungsverfahren vorhanden ist. Dennoch wurde erst Mitte der 2000er Jahre in der Didaktik der Geographie das Geomedium „Satellitenbild“ im Kontext einer sich etablierenden Fernerkundungsdi-

daktik in den Geomedienpool der Schulgeographie stärker verankert, obwohl bereits in den 1990er Jahren punktuelle Ansätze erfolgten, die jedoch – bedingt durch eine unzureichende technische Infrastruktur an Schulen – nicht ohne großen Aufwand in der Schulpraxis realisiert werden konnten. Nichtsdestotrotz hat das Geomedium Satellitenbild – abgesehen von den universitären Projekten der Universitäten Bonn und Bochum sowie der PH Heidelberg zur verstärkten Integration des Themas Fernerkundung in den Schulunterricht – bis heute nicht den Stellenwert erreicht, der ihm schon seit Jahrzehnten vorausieht. Das Geomedium Satellitenbild in Verbindung mit den Möglichkeiten der Fernerkundungsmethoden und GIS-Anwendungen benötigt dringend – auch vor dem Hintergrund der voranschreitenden Einbindung von Geodaten in den Alltag – gerade in der Geographiedidaktik ein praxisnahes Unterrichtskonzept. Dieses muss lösungsorientiert sein und nicht, wie häufig in den Standardwerken der Geographiedidaktik beschrieben, die möglichen Probleme beim Einsatz von Satellitenbildern im Unterricht fokussiert werden (HAUBRICH 2006, RINSCHEDI 2007, RINSCHEDI & SIEGMUND 2020), der Einsatz von GIS-Anwendungen für die Sek. I als zu anspruchsvoll deklariert wird (HUBER 2018, REMPFLER 2018, SCHEEFER 2018) oder der Wert von Falschfarbensatellitenbildern in Verbindung mit den Möglichkeiten von Fernerkundungsmethoden sowie die bereits entwickelten Unterrichtssequenzen und Angebote der Lernportale der universitären Projekte überhaupt nicht erst thematisiert werden. Offensichtlich erhalten die bereits ausgearbeiteten und empirisch überprüften Konzepte einer Fernerkundungsdidaktik in der aktuellen Diskussion der Geographiedidaktik nicht die Tragweite, die ihnen schon lange zusteht, was höchst fragwürdig erscheint, da sich (fast) alle Expertinnen und Experten in der deutschsprachigen Geographiedidaktik einig sind, dass digitale Medien in den modernen Geographieunterricht integriert werden sollten und das Fach durch den Einsatz verschiedenster Geomedien für die Förderung der Medien- und Methodenkompetenz eine Schlüsselposition einnimmt (ARNDT & LENZ 2018, HEMMER 2018, HOFFMANN 2018, KREUZBERGER 2018, MEHREN 2018, OHL 2018, OTTO 2018, REMPFLER 2018, SCHMEINK 2018, VON DÄNIKEN 2018). Von insgesamt 18 Experteninterviews wird auf die Frage nach zu empfehlenden (Geo-)Medien für „wirksamen“ Geographieunterricht nur von VON DÄNIKEN 2018 der Einsatz von Luft- und Satellitenbildern als Geomedien im Geographieunterricht explizit genannt bzw. empfohlen (REMPFLER 2018), was abermals deutlich macht, dass in der geographiedidaktischen Forschung und Entwicklung wie auch in der Unterrichtspraxis dringender Handlungsbedarf besteht, wenn das Thema Fernerkundung mit entsprechenden Geomedien im Schulfach Geographie nachhaltig implementiert werden soll.

Auch wenn die Bildungsstandards für das Fach Geographie für den Mittleren Schulabschluss (DGfG 2017) den Einsatz von Luft- und Satellitenbildern sowie das Erstellen von thematischen

Karten mit WebGIS explizit benennen, wird die ausdrückliche Anwendung von Fernerkundungsmethoden nur indirekt formuliert, was den Einsatz entsprechender Geomedien – auch in Kombination mit dem Luftbild – als zusätzliche geographische Informationsquelle in Echtfarben suggeriert. Insbesondere in den Formulierungen der Standards für die Kompetenzbereiche „Räumliche Orientierung“, „Methoden“ und „Beurteilung/Bewertung“ wäre eine klare Nennung von Fernerkundungsmethoden wünschenswert, um das breite Spektrum an geographischen Informationen, die ein Satellitenbild beinhalten kann, hervorzuheben. Die Untersuchung des Kernlehrplans für das Fach Erdkunde in NRW nach G8 hat darüber hinaus und in Anlehnung an die Bildungsstandards deutlich gemacht, dass – wie bereits auch schon durch die Studie von SIEGMUND (2011) deutlich wurde – das Bundesland NRW immer noch zu den wenigen Bundesländern gehört, in denen die Medien „Luft- und Satellitenbild“ nicht explizit als einzusetzende Geomedien im Lehrplan verankert werden. Nur durch die Interpretation der jeweiligen Lehrkräfte und der damit verbundenen schulinternen Fachschaften kann im weiteren Sinne der Einsatz entsprechender Geomedien und der damit verbundenen Möglichkeiten in die Unterrichtsrealisierung mit eingebunden werden. Damit liegt das Bundesland NRW im Vergleich mit anderen Bundesländern hinsichtlich der explizit geforderten Integration von GIS und Fernerkundung bzw. der Aufführung der Geomedien Luft- und Satellitenbild in den Lehrplänen auf einem der letzten Plätze zusammen mit den Bundesländern Berlin, Brandenburg und Bremen. Vor allem in den neuen Bundesländern Sachsen und Sachsen-Anhalt, aber auch in den süddeutschen Bundesländern Baden-Württemberg und Bayern sind GIS und Fernerkundung mittlerweile feste Bestandteile der Curricula. Vorzugsweise im Bundesland Baden-Württemberg erfolgte eine Implementation mit dem Bildungsplan im Jahr 2016, in dem die digitalen Geomedien als eigener Standard aufgeführt und dadurch auch ihr Stellenwert vom Niveau angehoben wurde (RINSCHÉDE & SIEGMUND 2020). Insgesamt kann aber auch durch die Entwicklung eines neuen Kernlehrplans für das Schulfach Erdkunde in NRW ab dem Schuljahr 2019/20 – das in die Prozessphase der hier vorliegenden Arbeit fällt – festgestellt werden, dass eine erhebliche Weiterentwicklung in der Generation der kompetenzorientierten Kernlehrpläne in NRW für das Schulfach stattgefunden hat, die besonders durch den Wechsel von G9 zu G8 und umgekehrt geprägt wurde. Die Konsequenzen für das Schulfach Erdkunde sind die Verkürzung um eine Wochenstundenzahl (DGfG 2020) in Verbindung mit einer inhaltlichen Erweiterung der Themenschwerpunkte, insbesondere in der Physischen Geographie sowie einer methodischen Differenzierung der digitalen Geomedien. Auffällig bleibt jedoch die Formulierung in Oberbegriffen bei den digitalen Medien. Fraglich erscheint dabei, ob durch den Verzicht einer genauen Benennung von digitalen Geomedien im Kernlehrplan der schulpraktische Einsatz entsprechen-

der Medien und Methoden an allen Schulen umgesetzt wird bzw. umgesetzt werden kann. Die Realisierung hängt praxisbezogen immer von den Lehrkräften der schulinternen Fachschaft ab. Mit dem Wissen um die Bedeutung von Fernerkundungsmethoden ist im neuen Kernlehrplan aber in jedem Fall eine schriftliche Grundlage geschaffen, die den Einsatz entsprechender Methoden sowie Medien vorsieht. Anzumerken bleibt vor dem Hintergrund der Fragestellungen dieser Arbeit, dass sich die Entwicklung der Forschungsfragen auf den Stand des Schuljahres 2016/17 beziehen und die Ausgangslage dafür das Kerncurriculum nach G8 für NRW aus dem Jahr 2007 bildete. Um jedoch auch die Prozessgestaltung dieser Arbeit hervorzuheben, sollen die Bildungsprozesse, die sich bei einer langjährigen Integration eines neuen Schulfaches modifizieren bzw. verändern, eingebunden werden. Vor diesem Hintergrund spielt der ab dem Schuljahr für alle Schulen in NRW verpflichtende Medienkompetenzrahmen ab dem Schuljahr 2019/20 eine wichtige Rolle, der auf Grundlage der Strategie „Bildung in der digitalen Welt“ durch die KMK (2016) den Ausbau der digitalen Bildungsinfrastruktur an Schulen bis 2025 vorsieht und in Verbindung mit dem Kernlehrplan die Medienkompetenzen vertiefend anbahnen soll. Dabei muss jedoch erwähnt werden, dass sich – trotz der inhaltlichen Anbindung des Medienkompetenzrahmens NRW an die neuen Kernlehrpläne in NRW – eine gewisse organisatorische Abspaltung der Medienbildung vom Kerncurriculum feststellen lässt, da sich die Fachschaften bei der Erarbeitung der schulinternen Curricula auf insgesamt zwei Regelwerke beziehen müssen. Durch den durchgängigen Trend, im Lehrplan und im Medienkompetenzrahmen digitale Medien fast nur in Form dieses Oberbegriffes zu nennen, haben die Fachschaften eine zusätzliche Verantwortung, den Begriff innerhalb der Fachschaft weiter auszudifferenzieren. Das bedeutet auch, dass der Einsatz von digitalen Medien im Allgemeinen bzw. im Schulfach Erdkunde im Besonderen durch das „Expertenwissen“ bzw. von der medialen (Vor-)Bildung der Lehrkräfte abhängig ist, was sowohl positive, aber auch – je nach Fachschaft – negative Auswirkungen bei der konkreten Umsetzung des Medienkompetenzrahmens in der schulischen Praxis haben kann.

Der Vergleich der beiden „Standardschulbücher“ in NRW unterstützt die Ergebnisse, die bereits durch die Analyse der Geographiedidaktik, der Bildungsstandards sowie der Kernlehrpläne für das Schulfach Erdkunde in NRW deutlich wurden: Das Geomedium Satellitenbild hat noch nicht den Stellenwert eines Leitmediums im Erdkundeunterricht erreicht, der ihm zu Beginn der 80er Jahre prognostiziert wurde (FUCHSGRUBER et al. 2017, RINSCHÉDE & SIEGMUND 2020), da in beiden Serien zwar der Einsatz von Echtfarbensatellitenbildern – insbesondere zur Verortung eines Raumbeispiels – in einer Geomediensammlung integriert wurde, jedoch nur punktuell bis kaum die Funktion der Satelliten, noch die technischen Eigenschaften von Falsch-

farbenbildern erläutert werden. Grundsätzlich fehlen in beiden Schulbuch-Serien der Einsatz von Falschfarbensatellitenbildern und ihre inhaltliche Thematisierung. Gerade in der TERRA-Serie wird eine inhaltliche Thematisierung entsprechender Grundlagen nur ansatzweise vorgenommen, während die Diercke-Praxis-Serie durch die Integration von „Projekt-vor-Ort-Seiten“ Inhalt mit Anwendung kombiniert. Fakt ist jedoch auch, dass beide Schulbücher den Begriff „Fernerkundung“ nicht integrieren, was ein nicht unwesentlicher Aspekt bei der Untersuchung des Stellenwertes der entsprechenden Geomedien in der Schulgeographie ist. Das Geomedium Satellitenbild bleibt somit – wie bereits schon in den 1990er Jahren von BREITBACH (1996) kritisiert – lediglich analoges Anschauungsmaterial. Zudem werden Fernerkundungsmethoden in ihrer Begrifflichkeit und Anwendung nicht berücksichtigt. Grundsätzlich positiv ist dagegen der Einsatz von GIS bei beiden Schulbuchverlagen zu nennen, auch wenn die TERRA-Reihe die Jahrgangsstufe 9 dabei unzureichend berücksichtigt. Insgesamt spiegelt sich in beiden Schulbuchreihen der vergleichsweise unterrepräsentierte Stellenwert der Fernerkundung mit ihren Geomedium Satellitenbild in der Schulgeographie wider. Durch den fast ausschließlichen Einsatz von Echtfarbenbildern von GOOGLE EARTH und Co. wird das große Spektrum an Informationen, die beispielsweise ein multispektrales Satellitenbild liefern kann, nicht genutzt (ALBERTZ 2009, WOLF et al. 2015, FUCHSGRUBER et al. 2017). Dabei spielen auch die Formulierungen der Bildungsstandards für das Fach Geographie und des Kerncurriculums für das Fach Erdkunde in NRW eine entscheidende Rolle, da – wie in den vorherigen Teilkapiteln bereits erläutert – der explizite Einsatz entsprechender Geomedien hervorgehoben werden sollte, damit die Schulbuchgestaltung explizite Vorgaben erfährt.

Bei der Untersuchung der Studieninhalte des Bachelorstudiengangs für das Lehramtsstudium der Geographie an den Universitäten Bonn und Bochum in NRW muss jedoch auch positiv angemerkt werden, dass das Thema Fernerkundung und GIS in das Studium gemäß der Rahmenvorgaben für die Lehrerausbildung (DGfG 2010, KMK 2019) integriert wurde. Inwieweit diese Themen allerdings in der zweiten Phase der Lehrerausbildung noch einmal in die unterrichtspraktischen Übungen im Fach Geographie eingebunden werden, ist abhängig von den verschiedenen Studienseminaren für die Lehrerausbildung in NRW, die entsprechende Inhalte nicht auf ihren Internetseiten veröffentlichen. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass die Planung der Seminare im Vorbereitungsdienst von den Fachleiterkräften auf der Grundlage der entsprechenden Rahmenvorgaben für die Lehrerausbildung erfolgt.

Um den IST-Zustand der Integration des Themas Fernerkundung in den Geographieunterricht in NRW anhand der vorliegenden Untersuchung zu resümieren, bleibt festzuhalten, dass das

Geomedium Satellitenbild in Verbindung mit dem Thema Fernerkundung nicht den Stellenwert (SOLL-Zustand) in der Schulgeographie einnimmt, um von einer nachhaltigen Integration in die Schulpraxis sprechen zu können. Zu Beginn der vorliegenden Untersuchung – auf dem Stand des Schuljahres 2016/17 – und unter den Voraussetzungen des Kernlehrplans in NRW aus dem Jahr 2007 oblag die Einbindung der Fernerkundung mit ihren Geomedien der Lehrkraft, da neue Schulbücher für G8 noch entwickelt wurden und in den vorherigen Schulbüchern – bis auf kleine WebGIS-Anwendungen – die Einsatzmöglichkeiten von Satellitenbildern vergleichsweise unterrepräsentiert thematisiert wurden. Aber auch mit den neuen Schulbuchkonzeptionen bleibt – bis heute – die Einbindung dieses Geomediums lediglich unter seinen Möglichkeiten, da es – nach wie vor – bei der Integration von Echtfarbensatellitenbildern bleibt. Hinzu kommt die Tatsache, dass die technische Infrastruktur an Schulen erst sehr verzögert eingesetzt hat, sodass sich nicht allen Lehrkräften immer die Möglichkeit bot, zu jeder Zeit auf die technischen Ressourcen der Schule zugreifen zu können. Ein zusätzliches Problem für den Einsatz digitaler Geomedien im Unterricht stellte die Wartung und Instandhaltung der bis dahin zur Verfügung stehenden digitalen Geräte vor Ort dar (STÜMPER 2013). Durch die Trendwende in der Schulpolitik vor dem Hintergrund der Strategie „Bildung in der digitalen Welt“ durch die KMK (2016) und dem Beschluss des Medienkompetenzrahmens NRW wird in den letzten Schuljahren deutlich, dass der Digitalisierungsprozess nicht länger an der Schulpraxis vorbeiziehen kann, um ihre Zukunftsfähigkeit nicht zu gefährden. Dabei muss jedoch angemerkt werden, dass hier noch insgesamt fünf Schuljahre vor uns liegen, bis dieser digitale Ausstattungsprozess – der durch die Corona-Pandemie im Schuljahr 2019/20 eine neue Relevanz erfahren hat – abgeschlossen sein soll. Auch wenn in den Rahmenvorgaben und weiteren Grundlagenwerken für das Fach Geographie der SOLL-Zustand der Fernerkundung mit entsprechenden Geomedien für das Unterrichtsfach Erdkunde entsprechenden Einsatz vorgibt, erscheint die Umsetzung in der Schulpraxis – auch unter dem nicht zu vernachlässigen Aspekt der technischen Bildungsinfrastruktur – nur ansatzweise zu erfolgen, da auch in den Schulbüchern entsprechende Nutzung über eine Interpretation von Echtfarbensatellitenbildern nicht hinausgeht, obgleich vereinzelte gute Unterrichtssequenzen zum Geobrowser GOOGLE EARTH in den neuen Schulbüchern integriert wurden. Um eine nachhaltige Integration des Themas Fernerkundung mit seinen geographischen Anwendungsgebieten in die Schulpraxis erreichen zu können, braucht es offensichtlich noch ein Unterrichtskonzept mit Unterrichtsmaterialien, das anwendungsorientiert für Lehrkräfte wie Lernende zu handhaben ist.

4 Die Projekte Fernerkundung in Schulen (FIS), Columbus Eye und KEPLER ISS

Im folgenden Kapitel werden – unter Berücksichtigung der eben erläuterten Ausgangslage des Stellenwertes des Themas Fernerkundung im Geographieunterricht in NRW – die universitären Projekte FIS und Columbus Eye der AG Fernerkundung des GIUB sowie das Projekt KEPLER ISS der AG Geomatik des Geographischen Instituts der RUB im Überblick vorgestellt, um eine mögliche Entwicklung eines neuen Schulfachkonzepts im Differenzierungsbereich der Sek. I zur nachhaltigen Integration des Themas Fernerkundung in den Schulunterricht in NRW aufzuzeigen.

Hierbei wird kurz angemerkt, dass es möglich war, seit Beginn des Projektes FIS im November 2006 durch die Tätigkeit als studentische Hilfskraft in der AG Fernerkundung des GIUB beim „Kick-off-Meeting“ im DLR in Bonn-Oberkassel teilnehmen zu können und – parallel durch die Anstellung als Vertretungslehrerin im Rahmen von „Geld statt Stellen in NRW“ am Ernst-Moritz-Arndt Gymnasium der Stadt Bonn (EMA) – das Projekt mit der damaligen Erdkundefachschaft in den Erdkundeunterricht zu integrieren. Dieses Vorhaben wurde in der Ersten Staatsexamensarbeit für das Lehramt in der Sek. II im Fach Geographie zum Thema „Potentiale und Grenzen multimedialer Lerneinheiten im Erdkundeunterricht – ein Beispiel zum Thema Oasentypen und Fernerkundung“ (STÜMPER 2009) validiert, wobei die technischen Grundvoraussetzungen an den Schulen der Stadt Bonn zu dieser Zeit vergleichsweise als unzureichend beschrieben werden können. Im Rahmen der Zweiten Staatsexamensarbeit für das Lehramt an Gymnasien und Gesamtschulen wurde die Fortsetzung des Projektes FIS II nach den „Möglichkeiten und Grenzen der Umsetzung der Fernerkundung mithilfe der Methode „Lernen durch Lehrern (LdL)“ im bilingual deutsch-französischen Erdkundeunterricht der Jahrgangsstufe 11 für einen Projekttag zum Thema „*Chances et limites de l'application de méthodes de la télédétection pour la prévention des catastrophes naturelles*“ für die Jahrgangsstufe 9“ (STÜMPER 2011) während meines Vorbereitungsdienstes am GSA überprüft. Auf der Grundlage dieser Untersuchungen, deren Ergebnisse bei der folgenden Projektübersicht miteingebunden werden, wurden das Nachfolgeprojekt Columbus Eye der AG Fernerkundung des GIUB und das Projekt KEPLER ISS der AG Geomatik der RUB chronologisch in den Geographieunterricht am GSA integriert und bilden das Fundament für die Konzeption eines neuen Differenzierungsfaches für die Sek. I am GSA. Durch die langjährige Begleitung und Integration der universitären Projekte in die Schulpraxis – eingangs am EMA – und im Anschluss am GSA bezieht sich der folgende

Überblick auf eine Entwicklungsphase von mittlerweile 14 Jahren, weshalb die hier vorgestellten Projekte und ihre Weiterentwicklung in ihrer Zusammenfassung dargestellt werden.

4.1 Das Projekt Fernerkundung in Schulen (FIS)

Ausgehend von der geringen Wahrnehmung der Erdbeobachtung in der Öffentlichkeit noch Mitte der 2000er Jahre werden von VOSS et al. (2007) der geringe Stellenwert des Themas Fernerkundung und die Einbindung von Satellitenbildern im Schulunterricht als Ursache gesehen. Mit den im Jahr 2006 neu erstellten nationalen Bildungsstandards der DGfG für das Fach Geographie und der darin geforderte Einsatz neuer Informationstechnologien wird der Vorteil der Fernerkundung gegenüber dem Einsatz von klassischen Medien in puncto Anschaulichkeit und Aktualität erkannt. Die zudem geforderten fachmethodischen Kompetenzen sollen durch eine eigenständige Analyse und Auswertung der Fernerkundungsdaten gefördert werden. Vor diesem Hintergrund und dieser Ausgangslage wurde in Zusammenarbeit mit verschiedenen Gymnasien im Raum Bonn/Köln – wie auch mit dem EMA im Schuljahr 2006/07 und mit dem GSA ab dem Schuljahr 2009/10 – das Projekt FIS der AG Fernerkundung des GIUB (RSRG¹⁵) mit Drittmitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) im November 2006 initiiert und gefördert (VOSS et al. 2007). „Übergeordnetes Ziel besteht darin, über einen engen Austausch und eine intensive Zusammenarbeit der beteiligten Partner, Schüler der Sekundarstufen I und II die Grundlagen der optischen und radargestützten Fernerkundung sowie die Auswertung dieser Daten in Hinblick auf inhaltliche Fragestellungen zu vermitteln“ (VOSS et al. 2007:184). Die Realisierung dieser Ziele soll durch die Entwicklung eines neuen, nachhaltigen und fächerübergreifenden Unterrichtskonzepts erfolgen.

Aufgrund der Tatsache, dass fächerübergreifende Arbeits- und Lernformen im Sinne des „vernetzen Lernens“ zu dieser Zeit in den meisten Lehrplänen in Deutschland hervorgehoben wurden (KIRCHBERG 2005, RINGEL 2005), greift das Projekt FIS – auch durch die Komplexität der Fernerkundung – diese Leitidee für ihr Unterrichtskonzept auf, um diese auf der Basis von neuen und fächerübergreifenden Lernmodulen umsetzen zu können. Dabei sollen die theoretischen und physikalischen Grundlagen der Fernerkundung in den Schulfächern Mathematik, Informatik und Physik behandelt werden. Aufbauend auf der theoretischen Grundlage der Fernerkundung in diesen MINT-Schulfächern soll eine anwendungsbezogene Integration des The-

¹⁵ RSRG: Remote Sensing Research Group.

mas Fernerkundung in den Geographie- und Biologieunterricht erfolgen. Hierbei versteht sich diese neue Unterrichtsstruktur im Rahmen dieses Konzeptes so, dass das komplexe Thema der Satellitenfernerkundung in Form kleinerer Lernmodule in den unterschiedlichen Fächern eingebunden wird. Der Vorteil der fächerübergreifenden Konzeption wird dabei in einer nachhaltigen Verankerung des Gelernten durch die Vernetzung der Unterrichtsinhalte gesehen (VOSS et al. 2007). „Infolgedessen eignen sich die Schüler nicht nur isoliertes Detailwissen an, sondern reflektieren die verschiedenen Inhalte in konkreten Wechselwirkungen. Ebenfalls sollen die Schüler insgesamt verstehen und nachvollziehen wie Grundlagenkompetenzen fachübergreifend integriert und in der beruflichen Praxis umgesetzt werden können“ (VOSS et al. 2007:185). Bereits in den 1990er Jahren konnten einige Pilotprojekte zum Thema Fernerkundung an Schulen – wie im Teilkapitel 3.2 schon erläutert wurde – der Satellitenbildanalyse im Geographieunterricht, auch unter Verwendung des Computereinsatzes, ein großes Potenzial bescheinigen. Doch vor dem Hintergrund der Studie von BACHMANN (1995) wurde auch die Bedeutung der fernerkundlichen Thematik im fächerübergreifenden Unterricht deutlich. Aus den vorausgehenden Studien bzw. Pilotprojekten wurde allerdings gleichzeitig auch ein Handlungsbedarf deutlich, der die Entwicklung der Unterrichtssequenzen zum Thema Fernerkundung stärker auf lehrplanbezogene Anwendungsbeispiele bezieht, um eine nachhaltige Integration in den Schulunterricht zu ermöglichen. Aus diesem diagnostizierten Handlungsbedarf erarbeitet FIS Unterrichtssequenzen, die im Schnitt aus allen bundesweiten Curricula für die Sek. I und II vorgegeschrieben sind. Dabei sollen die im Lehrplan vorgesehenen Themen sowohl inhaltliche als auch methodische Aspekte der Fernerkundung kombinieren. Der Umgang mit den (damaligen) sogenannten „Neuen Medien“, der neben MENZ & SIEGMUND (2005) auch vor dem Hintergrund der Förderung der Medienkompetenz der Bildungspläne gefordert wurde, soll das Projekt den stärkeren Einsatz von modernen Medien und Methoden der digitalen Bildverarbeitung von Fernerkundungsdaten aller räumlichen Skalenebenen (QuickBird bis Modis) miteinbinden (VOSS et al. 2007). „Der Nutzung einer skalierbaren Bildverarbeitungssoftware zur Visualisierung, Prozessierung, Analyse und Ergebnispräsentation kommt hierbei eine besondere Schlüsselrolle zu und soll die Methodenkompetenz der Schüler verbessern“ (VOSS et al. 2007:187). Somit soll durch die selbstständige Auswertung der digitalen Satellitenbilder mit rechnergestützten Lernmodulen nicht nur die Medienkompetenz, sondern auch die Methodenkompetenz gefördert werden, der durch den eingangs – noch als analoges Nachschlagewerk zur Fernerkundung in Form von Informationskarten – als „Methodenkoffer“ in das Unterrichtskonzept integriert werden sollte. Über die Kombination von analogen und digitalen Informationen im Sinne des *Blen-*

*ded Learning*¹⁶ sollte die Förderung der Methoden- und Medienkompetenz dabei erreicht werden. Unter Berücksichtigung des individuellen Lerntempos der Schüler wurde die Entwicklung eines Methodenkoffers als begleitende Lernhilfe zu den Themenkomplexen der Fernerkundung für unterschiedliche Schwierigkeits- und Informationsgrade vorgesehen, um alle lehrplanrelevante Unterrichtsthemen inhaltlich ergänzen zu können. Die Unterrichtsmaterialien des Projektes FIS setzten sich somit zu Beginn des Projektes aus Unterrichtsmappen mit Informationen zum Hintergrund des Unterrichtsthemas, einem didaktischen Kommentar und einer Stundenplanungshilfe zusammen, die eine CD für das multimediale Lernmodul beinhalteten. Über mitgereichte Fragebogen konnten Lehrer wie Schüler den Einsatz der Lernmodule im Unterricht evaluieren.

Das erste multimediale Lernmodul des Projektes FIS „Oasen von nah und fern erkundet“ – passend zum Thema der damaligen Jahrgangsstufe 7 nach „altem“ G9-konforme Unterrichtseinheit „Trockenräume der Erde“ – wurde im Rahmen der Ersten Staatsprüfung für das Lehramt für die Sek. II am EMA im Erdkundeunterricht der Jahrgangsstufe 7 praktisch erprobt und evaluiert. Die Ergebnisse der Praxiserprobung der multimedialen Lerneinheit „Oasen von nah und fern erkundet“ am EMA machten deutlich, dass das erarbeitete Unterrichtskonzept zur Integration von Fernerkundungsmethoden im Erdkundeunterricht in Verbindung mit dem multimedialen Lernmodul in der Praxis funktioniert und dringlich erschien, da aus der durchgeführten Schülerevaluation am EMA hervorging, dass die meisten der befragten Schüler *noch nie* mit Satellitenbildern im Schulunterricht gearbeitet haben (STÜMPER 2009).

„Unter dem Gesichtspunkt, dass die Methoden der Fernerkundung im Erdkundeunterricht trotz einzelner Ansätze immer noch nicht nachhaltig integriert wurden, bestätigt die Notwendigkeit eines didaktischen Konzeptes zum Thema Fernerkundung. Die Komplexität der Fernerkundungsmethoden konnte, wie der Praxiseinsatz gezeigt hat, mithilfe der multimedialen Lerneinheit – didaktisch reduziert – den Schülern verständlich vermittelt werden und das selbstständige Arbeiten mit diesen „Neuen Medien“ fördern“ (STÜMPER 2009:107). Dadurch, dass die AG Fernerkundung des GIUB eine Verknüpfung der Fernerkundungsmethoden mit den Themen der Curricula hergestellt hat, konnte die multimediale Lerneinheit ohne Probleme in die Unterrichtsplanung miteinbezogen werden.

Neben der Entwicklung weiterer multimedialer Lerneinheiten zu curriculumskonformen Unterrichtsthemen für den Erdkundeunterricht und die genannten naturwissenschaftlichen Unter-

¹⁶ Blended Learning: auch „hybrides Lernen“ genannt – Kombination von virtuellen und nicht-virtuellen Lernsettings und Methoden (MANDL & KOPP 2007).

richtsfächer wurde der analoge Methodenkoffer als digitale „Info-Box“ in Form eines fächerübergreifenden Nachschlagewerks konzipiert. Zu diesem Zeitpunkt gab es noch wenige, schülergerecht aufbereitete Informationen zu den Grundlagen der Fernerkundung im Internet und das eigenständige Arbeiten mit der Info-Box – in ebenfalls skalierten Schwierigkeitsgraden – sollte das individuelle Lerntempo und die unterschiedlichen Lernstile der Schüler berücksichtigen (VOSS et al. 2009). Hervorzuheben bei der Unterrichtskonzeption des Startprojektes FIS (2006–2009) ist, dass die Fernerkundungsmethoden wie die Klassifikation, das *Preprocessing* oder *Change Detection* computergestützt in die Unterrichtsthemen integriert wurden, da zum damaligen Zeitpunkt lediglich ein Band mit analogen Unterrichtsmaterialien für den Geographieunterricht der Klassen 5–13 von REUSCHENBACH (2007a) zur Verfügung stand.

Das daran anschließende Folgeprojekt FIS II, das im Zeitraum 2009–2015 ebenfalls mit Mitteln des BMWi vom DLR gefördert wurde, umfasste die zentrale Aufgabe, ein gut strukturiertes, internetgestütztes Lernportal zum Thema Fernerkundung zu entwickeln, das sich unter dem Link www.fis.uni-bonn.de¹⁷ abrufen lässt. Dabei ging es nicht nur um die Weiterentwicklung digitaler bzw. interaktiver Unterrichtseinheiten im Sinne des konstruktivistischen Lernens (NUNES & MCPHERSON 2003), sondern auch um die Integration eines Analyse- und Recherchertools innerhalb des Lernportals, das die Thematik Fernerkundung gemäß den Kriterien und Anforderungen einer *E-Learning* Umgebung 2.0 nach KERRES (2006) einbindet. Demnach soll das neue Lernportal zur Fernerkundung die Merkmale Multimedialität, Interaktivität, Adaptivität und Vernetzungsaspekte aufweisen (PÄTZOLD 2007, RIENOW et al. 2015b, RIENOW 2016). Diese Merkmale bzw. Entwicklungsprinzipien des Projektes FIS bilden somit die Grundlage des didaktischen Konzepts des Lernportals. Die konzipierten Unterrichtsmaterialien wurden auf den Umfang einer Schulunterrichtsstunde in FIS II begrenzt. Dem moderaten Konstruktivismus entsprechend sollen die Schüler motiviert werden, das bereitgestellte Material auf dem Lernportal eigenständig zu entdecken (GOETZKE et al. 2014a). Dabei fungiert der Lehrer als Moderator, der die Schüler beim selbstständigen Lernen unterstützen soll. Um diesen Anforderungen gerecht werden zu können, wurde auf dem Lernportal ein Lernmanagementbereich integriert, in dem Lehrer wie Schüler ihre Fortschritte verwalten können (RIENOW 2016). Die folgende Abbildung 4.1 visualisiert im Überblick die didaktisch-methodische Konzeption des Lernportals in Verbindung mit den entwickelten Unterrichtsmaterialien sowie des Lernportals, wobei die Abkürzung LuL für Lehrerinnen und Lehrer und die Abkürzung SuS für Schülerinnen und Schüler steht:

¹⁷ (Stand: 23.08.20).

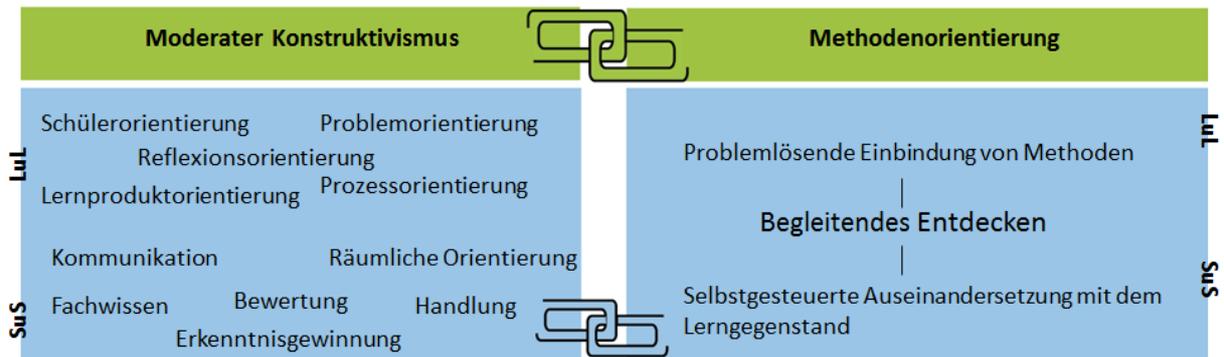


Abbildung 4.1: Symbiose: Moderater Konstruktivismus trifft auf Methodenorientierung (RIENOW 2016:34).

Um die Vielseitigkeit von Fernerkundungsdaten und -anwendungen in den Unterrichtsmaterialien aufzugreifen, wurden vornehmlich Fernerkundungsmissionen mit deutscher Beteiligung integriert (RIENOW 2016:13 f.): „Neben TerraSAR-X bzw. TanDEM-X-Daten zur Vermittlung und Einführung der Radarfernerkundung wurden bspw. RapidEye-Daten verwendet, um die Vorteile der hohen zeitlichen und räumlichen Auflösung in Wert zu setzen. Als Ersatz für EnMap wurden Hyperspektraldaten des amerikanischen EO-1 (Hyperion) Sensors benutzt. Zusätzlich wurden Daten der Envisat-Mission (MERIS) herangezogen.“ Die hier genannten Satelliten mit ihren Sensoren wurden dazu in ein interaktives Einführungsmodul zur Fernerkundung in einer Animation visualisiert.

Die didaktische Weiterentwicklung der Unterrichtsmaterialien in der Phase von FIS II erfolgte anhand der dargestellten Entwicklungsprinzipien (s. Abb. 4.2), die eine Balance zwischen Lehrplan, Fernerkundung sowie einer einfachen Handhabung bei parallel komplexen Bildbearbeitungsanwendungen. Die Analyse von Satellitenbildern wurde auf diesem Fundament, wie die Abbildung 4.2 zeigt, in eine FIS-Unterrichtseinheit integriert:

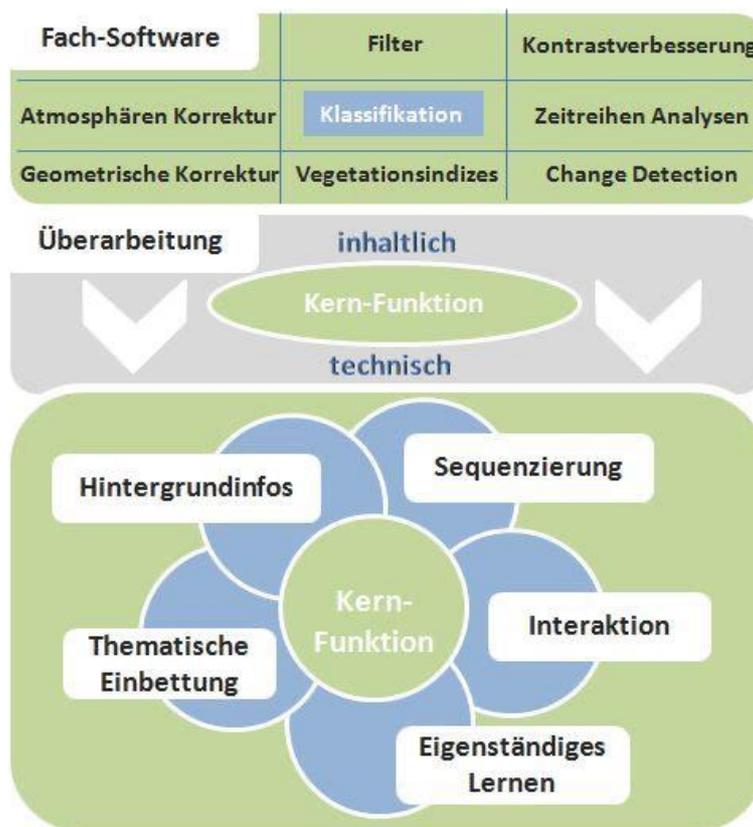


Abbildung 4.2: Schema zur Selektion von Funktionen zur Analyse von Satellitenbildern und Einbettung in eine FIS-Unterrichtseinheit (RIENOW 2016:46).

Das Herzstück des FIS-Lernportals bilden weiterhin die auf den Lehrplan abgestimmten Lernmodule, die – wie bereits in FIS I – unterschiedliche Aspekte der Fernerkundung in den Schulächern Geographie, Biologie, Physik, Mathematik und Informatik behandeln. Durch interaktive Werkzeuge können die Schüler Fernerkundungsmethoden selbstständig anwenden, wobei die Komplexität der Analyse auf einzelne Grundfunktionen reduziert wurde, um verständlicher und einfacher als die konventionelle Fernerkundungssoftware bedient werden zu können. Die Lernmaterialien in FIS II können über das Portal heruntergeladen werden oder sogar online ausgeführt werden, wobei die Konstruktion der Materialien mit didaktischem Kommentar und Hintergrundinformationen gleichgeblieben ist (GOETZKE et al. 2014a).

Die technische Umsetzung der didaktisch-methodischen Entwicklung des Lernportals des Projektes FIS zeigt die Abbildung 4.3.

The image shows a screenshot of the FIS-Lernportals website. The background is a satellite map. At the top, there is a navigation bar with the FIS logo, a language selector set to 'Englisch', and a search bar. Below the navigation bar are several menu items: 'Über FIS', 'Was ist Fernerkundung?', 'Unterrichtsmaterial', 'Recherchetools', 'Analysetools', and 'Evaluation'. The main content area is titled 'Lernen mit Satellitenbildern' and 'Fernerkundung in Schulen'. It features a 'Herzlich Willkommen...' section with a globe image, a 'Lernen mit digitalen Satellitenbildern' section with three globe images, and a 'Grundlagenfächer' section with icons for 'Mathematik', 'Physik', and 'Informatik'. Below that is an 'Anwendungsorientierte Fächer' section with icons for 'Geographie' and 'Biologie'. A 'Login für Lehrer & Schüler' section includes a 'Login' button and a 'Registrieren' button. On the right side, there is a 'Links' section with a satellite icon, a 'Interaktiver Unterricht mit der ISS' section with a satellite image, and an 'Innertropische Konvergenzzone' section with a globe icon. At the bottom right, there are three more sections: 'MeteoViewer' with a satellite image, 'English' with a UK flag, and 'Info-Box' with a question mark icon. At the very bottom, there is a 'FAQ' section with a question mark icon. The footer contains the logos for 'universität bonn', 'Geographie', and 'DLR', along with the text 'Förderungsbelegungen' and 'Deutscher Raumfahrtverband'.

Abbildung 4.3: Design des FIS-Lernportals (RIENOW 2016:42).

Die Info-Box aus der Projektphase von FIS I wird zudem modernisiert und in zwei Versionen erstellt, damit sowohl jüngere („Einsteiger“) als auch erfahrenere Schüler („Profis“) ein entsprechendes digitales Nachschlagewerk verwenden können. Die abgedeckten Themenbereiche der Info-Box für Profis werden – wie in Tabelle 4.1 deutlich wird – um die Themen der Radarfernerkundung ergänzt und die Informationen zu den verschiedenen Teilbereichen werden komplexer dargestellt.

Tabelle 4.1: Themenbereiche der Info-Box für Profis (RIENOW 2016:38).

Oberthema	UntertHEMA
Was ist Fernerkundung?	Womit arbeitet Fernerkundung? Reflexion und Absorption Licht und Farbe
Aufnahmesysteme	Photographie Spektroskopie Radar Spektroskopie vs. Photographie Spektroskopie vs. Radar
Auflösung	Räumliche Auflösung Radiometrische Auflösung Spektrale Auflösung Zeitliche Auflösung
Bildvorverarbeitung	Atmosphärenkorrektur Geometrische Korrektur Visuelle Korrektur
Bildanalyse	Visuelle Bildinterpretation Klassifikation Vom Pixel zum Objekt Vom Objekt zum Pixel Change Detection
Faszination Fernerkundung	Infrarote Pflanzen Es geht noch bunter 1 Es geht noch bunter 2 Das Wetter im Satellitenfilm Pixelthermometer Bilder und Karten Katastrophenhilfe aus dem All

Die auf dem Lernportal integrierten Recherche- und Analysetools wurden so in das Lernportal integriert, dass das selbstständige Arbeiten der Schüler gefördert wird. Das Recherchetool beinhaltet nicht nur Hintergrundinformationen zur Fernerkundung in Form der Info-Box, sondern eine Bildergalerie zu verschiedensten Satellitenbildern sowie Internetlinks zu externen Inter-

netseiten. Mithilfe der Analysetools können Schüler (wie Lehrer) unmittelbar mit Satellitenbildern arbeiten, ohne dass sie dazu ein Lernmodul bearbeiten müssen. Dementsprechend verknüpft das Lernportal zur Fernerkundung verschiedene mediale Darstellungsformen wie beispielsweise Text, Grafik und Animationen, um auch dem oben genannten Prinzip der Multimedialität, aber auch der Interaktivität gerecht werden zu können. Die Evaluation der Unterrichtsmaterialien wurde durch eine Evaluationssektion des Lernportals in Anlehnung an die vorhergehenden Fragebögen integriert, sodass die Zielgruppen Lehrer wie Schüler ihre durchgeführten Lernmodule entsprechend evaluieren können (RIENOW et al. 2015a, RIENOW 2016).

Die folgende Übersicht der Abbildung 4.4 stellt die drei Hauptsektionen des Lernportals Fernerkundung noch einmal in der Übersicht dar:

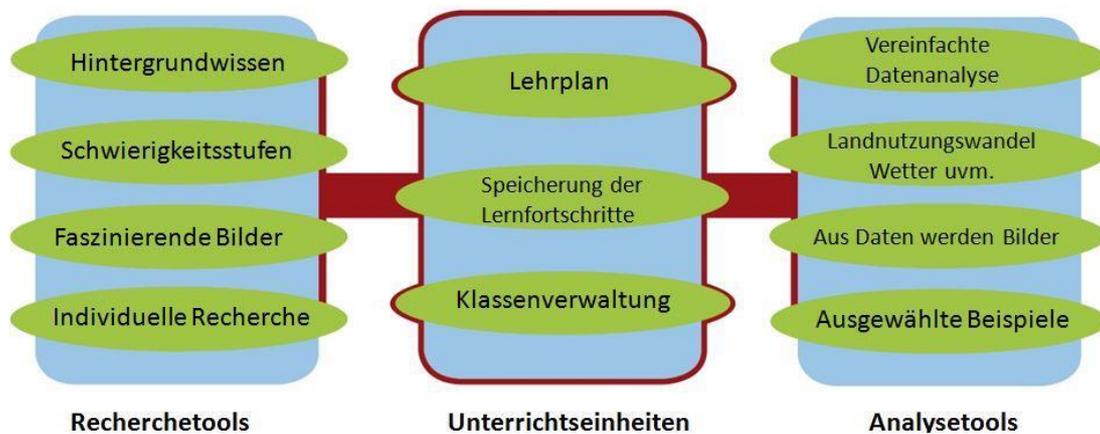


Abbildung 4.4: Die drei Hauptsektionen des Portals (RIENOW 2016:36).

Das Lernportal ermöglicht eine interaktive Analyse von Fernerkundungsdaten, um reale Forschungsgegenstände zu lösen oder curriculumsrelevante Aufgaben zu erarbeiten. „Durch die Verfügbarkeit kontinuierlicher Zeitreihen können unter anderem aktuelle und ältere Satellitenbilder verglichen werden und so Änderungen der Landoberfläche, z. B. hervorgerufen durch Naturkatastrophen, Verschmutzung oder klimatische Veränderungen, sichtbar gemacht und gleichzeitig die räumliche Orientierungsfähigkeit verbessert werden“ (GOETZKE et al. 2014a:1). Zudem kann das Lernportal mit den entsprechenden Unterrichtsmaterialien auch in englischer Sprache abgerufen werden, damit auch Schulen in englischsprachigen Ländern oder mit bilingualem Schwerpunkt die Unterrichtsmaterialien nutzen können (GOETZKE et al. 2014a).

Um allen Schulformen der Sek. I und II die Möglichkeit zu bieten, über die Lernmodule enthaltene Fernerkundungsdaten hinausgehende Daten für den Schulunterricht zu integrieren, kann eine Übersicht über wichtige Datenbanken der Fernerkundung abgerufen werden. Nichtsdestotrotz erfolgt das Herunterladen dieser Bilddaten für „Nicht-Fernerkundler“ häufig mit

Schwierigkeiten, sodass sich im Rahmen der Kooperation zwischen dem Projekt der GIS-Station der PH Heidelberg eine Vernetzung mit dem Bildbearbeitungstool „BLIF“ etabliert hat (RIENOW 2016).

Unabhängig von der Entwicklung der Unterrichtsmaterialien wurden Projekt- und Schülertage sowie Lehrerfortbildungen für den Einsatz der entwickelten Fernerkundungsmaterialien angeboten und an Schulen (alle Schulformen der Sek. I und II integrierend) im Raum Köln/Bonn – wie dem GSA ab dem Schuljahr 2009/10 – Kooperationen vertieft und entsprechende Zertifikate an Schulen übergeben, die den Einsatz der Unterrichtsmaterialien im Schulunterricht vorsehen (RIENOW 2016).

Das GSA konnte im Oktober 2009 das Zertifikat „Fernerkundung in Schulen“ erhalten, da durch die langjährige Begleitung der Projekte der AG Fernerkundung der Universität Bonn mögliche Multiplikator-Effekte durch den Einsatz der Unterrichtsmaterialien von FIS II im Schulunterricht vorausgesetzt wurden.

Vor dem Hintergrund der vorgestellten Ziele und Aufgaben des Projektes FIS II wurde im Rahmen der Zweiten Staatsexamensarbeit am GSA überprüft, inwiefern das Thema Fernerkundung und der Einsatz von Satellitenbildern bereits in den Schulunterricht der Sek. I integriert wurden und inwiefern sich die digitalen Lernmodule des Projektes FIS II problemlos in den bilingual deutsch-französischen Erdkundeunterricht im Besonderen und im Erdkundeunterricht im Allgemeinen einbinden lassen. Dazu wurde ein Projekttag zum Thema „*Chances et limites de l'application de méthodes de la télédétection pour la prévention des catastrophes naturelles*“ im bilingual deutsch-französischen Erdkundeunterricht für die Jahrgangsstufe 9 angeboten, der von Schülern des Grundkurses Erdkunde bilingual der Jahrgangsstufe 11 (gemäß G9) durchgeführt wurde. Ganz im Sinne der Methode „Lernen durch Lehren (LdL)“ sollte das eigenständige Lernen der Schüler des Grundkurses in Verbindung mit dem Einsatz der multimedialen Lernmodule „Haiti – Katastrophenhilfe aus dem All“ und „Tsunami – wenn Wellen alles ändern“ sowie der Info-Box auf dem internetgestützten Lernportal für den Projekttag der Jahrgangsstufe 9 gefördert werden. Dadurch, dass die Info-Box nicht in französischer Sprache abgerufen werden konnte, wurde vor dem Hintergrund des bilingualen Erdkundeunterrichts das interaktive Fernerkundungsquiz „*Nous, vus d'en haut*“ auf der Homepage der PH Heidelberg bei der Unterrichtsplanung ergänzt, durch das die Schüler – spielerisch – Hintergrundinformationen zur Fernerkundung in der Zielsprache Französisch abrufen konnten. Durch den Einsatz der Schüler aus der Jahrgangsstufe 11 als Moderatoren für die Schüler der Jahrgangsstufe 9 durch LdL

erreichte das selbstständige Lernen (und Lehren) mithilfe der oben genannten Unterrichtsmaterialien ein maximales Niveau (STÜMPER 2011).

Hinsichtlich des Einsatzes von Fernerkundungsdaten im Schulunterricht am GSA zeigte die Schülerevaluation der Jahrgangsstufe 9, dass das Thema Fernerkundung noch nicht wirklich als fester thematischer Baustein in der Praxis des Erdkundeunterrichts verankert ist und ein Nachholbedarf vorlag. Im Vergleich zu den Ergebnissen der Ersten Staatsexamensarbeit (STÜMPER 2009) schien die Einbindung von den „Neuen Medien“ wirklich schleppend voran zu gehen und das Thema Fernerkundung weiterhin ein „Mauerblümchendasein“ im Geographieunterricht zu genießen. Darüber hinaus konnte durch die Evaluation der durchgeführten Unterrichtskonzeption am GSA festgehalten werden, „[...] dass sowohl die Methode LdL als auch der Einsatz von Fernerkundungsmethoden mit Hilfe der digitalen Lernmodule des FIS Projektes – eingebettet in den Rahmen eines projektorientierten Vorhabens – für SuS¹⁸ des Grundkurses 11 und die der Klasse 9 eine neue methodische und inhaltliche Erfahrung darstellte. Das konzipierte und evaluierte Unterrichtskonzept kann dementsprechend als innovativ bezeichnet werden“ (STÜMPER 2011:32). Hinzu kommt, dass das begleitende Lernportal mit der digitalen Enzyklopädie bzw. der Info-Box zum Thema Fernerkundung – je nach Leistungs- und Lernstand der Schüler – begleitend zu allen Lernmodulen miteingebunden werden kann. Trotz eines im Voraus erhöhten Arbeitsaufwandes für Lehrer (in diesem Fall auch Schüler) konnte die Durchführung und Evaluation des Unterrichtskonzeptes von FIS II konstruktive Synergieeffekte für alle am Projekttag Beteiligte nachweisen (STÜMPER 2011).

Abgesehen von dem projektorientierten Unterrichtsvorhaben im Rahmen der Zweiten Staatsexamensarbeit für das Lehramt der Sek. II konnten die verschiedenen Lernmodule des Projektes FIS II für das Fach Geographie – im Sinne einer nachhaltigen Integration – im Unterricht jedes Mal mit Erfolg durchgeführt werden, auch wenn ein erhöhtes Arbeitsaufkommen bei der Unterrichtsorganisation durch den Einsatz der digitalen Medien dazugehörte. Dabei darf jedoch auch nicht außer Acht gelassen werden, dass ein (Vollzeit-)Lehrer nicht viel Zeit zwischen den Unterrichtsstunden zur Verfügung hat, um alle digitalen Medien auf Funktionsfähigkeit überprüfen zu können und der technische Mehraufwand für einige Lehrkräfte ein deutliches Hemmnis darstellt. Für den Fall, dass die digitalen Medien nicht funktionieren sollten, muss grundsätzlich „Plan B“ mit klassischen Medien vorbereitet sein. Nichtsdestotrotz hat sich die technische Ausstattung der Schulen in den letzten Jahren zum Positiven geändert. Doch die Wartung der digi-

¹⁸ SuS: Schülerinnen und Schüler.

talen Medien durch schulinterne und schulexterne Experten bleibt – auch in Zukunft – eine stetige Herausforderung im Schulalltag (STÜMPER 2013).

„Der didaktische Mehrwert des Projektes „FIS“ liegt nach meinen Erfahrungen nicht nur beim Einsatz der auf den Lehrplan abgestimmten digitalen Lernmodule und der damit einhergehenden Förderung von Kompetenzen, sondern auch in einer engen Verzahnung zwischen Theorie und Praxis, da eine inhaltliche, methodische und technische Rückmeldung an die „Erfinder“ von FIS entweder mittels Fragebogen über das Internet oder im persönlichen Gespräch bei einem Besuch im Rahmen einer ausgewählten Unterrichtsreihe gegeben ist“ (STÜMPER 2013:2).

Aufbauend auf FIS I und FIS II verfolgt das Nachfolgeprojekt FIS III, das ebenfalls mit Mitteln des BMWi durch das DLR gefördert wird, das Ziel, eine kostenlose Materialsammlung auf Anwendungen der *Augmented Reality*¹⁹ und *Massive Open Online Courses*²⁰ auszubauen und dabei Daten des Copernicus-Programms integriert. Das Copernicus Erdbeobachtungsprogramm der Europäischen Union und der Europäischen Weltraumorganisation, das seit 2014 mit den Sentinel-Missionen ein unabhängiges Erdbeobachtungssystem ist, soll Politik, Wirtschaft und Wissenschaft dauerhaft mit verlässlichen und aktuellen Informationen auf Basis von Erdbeobachtungsdaten versorgen. Die „Folge“-AG Geomatik des Geographischen Instituts der RUB ist gemeinsam mit der AG Fernerkundung des GIUB ab Juni 2017 ebenfalls Mitglied des neuen Copernicus-Academy-Network der Europäischen Kommission, um Bildungs- und Forschungseinrichtungen zu vernetzen, die in Aus- und Weiterbildung aktiv sind und sich dabei auf das Erdbeobachtungsprogramm Copernicus beziehen. In diesem Rahmen sollen auch im Folgeprojekt FIS III Workshops für Lehrer angeboten werden, die den Einsatz digitaler Medien in Kombination mit Daten und Methoden der Fernerkundung im Schulunterricht vermitteln. Vor dem Hintergrund des Bedarfs an hoch qualifizierten Arbeitskräften für die deutsche Erdbeobachtungs- und Raumfahrtindustrie soll das Interesse am Themenfeld Fernerkundung bei Schülern der Sek. I und II geweckt werden (DRIEBEN 2017).

¹⁹ Augmented Reality: „[...] Augmented Reality [zielt] auf eine Anreicherung der bestehenden realen Welt um computergenerierte Zusatzobjekte. Im Gegensatz zu Virtual Reality werden keine gänzlich neuen Welten erschaffen, sondern die vorhandene Realität mit einer virtuellen Realität ergänzt“ (KLEIN 2009:1).

²⁰ MOOCs: Eine genaue Definition oder allgemein anerkannte Standards zu MOOCs gibt es noch nicht. „Diese Kurse bestehen nicht nur aus Videos der Vorlesungen, sondern haben eher Workshop-Charakter: Über Tests und Quizzes können die Studierenden Aufgaben lösen, deren Ergebnisse sie gegenseitig bewerten“ (BUCHMANN 2013:5).

4.2 Das Projekt „Columbus Eye – Live-Bilder von der ISS im Schulunterricht“

Im Jahr 2013 startete das parallel zu FIS II laufende Projekt „Columbus Eye – Live-Bilder von der ISS im Schulunterricht“ der AG Fernerkundung des GIUB, das ebenfalls vom DLR mit Mitteln des BMWi gefördert wurde. Das neue Projekt kombiniert das Thema Fernerkundung mit dem Thema der Raumfahrt durch die in Wert gesetzten Anknüpfungspunkte der Mission „Blue Dot“ des ESA-Astronauten Alexander Gerst sowie des nahezu zeitgleich gestarteten Experiments „High Definition Earth Viewing (HDEV)“ der NASA am Columbus Labor der Internationalen Raumstation (ISS). Auch dieses Projekt verfolgt – wie FIS II – das Ziel, die Erdbeobachtung aus dem All umfassend und nachhaltig in den Schulunterricht zu integrieren. In enger Kooperation mit der NASA, ESA und dem DLR begleitete Columbus Eye Gersts Raumflug mit Videos von vier am europäischen Columbus Labor der ISS befestigten HD-Kameras. Die Mission von Alexander Gerst erstreckte sich über den Zeitraum vom 28. Mai bis 10. November 2014 und war Teil der ISS Expedition 40/41 (RIENOW et al. 2015b, 2017).

Die ISS ist nicht nur das größte bemannte Weltraumprojekt aller Zeiten, sondern auch das größte künstliche Objekt im Orbit, das bei günstigen Voraussetzungen auch von der Erde aus sichtbar ist (DLR 2011). Nach Thomas Reiter und Hans Wilhelm Schlegel war Alexander Gerst erst der dritte Deutsche auf der ISS und der zweite mit einer Langzeitmission (ESA 2020). Gerst verstand es zudem, die deutsche Öffentlichkeit über den Einsatz der Medien Twitter, Facebook und Co. nahezu *live* über seine Arbeit als Astronaut auf dem Laufenden zu halten (SEIDLER 2014). Durch seine aufmerksamkeitserregenden Ansichten der Erde von der ISS präsentierte er der Öffentlichkeit Städte bei Nacht, Flussläufe, Gebirge und viele weitere Perspektiven der Erde aus dem All. Dadurch lieferte der promovierte Geophysiker der Allgemeinheit Informationen über die Erdoberfläche und betrat durch das kontaktlose Beobachten von der Raumstation das Themenfeld der Fernerkundung (RIENOW et al. 2017).

Die handelsüblichen Kameras des NASA-HDEV-Experiments der japanischen Firmen Panasonic©, Sony©, Hitachi© und Toshiba© konnten durch ihre Befestigung außerhalb der ISS permanent in drei Perspektiven aufnehmen. Während zwei Kameras – parallel zueinander angebracht – die Rückwärtsperspektive filmen konnten, nahmen die dritte und vierte Kamera jeweils die Nadir-Position und Perspektive in Flugrichtung auf. Eines der Hauptziele des HDEV-Experiments war die Installation der Kameras im ISS-Programm automatisch durch den kanadischen Roboterarm. Zudem sollte die Funktion der HD-Kameras für zukünftige bemannte Raumflüge zum Mond oder zum Mars evaluiert werden. Die Aufnahmegeräte waren zwar temperaturrege-

schützt, aber durch ihre Exposition an der ISS der extraterrestrischen Strahlung ausgesetzt. Hierbei ist anzumerken, dass Columbus Eye der einzige europäische Partner der NASA-Mission HDEV war und hierbei nicht nur am Empfang und der Aufbereitung der Payload, sondern auch bei der Steuerung der Kameras mitwirkte (RIENOW et al. 2015b, 2017). Bei der inhaltlichen und technischen Umsetzung der Dateninfrastruktur verfolgte das Projekt Columbus Eye dabei das Ziel, die Live-Bilder von den an der ISS montierten Kameras in ein Webportal einzufügen und so aufzubereiten, dass sie für Lehrer und Schüler als geeignetes Geomedium zur Untersuchung umweltbezogener Problemstellungen eingesetzt werden können. Der Erfolg dieses Vorhabens basierte auf einer entsprechenden Dateninfrastruktur mit Archivierungsmöglichkeit, die durch einen leistungsfähigen Datenserver umgesetzt werden konnte (RIENOW et al. 2017).

In der folgenden Abbildung 4.5 wird die Dateninfrastruktur von den Bilddaten von der ISS über den Empfang der NASA in den USA bis zum GIUB schematisch dargestellt. Hierbei bleibt jedoch anzumerken, dass die technischen Eigenschaften dieser Dateninfrastruktur nicht weitergehend vertieft werden sollen, da sie den Rahmen der Fragestellungen dieser Arbeit übersteigen würden.

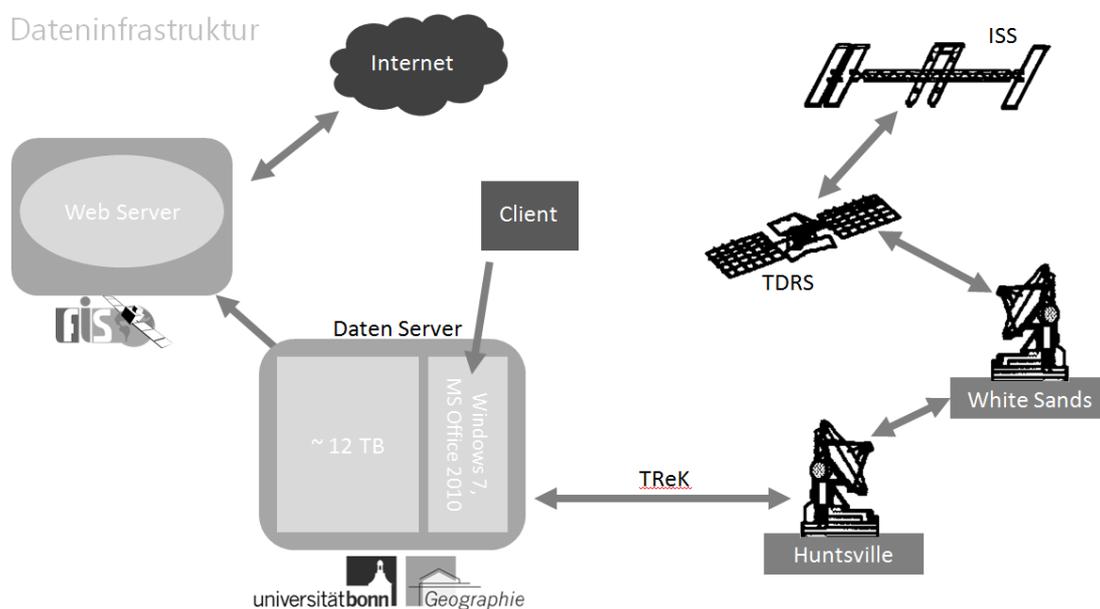


Abbildung 4.5: Schematische Darstellung der Dateninfrastruktur der ISS-Bilddaten (RIENOW et al. 2017:28).

Auf der Homepage bzw. des entwickelten Lernportals von Columbus Eye (www.columbuseye.uni-bonn.de)²¹ (s. Abb. 4.6) können die Schüler nicht nur ein Archiv zu den Videos finden, sondern auch durch ein sogenanntes „Observatorium“ zum eigenständigen Arbeiten mit ISS-

²¹ (Stand: 23.08.20).

Bildern der Aufnahmegeräte angeregt werden (s. Abb. 4.8–4.9). Darüber hinaus wird die Perspektive des Astronauten und Geophysikers Alexander Gerst auf der Internetseite vorgestellt (s. Abb. 4.7), um die Schüler auch über das europäische Engagement in der Raumfahrt und Erdbeobachtung zu informieren (RIENOW et al. 2014a, 2014b, 2017).



Abbildung 4.6: Webportal Columbus Eye – Home, abrufbar unter: www.columbuseye.uni-bonn.de (Screenshot: 23.08.20).

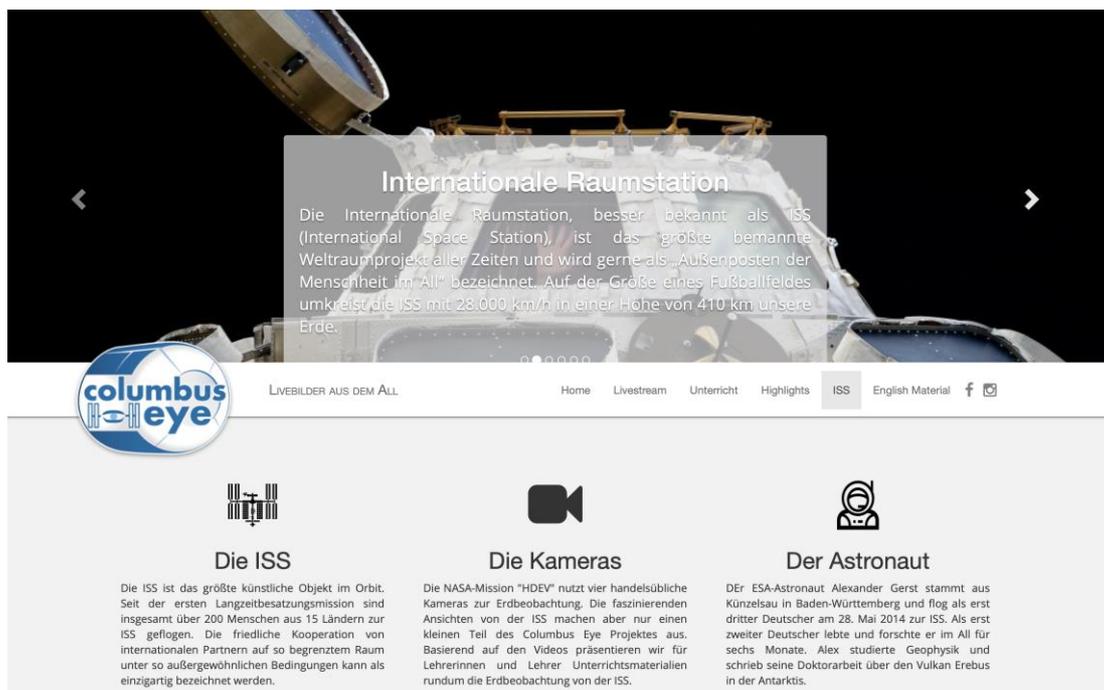


Abbildung 4.7: Webportal Columbus Eye – ISS, abrufbar unter: www.columbuseye.uni-bonn.de (Screenshot: 23.08.20).

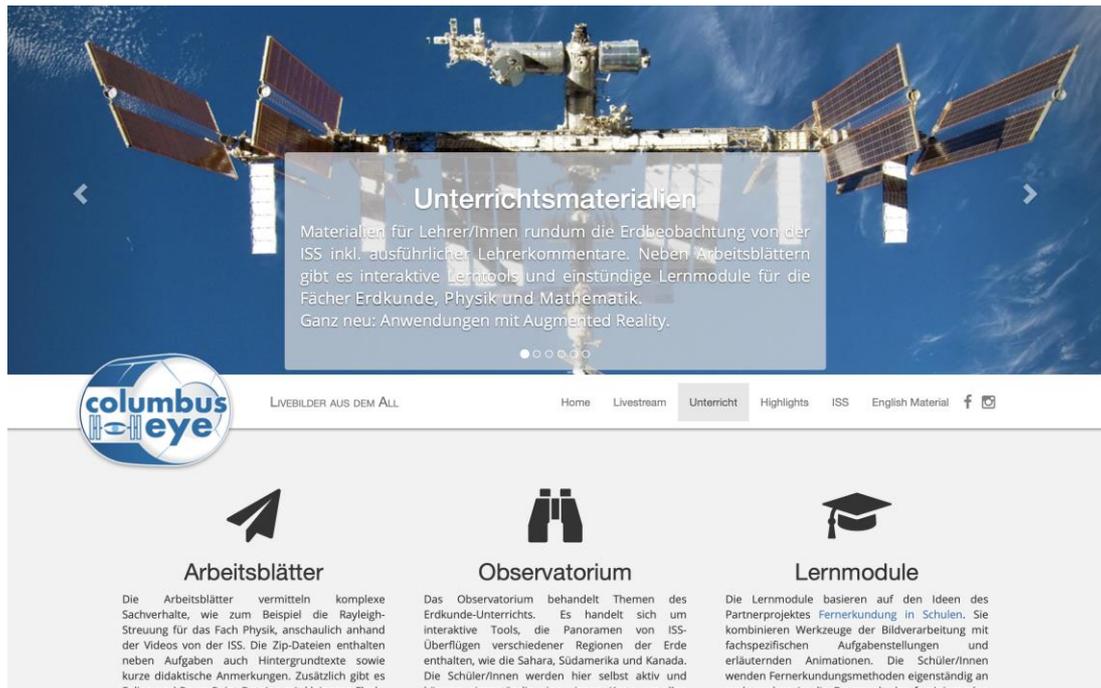


Abbildung 4.8: Webportal Columbus Eye – Unterricht, abrufbar unter: www.columbuseye.uni-bonn.de (Screenshot 23.08.20).

Das didaktische Konzept bildet sich – in Anlehnung an die Konzipierung von FIS II – auf Grundlage des moderaten Konstruktivismus. Das Projekt Columbus Eye fokussiert sich dabei auf die ISS-Kameras, während sich das Projekt FIS II auf das umfassende Spektrum von Fernerkundungssensoren wie Landsat, RapidEye, Meteosat oder TerraSAR-X nutzt. Beide Projekte fördern die Medien- und Methodenkompetenz sowie das eigenständige Arbeiten der Schüler (RIENOW et al. 2015a, 2015b). „Schlussendlich dient die Wissensvermittlung aus der Vogelperspektive schließlich dazu, die Kinder auf anschauliche Weise für die Implikationen des gekoppelten Mensch-Umwelt-Systems zu sensibilisieren und ihnen Werkzeuge an die Hand zu geben, mit denen sie den Titel von Gersts Mission „*Blue Dot – shaping the future*“ selbst erleben können“ (RIENOW et al. 2015b:63).

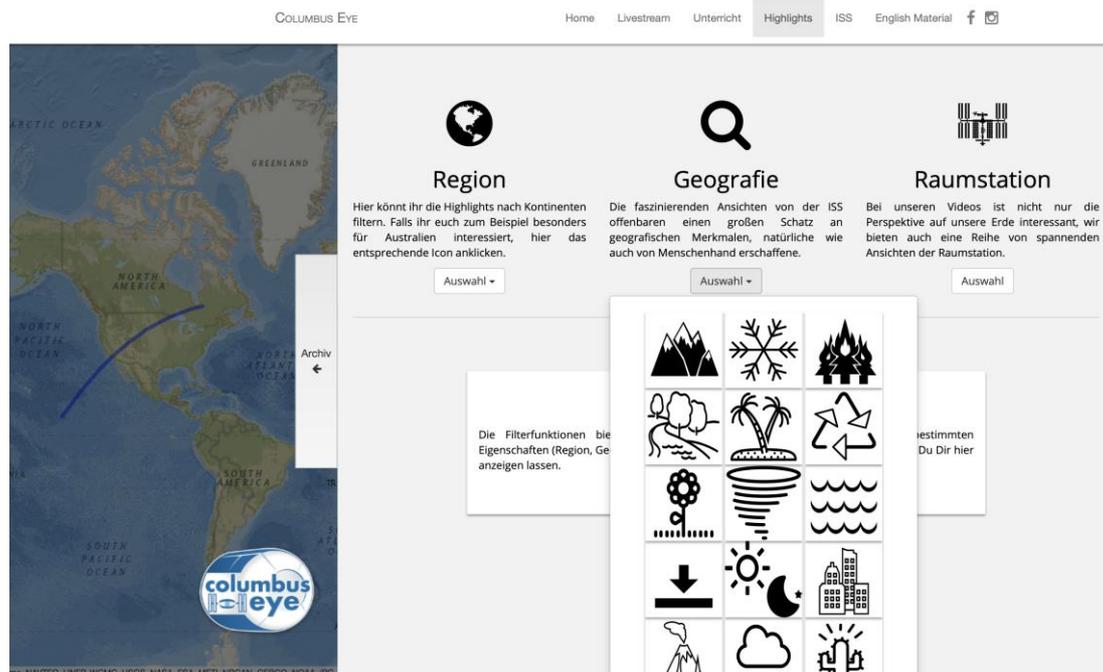


Abbildung 4.9: Webportal Columbus Eye – Highlights, abrufbar unter: www.columbuseye.uni-bonn.de (Screenshot: 23.08.20).

Damit auch nach Gersts Mission „Blue dot“ Columbus Eye den Schülern die Welt eines Astronauten in Verbindung mit Fernerkundung näherbringt, wurde durch „Columbus Eye +“ das öffentlichkeitswirksame Potenzial der Erdbeobachtung von der ISS in Wert gesetzt sowie zusätzliche Möglichkeiten des naturwissenschaftlichen Transfers zugänglich gemacht. Dabei verfolgt das Gesamtprojekt das Ziel, die Verbreitung und die Vertiefung von Wissen über die sogenannten Schlüsseltechnologien der Raumfahrt wie der Fernerkundung durch das Webportal sowie einer begleitenden Road Show durch die Schulen Deutschlands vorzunehmen. Neben dem bereits erwähnten „Observatorium“ wurde das Lernportal mit einem Live-Stream auf der Startseite ergänzt (RIENOW et al. 2017). Die aufeinander aufbauenden Ziele des Columbus-Eye-Projektes, das sich in zwei Arbeits- und Förderphasen unterteilt, verbinden – ausgehend von einer öffentlichkeitswirksamen Kombination von Raumfahrt und Fernerkundung durch den thematisch eingebauten Langzeitaufenthalt des deutschen ESA-Astronauten Alexander Gerst auf der ISS – den aufkommenden „Astrohype“ der deutschen und internationalen Medien mit der Vermittlung von wissenschaftlichen Fernerkundungsdaten und Grundlagen der bemannten Raumfahrt an Kinder und Jugendliche, was anhand der folgenden Abbildung 4.10 deutlich wird.

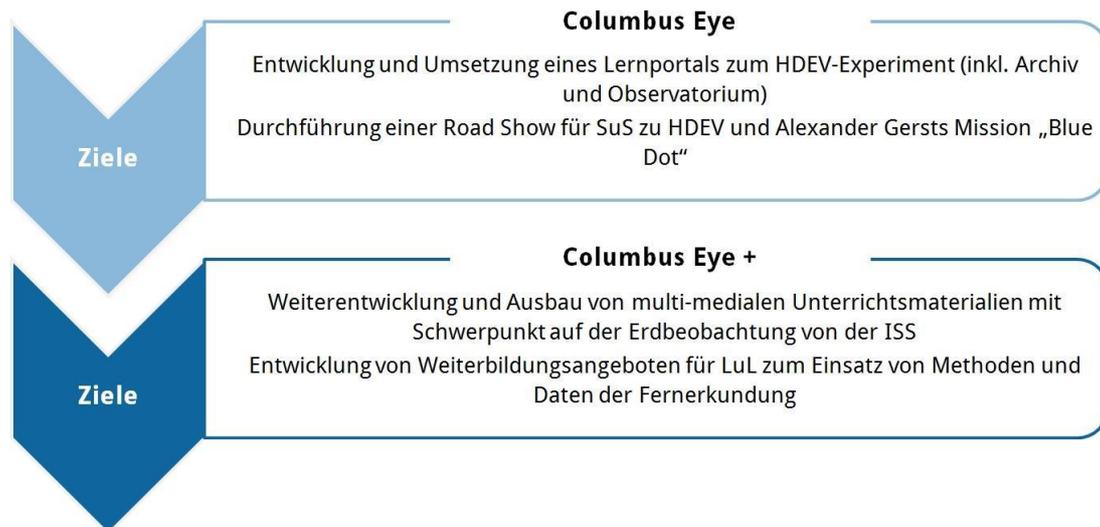


Abbildung 4.10: Projektphasen und Ziele von Columbus Eye (RIENOW et al. 2017:11).

Der oben genannte „Astrohype“ durch das mediale Interesse an der Raumfahrt durch die Mission „Blue Dot“ im Jahr 2014 unterstützte die Reichweite der aufbereiteten Unterrichtsmaterialien des Columbus-Eye-Projektes, welche nur ein Synergieeffekt des gesamten Projektes darstellt. „[...] Die Erfahrungen von FIS flossen permanent in Columbus Eye mit ein und ebenso strahlte die mediale Aufmerksamkeit, die das ISS-Projekt im Zuge des Raumfluges von Alexander Gerst genießen durfte, auch auf FIS zurück. Die Road Show von Columbus Eye brachte ebenfalls die Möglichkeit, die FIS-Materialien in Aula-Vorträgen, Unterrichtsstunden und Lehrerfortbildungen deutschlandweit unterzubringen. Die im FIS-Projekt aufgebauten Kontakte zu schulischen und außerschulischen Institutionen kamen wiederum Columbus Eye zugute, da man so auf einem bestehenden nationalen und internationalen Bildungsnetzwerk aufbauen konnte“ (RIENOW et al. 2017:25).

Ausgehend von diesen Rahmenbedingungen profitierte auch das GSA als „FIS-Zertifikat-Schule“ und einer initiierten Kooperation durch die vorherige und voluntativ begleitende Tätigkeit im Studium in der AG Fernerkundung des GIUB, da das Gymnasium im Schuljahr 2014/15 die einmalige Gelegenheit erhielt, durch einen sogenannten ARISS²²-Live-Call in Zusammenarbeit mit dem DLR, dem GIUB, dem DARC²³ e.V. sowie der NASA zu dem ESA-Astronauten Alexander Gerst auf der ISS *live* über eine zugeschaltete Funkverbindung Kontakt aufzunehmen (DLR 2014). Die Schüler der damaligen ISS-AG – einer Arbeitsgemeinschaft zum Thema Luft- und Raumfahrt, die eigens für den ARISS-Live-Call gegründet wurde – hatten sich fast ein ganzes Schuljahr auf diesen *Live*-Kontakt zu dem bekannten Astronauten vor-

²² ARISS: Amateur Radio on the International Space Station.

²³ DARC e. V.: Deutscher Amateur-Radio-Club e. V.

bereitet, indem sie mehrere Themengebiete der Raumfahrt in Projektarbeit u.a. mithilfe der bereits von Columbus Eye zur Verfügung gestellten Bilddaten und Hintergrundinformationen sowie Informationsbroschüren des DLR (z. B. zur ISS und der Mission „Blue Dot“) unter Anleitung und Begleitung sowie im Austausch mit der universitären Arbeitsgruppe selbstständig erarbeitet hatten. Begleitend zu den Themen der Raumfahrt im Allgemeinen und der Mission „Blue Dot“ mit Alexander Gerst im Besonderen wurde das Thema Fernerkundung, das durch das Projekt FIS bereits einigen Schülern aus dem Geographieunterricht bekannt war, durch das Anschlussprojekt Columbus Eye vertiefend erforscht. Dabei ermöglichten die Live-Bilder der Kameras von der ISS des NASA-Experimentes „*High Definition Earth Viewing*“ eine interaktive Unterrichtsgestaltung. Die Schüler der AG konnten diese Aufnahmen an ihren Laptops zu geographisch relevanten Problemstellungen unter temporärer Anleitung der wissenschaftlichen Mitarbeiter der Universität selbstständig auswerten. Gleichzeitig konnte die *Live-Positionierung* der ISS durch das Webportal des Projektes abgerufen werden, was u.a. die Dimension der Schnelligkeit der ISS in ihrer Umlaufbahn den Schülern anschaulich verdeutlichen konnte. In Expertengruppen wurden die verschiedenen Themengebiete im Plenum präsentiert, ergänzt, diskutiert und innerhalb eines Schulbesuches einer Raumfahrtexpertin des DLR in Oberkassel in der AG evaluiert. Die Fragen, die bei den meisten Schülern nach Abschluss der Projektarbeit offenblieben, wurden anschließend für den Kontakt mit Alexander Gerst gesammelt und vorbereitet. Der Countdown für den *Live-Call* rückte schlussendlich in den Fokus der Schuljahre 2013/14 und 2014/15. Voller An- und Spannung einer ganzen Schulgemeinschaft und insbesondere dem vorbereitenden Team aller beteiligter Institutionen konnte schließlich am 01.09.2014 gegen 15:13 Uhr ein erfolgreicher *Live-Kontakt* zum Astronauten Alexander Gerst – trotz einer kurzfristig geplatzten *Live-TV-Übertragung* zur ISS – per Funk zustande kommen. Der Höhepunkt einer im Vorfeld lange geplanten Projektarbeit mit verschiedenen Institutionen – der *Live-Call* mit dem deutschen ESA-Astronauten – blieb dabei nicht nur allen Schülern der AG, sondern der gesamten Schulgemeinschaft nachhaltig im Gedächtnis, da eine derartige mediale Aufmerksamkeit auf die Schule in Verbindung mit dem ARISS-Live-Call und der Zusammenarbeit mit den genannten Institutionen eine außergewöhnlich große Reichweite erzielen konnte (s. Anhang A), die für alle Beteiligten der gemeinschaftlichen Veranstaltung Synergieeffekte bereithielt, die im Kapitel 8 ausführlich erläutert werden.



Abbildung 4.11: ARISS-Live-Call (Aula GSA) – 1. September 2014 (Gymnasium Siegburg Alleenstraße – Archiv).

An dieser Stelle bleibt schon festzuhalten, dass ausgehend von diesem öffentlichkeitswirksamen „Schulevent“ die Verbindung von Fernerkundungsdaten mit Raumfahrt einen nachhaltigen Eindruck auf die Schulgemeinschaft ausübte, der die Möglichkeiten der Implementierung von Fernerkundung in den Schulunterricht positiv beeinflusste und auch die Integration der Unterrichtsmaterialien der FIS-Projekte bei der Lehrerschaft am GSA begünstigte, sodass auch die AG Fernerkundung des GIUB – auch vor dem Hintergrund gemeinsamer Medienauftritte für das Projekt Columbus Eye im Schulunterricht am GSA – ihre Kooperation vertiefen konnte, da das Projekt eine breite Akzeptanz in der Schüler- wie Lehrerschaft durch den *Live-Call* erreichen konnte. Im Schuljahr 2015/16 wurde die Kooperation zwischen dem GSA und der AG Fernerkundung des GIUB durch die Unterstützung der Schulleitung sowie der formale Durchlauf der Schulgremien für eine Implementierung des Schulfaches „Geographie-Physik“ mit dem Teilbereich Fernerkundung möglich und eine gemeinsame Kooperation offiziell akkreditiert (vgl. dazu Kapitel 8.1.1).

Nach der ersten Projektphase von Columbus Eye, die sich – auch in Verbindung mit dem ARISS-Live-Call am GSA – auf die Mission Alexander Gersts fokussierte, wurden aufbauend auf den ersten Projektzielen das Webportal mit Lehr- und Lernmaterialien ergänzt. In Anlehnung an die Projekte FIS wurden dabei die Entwicklungsprinzipien „Interaktivität“, „Intermedialität“ und „Interdisziplinarität“ umgesetzt. Dabei versteht sich das Prinzip der „Interaktivität“ so, dass der Lernende sich selbstständig mit dem Geomedium auseinandersetzt und dabei

durch handlungssteuernde Strukturen in Form von Werkzeugen, interaktiven Animationen, Feedback o. Ä. unterstützt wird. Das Prinzip der „Intermedialität“ berücksichtigt eine mehrdimensionale Wissensvermittlung, da die Lernumgebung mit klassischen wie digitalen Geomedien kombiniert werden soll. Da die Fernerkundung eine fächerübergreifende Disziplin darstellt, sollen vor dem Hintergrund der „Interdisziplinarität“ die technischen und physikalischen Grundlagen der Fernerkundung in den Schulfächern Mathematik, Physik und Informatik behandelt werden, während die Analyse der Bilddaten in die anwendungsnahen Schulfächer Geographie und Biologie fällt (RIENOW et al. 2017).

Vor dem Hintergrund der Integration von Fernerkundung in den Schulunterricht am Beispiel des GSA erfahren die in dem Projekt Columbus Eye entwickelten Unterrichtsmaterialien in Verbindung mit den Materialien der FIS-Projekte eine besondere Bedeutung, wenn die Implementierung eines neuen Schulfaches im Differenzierungsbereich der Sek. I in Kooperation mit der Universität Bonn erfolgen soll, was in Kapitel 8 eingehend dargestellt wird.

4.3 KEPLER ISS – Kompetenzorientiertes, erfahrungsbasiertes und praktisches Lernen mit Erdbeobachtung von der ISS

Aufbauend auf den Grundlagen und den Prinzipien des Projektes Columbus Eye verfolgt das Nachfolgeprojekt „KEPLER ISS – Kompetenzorientiertes, erfahrungsbasiertes und praktisches Lernen mit Erdbeobachtung von der ISS“ das primäre Ziel, mit dem Videomaterial des im vorherigen Kapitel beschriebenen HDEV-Experiments der NASA Unterrichtsmaterialien – vornehmlich *Augmented Reality* Apps oder Mini-MOOCs (*Massive Open Online Courses*) – für den Schulunterricht für die Fächer Geographie, Physik, Biologie, Informatik sowie Mathematik zu entwickeln und auf dem durch Columbus Eye entwickeltem Webportal zu integrieren. Das Projekt, das seit Mai 2017 durch die AG Fernerkundung des GIUB und der AG Geomatik der RUB umgesetzt wird, erfolgt – wie auch schon die Vorgängerprojekte – in Zusammenarbeit mit dem DLR und wird durch Mittel des BMWi finanziell getragen (DRIEBEN 2017b, SCHULTZ et al. 2018, LINDNER et al. 2019a, 2019b).

Da das Projekt KEPLER ISS erst im Laufe der Implementierung des neuen MINT-Differenzierungsfachs „Geographie-Physik“ am GSA initiiert wurde, konnten die im Rahmen des Projektes entwickelten interaktiven Unterrichtsmaterialien im Schulunterricht am GSA erprobt und evaluiert werden. Im Sinne der chronologischen Einordnung der universitären Projekte seit Beginn der wissenschaftlichen Untersuchung im Rahmen dieser Arbeit soll das Projekt jedoch an dieser Stelle nur kurz dargestellt werden, um im nachfolgenden Kapitel 5 – aufbauend auf den

Fragestellungen zur Implementierung von Fernerkundung in den Schulunterricht – eingehender thematisiert werden zu können.

4.4 Ausgangslage der ersten Forschungsfragen

In den vorherigen Kapiteln wurde sehr gut deutlich, dass die beschleunigte Entwicklung der Fernerkundung in der Disziplin Geographie mit der vergleichsweise verzögerten Entwicklung fernerkundungsdidaktischer Grundlagen für den Schulunterricht in Deutschland bzw. in NRW nicht Schritt halten konnte und das Potenzial, das Satellitenbilder für den Schulunterricht bereithalten, entweder nur punktuell oder (immer noch) lediglich als ergänzendes Geomedium in Form von Echtfarbenbildern – insbesondere in den Standardschulbüchern in NRW (s. Kapitel 3.4) – genutzt wird. Diese Ausgangslage für das Schulfach Geographie im Bundesland NRW erscheint dadurch widersprüchlich, da die Bildungsstandards für das Fach Geographie in Deutschland und das Kerncurriculum für die Sek. I in NRW die Einbindung entsprechender Geomedien wie Satellitenbilder und GIS im Erdkundeunterricht einfordern. Zudem wird in der Lehrerbildung in Deutschland sowie in NRW – wie am Beispiel der Universitäten Bonn und Bochum – das Thema in den letzten Jahren verstärkt in die Ausbildung mit eingebunden (s. Kapitel 3.7), sodass – theoretisch – eine problemlose Implementierung von Fernerkundung in den Geographieunterricht möglich ist.

Mit Rückgriff auf die Ergebnisse der Ersten und Zweiten Staatsexamensarbeit (STÜMPER 2009, STÜMPER 2011) hat sich jedoch der Eindruck, den die Autorin in der Unterrichtspraxis als Lehrerin in NRW gewinnen konnte – wie sich auch durch die erste Befragung vor dem Hintergrund dieser Studie erkennen lässt – die Einbindung von Satellitenbildern in Verbindung mit dem Thema Fernerkundung im Schulunterricht in der Sek. I nicht signifikant beschleunigt. Durch die Begleitung des Projektes FIS seit 2006 und durch Erfahrungen in der Schulpraxis – eingangs noch durch die Integration der ersten interaktiven Lernmodule im Geographieunterricht von FIS I – mit den digitalen Unterrichtsmaterialien der oben beschriebenen universitären Projekte der AG Fernerkundung des GIUB kann eine nachhaltige Integration in den Erdkundeunterricht der Sek. I in NRW ermöglicht werden (STÜMPER 2009, STÜMPER 2011) und wird durch eine stetige Verbesserung der technischen Grundausstattung an Gymnasien in NRW erleichtert (STÜMPER 2013). Inwiefern – und vor allem wie nachhaltig – insbesondere Geographielehrkräfte die aufbereiteten Unterrichtsmaterialien der Projekte FIS, Columbus Eye sowie KEPLER ISS in ihren Unterricht einbinden, hängt einerseits von der universitären Ausbildung und dem persönlichen Engagement der Lehrkraft zum Thema Fernerkundung ab, andererseits kann die

Integration der aufbereiteten Unterrichtsmaterialien durch Erprobungen in Lehrerfortbildungen begünstigt werden. Die Verbreitung der Unterrichtsmaterialien auf dem Webportal des Projektes FIS und dem Webportal des Projektes Columbus Eye erleichtert in jeder Hinsicht den Zugriff auf mögliche Unterrichtsmaterialien zum Thema Fernerkundung, die über eine visuelle Interpretation von Echtfarbensatellitenbildern hinaus gehen, und erleichtert zudem die Unterrichtsvorbereitung der Lehrkräfte.

Nichtsdestotrotz scheint die theoretische Möglichkeit der Integration des Themas Fernerkundung mit der praktischen Umsetzung im Schulunterricht in NRW nicht übereinzustimmen. In den letzten Jahren wurden die Unterrichtsmaterialien der universitären Projekte sehr vielen Lehrkräften – nicht nur am GSA – empfohlen, sodass man – theoretisch – von einer, mittlerweile, stärkeren Einbindung von Satellitenbildern im Geographieunterricht ausgehen könnte, was sich jedoch, wie schon bereits erwähnt, nicht mit dem Eindruck in der Schulpraxis in NRW deckt, was durch diese Studie – auch in Anlehnung an die Hindernisse, die von FUCHSGRUBER et al. 2017 beschrieben werden – wieder deutlich aufgezeigt werden kann.

Als Ausgangslage dieser Studie dient die Tatsache, dass – trotz Entwicklung zahlreicher Unterrichtsmaterialien zum Thema Fernerkundung durch die Universitäten Bonn, Bochum und der PH Heidelberg – der Einsatz entsprechender Geomedien noch nicht nachhaltig in die Schulpraxis in NRW integriert werden konnte. Die Frage, die sich hierbei grundlegend stellt, ist, ob durch ein eigenständiges Schulfach zum Thema Fernerkundung in der Sek. I eine nachhaltige Integration der Thematik mit entsprechenden Geomedien in den Schulunterricht in NRW erfolgen kann.

Die Fragestellungen, die sich auf dieser Ausgangslage und auf Basis der theoretischen Grundlagen zum aktuellen Forschungsstand des Themas Fernerkundung im Schulunterricht der Sek. I in NRW stellen, beziehen sich dabei nicht nur auf die Möglichkeit einer nachhaltigen Integration des Themas in den Erdkundeunterricht, sondern erwägen eine nachhaltige Integration der Thematik durch ein eigenständiges interdisziplinäres Schulfach im Differenzierungsbereich der Sek. I in NRW. In diesem Kontext müssen nicht nur inhaltliche Rahmenbedingungen für ein entsprechendes Schulfachkonzept, das durch das Thema Fernerkundung in den MINT-Bereich eingeordnet werden kann, berücksichtigt werden, sondern auch die formalen Grundlagen einer möglichen Schulfachentwicklung vor dem Hintergrund einer personellen und technischen Umsetzung explorativ erfasst werden. Hierbei werden die formalen Rahmenbedingungen von Gymnasien in NRW nach inhaltlichen, formalen und technischen Grundlagen klassifiziert und von den Rahmenbedingungen für die Umsetzung durch Lehrkräfte unterschieden:

Formale Rahmenbedingungen von Gymnasien in NRW:

Fragestellung 1:

Welche Möglichkeiten haben Gymnasien in NRW das Thema Fernerkundung im Rahmen eines neuen MINT-Schulfaches zu implementieren?

Ausgehend von dieser Forschungsfrage müssen folgenden Fragestellungen mit eingebunden werden:

Fragestellung 1.1:

Welche Unterrichtsthemen können – mit Berücksichtigung der Kernlehrpläne – durch Fernerkundung erfasst werden?

Fragestellung 1.2:

Welche schulformalistischen Vorgaben müssen bei der Entwicklung eines neuen MINT-Schulfaches – hier am Beispiel des MINT-Differenzierungsfaches „Geographie-Physik – berücksichtigt werden?

Fragestellung 1.3:

Welche schulischen und technischen Voraussetzungen müssen bei der Implementierung eines neuen MINT-Schulfaches zum Thema Fernerkundung im Differenzierungsbereich der Sekundarstufe I berücksichtigt werden?

Rahmenbedingungen für Lehrkräfte:

Fragestellung 2:

Welche Voraussetzungen müssen Lehrkräfte für das Unterrichten des neuen MINT-Differenzierungsfaches „Geographie-Physik“ zum Thema Fernerkundung erfüllen?

II THEORETISCHE GRUNDLAGEN DES NEUEN MINT-SCHULFACH-KONZEPTE ZUR INTEGRATION VON FERNERKUNDUNG IN DEN SCHULUNTERRICHT

5 Didaktisch-methodische Grundlagen des MINT-Schulfachkonzeptes zur Integration von Fernerkundung durch das neue Wahlpflichtfach „Geographie-Physik“

Aufgrund der Tatsache, dass – bedingt durch die formalen Rahmenbedingungen in NRW – (vgl. dazu Kapitel 7) – ein neues Schulfachkonzept bzw. Schulfach für den Unterricht in der Sek. I im Differenzierungsbereich als Wahlpflichtfach möglich ist, werden in diesem Kapitel die didaktisch-methodischen Grundlagen für ein interdisziplinär konzipiertes MINT-Schulfach für die Jahrgangsstufen 8 und 9 nach G8²⁴ an der Fallschule ausgearbeitet. Die Wahl auf die Teilbereiche der Fächer Geographie und Physik als vornehmlich fächerübergreifendes, aber auch fächerverbindendes Unterrichtsprinzip ergibt sich durch die Grundlagen der Fernerkundungsmethoden, die dem Fach Physik zuzuordnen sind, während die Informationen der Fernerkundungsmethoden für geographische Fragestellungen genutzt werden können. Die Integration des Themas Fernerkundung in den Schulunterricht kann dementsprechend durch eine Kombination der Fächer Geographie und Physik ermöglicht werden. Die Konzipierung als Wahlpflichtfach im MINT-Bereich ergibt sich aus den physikalischen Grundlagen der Fernerkundung sowie durch die bewusste Entscheidung für die geographischen Inhaltsfelder, die einen Schwerpunkt der Physischen Geographie beinhalten sollen, um den unterrepräsentierten MINT-Anteil physisch-geographischer Inhalte im Kerncurriculum der Sek. I für das Schulfach Erdkunde in NRW auszugleichen. Die Konzeption des neuen Wahlpflichtfaches orientiert sich dabei an den Empfehlungen der KMK zur Stärkung der mathematisch-naturwissenschaftlich-technischen Bildung (KMK 2009), die – in Anlehnung an die entwickelten nationalen Bildungsstandards – die Schulen in Deutschland explizit auffordern, geeignete fächerübergreifende und fächerverbindenden Unterrichtskonzeptionen, aber auch außerunterrichtliche Lern- und Erfahrungsmöglichkeiten für den naturwissenschaftlich-technischen Bereich in der Sek. I zu integrieren, um den Wert der MINT-Bildung für die wirtschaftliche (Weiter-)Entwicklung des Landes in der Schulbildung zu stärken. Der Maßnahmenkatalog der Empfehlungen sieht im Handlungsfeld der Sek. I u.a. vor, dass neben einer Sicherstellung von interdisziplinärem oder fächerverbindendem Unterricht im naturwissenschaftlich-technischen Bereich auch entsprechende Konzepte entwickelt werden sollen, „[...] die neben der Vertiefung übergreifender fachlicher Kompetenzen besonders das Interesse der Schülerinnen und Schüler an Naturwissenschaften und Technik fördern sollen“ (KMK 2009:4).

²⁴ G8: gymnasialer Abschluss nach 8 Schuljahren.

Aufgrund der Tatsache, dass in Deutschland noch immer ein Fachkräftemangel im mathematisch-naturwissenschaftlich-technischen Bereich zu verzeichnen ist, weist die KMK (2009) darauf hin, dass die Ausbildung junger Menschen im MINT-Bereich bereits frühzeitig in der Schule gefördert werden muss, da die MINT-Fächer – insbesondere Physik – bei jungen Menschen als Schulfach oder auch Studiengang immer noch eine zu geringe positive Resonanz erfahren.

Um dieses interdisziplinär angelegte Schulfachkonzept für den Wahlpflichtbereich mithilfe der digitalen Unterrichtsmaterialien der dargestellten Projekte FIS, Columbus Eye und KEPLER ISS zu entwickeln, werden die didaktisch-methodischen Grundlagen aufgezeigt, die bei der Konzipierung des neuen MINT-Wahlpflichtfachs „Geographie-Physik“ – als Beispielfach für die Integration des Themas Fernerkundung in der Sek. I in NRW – am GSA integriert wurden. Durch den geplanten Einsatz von unterschiedlichsten – multimedialen – Lerneinheiten zur Integration der Thematik in den Schulunterricht bilden die mediendidaktischen Grundlagen – in Anlehnung an die lerntheoretischen Grundannahmen – den grundlegenden Rahmen der Schulfachkonzeption. Dabei soll, auch vor dem Hintergrund der Digitalisierung der Schulen in Deutschland bzw. in NRW, der Einsatz verschiedener digitaler (Geo-)Medien zur Fernerkundung im Fokus der Schulfachgestaltung stehen.

5.1 Interdisziplinarität

„Interdisziplinarität ist ein Unterrichtsprinzip, bei dem im schulischen Lernen fachspezifische Ziele, Inhalte und Methoden in überfachliche Fragestellungen integriert werden“ (RINSCHÉDE & SIEGMUND 2020:172). Daher erfolgt das Lernen nicht nur aus der Perspektive einer Disziplin bzw. einem Unterrichtsfach, sondern durch die Integration verschiedener Fachrichtungen bzw. Schulfächer (SCHALLHORN 1998). Prinzipiell werden nach dem Grad der Integration von Fächern drei Formen für den Geographieunterricht differenziert. Neben dem „fach- oder fächerübergreifendem Unterricht“ werden der „fächerverbindende Unterricht“ sowie der „integrierte/überfachliche Unterricht“ unterschieden (KIRCHBERG 1998, RINSCHÉDE & SIEGMUND 2020). Während der fach- oder fächerübergreifende Unterricht vergleichbare Ziele und Inhalte integriert, um Zusammenhänge verstehen zu können (KIRCHBERG 1998), erfolgt beim fächerverbindenden Unterricht ebenso die gemeinsame Behandlung von Themen durch verschiedene Fächer. In diesem Kontext wird die Interdisziplinarität auch durch den zusätzlichen Einsatz außerschulischer Fachkräfte verwirklicht (KÖCK & OTT 1997, RINSCHÉDE & SIEGMUND 2020). Das überfachliche Unterrichtsprinzip zeichnet sich durch die Aufgabe des Fachunterrichts zu-

gunsten ungefächerter Themenfelder aus, die beispielsweise überfachliche Schlüsselprobleme behandeln (KIRCHBERG 1998, RINSCHÉDE & SIEGMUND 2020).

Bereits in den 1990er Jahren hatte BREITBACH (1996) eine fächerübergreifende Integration des Themas Fernerkundung in den Physikunterricht vorgeschlagen. Insbesondere die Voraussetzungen der Fernerkundungsmethoden, wie beispielsweise die Zusammensetzung des elektromagnetischen Spektrums, können aus der Perspektive des Schulfaches Physik erklärt werden, während die technischen Grundlagen – basierend auf den physikalischen – aus der Sicht der Informatik vermittelt werden können. Die Geographie kann die gewonnenen Informationen der Fernerkundungsmethoden mit ihren Geomedien für ihre fachspezifischen Untersuchungen nutzen.

Aus diesem Grund erfolgt die Unterrichtsgestaltung des neuen Wahlpflichtfaches „Geographie-Physik“ im Sinne des fächerübergreifenden Unterrichtsprinzips, da Themen der Physik zum Verständnis der Fernerkundungsmethoden, die zur Beantwortung geographischer Fragestellungen genutzt werden können, integriert werden. Ergänzend dazu werden physisch-geographische Fragestellungen, wie beispielsweise der Aufbau der Atmosphäre, mit dem Schulfach Physik gesucht, um durch aufeinander aufbauende Kenntnisse den jeweiligen Fachunterricht effizienter gestalten zu können (DÖRMER & OBERMAIER 1999). Darüber hinaus enthält das neue Schulfachkonzept auch Elemente des fächerverbindenden Unterrichts, da im Rahmen einer Kooperation mit universitären Arbeitsgruppen auch zusätzliche Fachinhalte der Fernerkundung sowie der Geomatik durch Expertengespräche, Projekte, Exkursionen o. Ä. integriert werden sollen. Hierbei wird auch die Perspektive des Schulfaches Informatik mit eingebunden, welche die technischen Voraussetzungen der Fernerkundung erklären kann. Das fächerverbindende Unterrichtsprinzip ist jedoch für eine beispielhafte Integration des Themas Fernerkundung durch ein neues Wahlpflichtfach nicht zwingend notwendig, sondern ergibt sich im konkreten Fall aus den Rahmenbedingungen der außerschulischen Kooperationen mit den Universitäten Bonn und Bochum am GSA (vgl. dazu Kapitel 8).

Die Initiierung des interdisziplinären Wahlpflichtfaches „Geographie-Physik“ trägt somit zu einem seit Jahren geforderten Anliegen bei, Lerninhalte fächerübergreifend umzusetzen, um eine Verbesserung des Unterrichts und ein bereichsübergreifendes bzw. vernetzendes Denken der Schüler herbeizuführen. Dieser Kerngedanke wird in den meisten Lehr- und Bildungsplänen Deutschlands verbindlich verlangt (KIRCHBERG 2005, RINGEL 2005, KMK 2009).

Das Unterrichtskonzept des Projektes FIS basiert aufgrund der Komplexität der Fernerkundung auf dem Prinzip des fächerübergreifenden Unterrichts, das ebenfalls der Forderung in den Lehrplänen Deutschlands nachkommt. Ohne die Grundlagen der MINT-Fächer Physik, Informatik

und Mathematik kann das Thema Fernerkundung nicht erklärt werden (VOSS et al. 2007). Die interdisziplinär angelegten Lerneinheiten in Form eines Lernportals des Projektes FIS sind für die Einbindung in den Schulunterricht digital und interaktiv aufbereitet (GOETZKE et al. 2014a, RIENOW et al. 2015a, RIENOW 2016). Das Folgeprojekt Columbus Eye baut auf dem fächerübergreifenden Prinzip von FIS auf, integriert darüber hinaus aber noch das Thema Raumfahrt mit der Erdbeobachtung (vgl. Kapitel 4) (RIENOW et al. 2015b).

Dementsprechend kann festgehalten werden, dass die Kombination der Fächer Geographie und Physik im Sinne des fächerübergreifenden Unterrichts zur Integration des Themas Fernerkundung in den Schulunterricht auf das bereits interdisziplinär aufgebaute Lernportal zum Thema Fernerkundung des Projektes FIS zurückgreifen kann und die – ebenfalls auf einem Lernportal integrierten interaktiven Lernarrangements mit Live-Bildern/-Videos von der ISS des Projektes Columbus Eye integrieren kann, die nachfolgend durch KEPLER ISS fortgeführt werden.

Grundsätzlich kann für eine Integration der Thematik Fernerkundung fächerverbindender Unterricht nicht nur mit dem Schulfach Physik, sondern auch mit den MINT-Fächern Informatik, Mathematik und auch – für anwendungsbezogene Fragestellungen – mit dem Schulfach Biologie umgesetzt werden.

5.2 Förderung des vernetzenden Denkens

Ausgehend von der Erkenntnis, dass klassisches Lernen innerhalb fester Fachdisziplinen zu einer Systemtrennung und zum sogenannten „Schubladendenken“ führt, wird in fast allen Bildungs- und Lehrplänen vernetzendes Denken bzw. Lernen als Ziel des Unterrichts ausdrücklich verlangt bzw. angestrebt. Dementsprechend häufig erfolgt die Forderung nach interdisziplinärem Lernen, um eine „Vernetzung“ zu fördern (RICHTER 1998, RINSCHÉDE & SIEGMUND 2020).

Das Unterrichtskonzept des neuen MINT-Wahlpflichtfaches „Geographie-Physik“ ermöglicht nicht nur eine Vernetzung fachlicher Inhalte der Schulfächer Geographie und Physik, sondern fördert durch den Einsatz der interaktiven Lerneinheiten des Projektes FIS zum Thema Fernerkundung sowie durch die Anwendung von *Augmented-Reality*-Lernapps des Projektes Columbus Eye zum Thema Erdbeobachtung von der ISS das vernetzende Denken und Lernen, das als Schlüsselqualifikation in Bildungszielen explizit erwünscht ist (KÖCK 2001). Insbesondere das von KÖCK (2001) klassifizierte räumliche (chorische) Verständnis durch Vernetzen der Lage von Erdsachverhalten wird durch den Einsatz der digitalen Lerneinheiten der universitären Projekte angebahnt. Durch die inhaltliche und überfachliche Kombination der Schulfächer Geographie

und Physik wird das sogenannte transdisziplinär vernetzte Denken durch die Verknüpfungen zwischen geographischen und transgeographischen Sachverhalten (KÖCK 2001) – in diesem Fall der Fernerkundung sowie der Erdbeobachtung von der ISS – hergestellt. Das an die Fernerkundung sowie die ISS-Erdbeobachtung anknüpfende Thema der Raumfahrt durch die Projekte Columbus Eye und KEPLER ISS ermöglicht zudem eine weiterführende Konsolidierung des transdisziplinär vernetzten Denkens (KÖCK 2001). Die Konzeption des interdisziplinär angelegten Wahlpflichtfaches ermöglicht somit nicht nur durch die Kombination der Fächer- und Themeninhalte das vernetzende Denken, sondern bietet durch den Einsatz verschiedenster Lern- bzw. Geomedien die Möglichkeit einer nachhaltigen Vernetzung des räumlichen Verständnisses.

Zum methodischen Prinzip des vernetzenden Denkens gehört auch das sogenannte systemische Denken. In diesem Zusammenhang soll durch Systemdenken die geosphärische Welt als ein größtmögliches System verstanden werden, das aus unzähligen Subsystemen besteht (REMPFLER & UPHUES 2013). Durch die Kombination physisch-geographischer Inhalte mit physischen Grundlagen, die zudem mithilfe von Fernerkundungsmethoden vernetzt werden, kann diese Systemkompetenz gefördert werden, die für die Bewältigung der zukünftigen Probleme unserer Welt als Schlüsselqualifikation angesehen werden kann (MEYER 1997, RINSCHÉDE & SIEGMUND 2020).

5.3 Selbsttätigkeit und Handlungsorientierung

„Selbsttätigkeit beschreibt das selbst- oder mitgestaltete Lernen der Schüler/-innen, das vor allem der Verwirklichung des Erziehungsziels ‚Selbstständigkeit‘ dient“ (KÖCK 2000:264). Dabei wird Selbsttätigkeit als eine Handlung verstanden, die aus Eigeninitiative auf ein selbst gewähltes Ziel hin mit freigestellten Methoden sowie individuell ausgewählten Mitteln verläuft und einen eigenständigen sozialen Bezug mit Möglichkeiten der Selbstkontrolle beinhaltet (SCHRÖDER 2000). In diesem Kontext wird das Prinzip der Selbsttätigkeit nicht nur für eine Erfolg versprechender Vermittlung von fachlichen Inhalten, sondern auch bei der Förderung von Selbstständigkeit beim Erkennen von Problemstellungen, von Lösungsmöglichkeiten und Methoden der Aneignung von neuem Wissen und Fähigkeiten verstanden (RINSCHÉDE & SIEGMUND 2020).

Dieses methodische Unterrichtsprinzip ist seit J. A. COMENIUS in der Pädagogik zu finden, doch aktuell erfährt die Selbsttätigkeit des Schülers einen zentralen Stellenwert wie beispielsweise in Konzepten des „entdeckenden Lernens“, des „schülerorientierten Unterrichts“ sowie des „handlungsorientierten Unterrichts“ (KÖCK 2000).

Die Unterrichtsgestaltung im neuen Wahlpflichtfach bezieht – in einem ausgewogenen Anteil aus „*Bottom-up*“- und „*Top-down*“-Prinzip – die aktive Partizipation der Schüler mit ein. Aus diesem Grund erhalten die Schüler des Wahlpflichtfaches nicht nur die Möglichkeit, die Unterrichtsgestaltung aus eigenem Anlass auf ein selbst gewähltes Ziel hin mitzugestalten, sondern auch durch methodische Großformen des offenen Unterrichts wie Projektunterricht – der vorgegeben wird – ihre Selbsttätigkeit praktisch umzusetzen. Der Unterricht im neuen MINT-Schulfach kann sich dadurch inhaltlich wie methodisch weiterentwickeln.

Die didaktische Konstruktion der digitalen Lernarrangements der vorgestellten universitären Projekte fördert indes – „*top-down*“ – den „schülerorientierten Unterricht“, da die Schüler aktiv in den Unterricht eingebunden werden und dem Lehrer im Sinne des moderat-konstruktivistischen Lernmodells die Funktion des Beraters zukommen lassen (VOSS et al. 2007, VOSS 2011, RIENOW et al. 2015a).

Gerne wird das Prinzip der Selbsttätigkeit mit dem der Handlungsorientierung gleichgesetzt, auch wenn MEYER (1994) und BIRKENHAUER (1999) in diesem Kontext die Handlungsorientierung als methodisches Prinzip verstehen, die Schüler zum selbstbestimmten und damit zum schüleraktiven und nach Möglichkeit ganzheitlichem Tun im Unterricht anzuleiten. Die vereinbarten Handlungsprodukte zwischen den Schülern und der Lehrkraft sollen dabei die Organisation des Unterrichtsprozesses leiten, um Kopf- und Handarbeit der Schüler in ein ausgeglichenes Verhältnis bringen zu können. Hierbei soll das kritische Beurteilen von räumlichen Situationen durch möglichst viele Primärerfahrungen gefördert werden, „[...] um anschließend Lebenssituationen in Schule und Gesellschaft selbstständig handelnd verändern zu können“ (RINSCHÉDE & SIEGMUND 2020:167). GUDJONS (1987) verdeutlicht bei der Handlungsorientierung, dass Lehrer und Schüler gemeinsame Handlungsergebnisse realisieren sollen, die für alle Beteiligten einen sinnhaften Gebrauchswert darstellen. „Ein weiteres Ziel des handlungsorientierten Unterrichts ist, dass die Handlungsergebnisse den Klassen- und Schulraum verlassen und in die Öffentlichkeit getragen werden“ (GUDJONS 1987:8). Durch die methodischen Großformen wie Exkursionen, Projekte oder Experimente ist handlungsorientierter Unterricht am unkompliziertesten zu realisieren (RASCHKE 2018, RINSCHÉDE & SIEGMUND 2020).

In Anlehnung an die Prinzipien der Selbsttätigkeit und der Handlungsorientierung wird im neuen MINT-Wahlpflichtfach ein Unterrichtskonzept umgesetzt, das durch den Einsatz des digitalen und interaktiven FIS-Lernportals mit spezifischen Recherche- und Analysetools und multimedialen Lernmodulen mit einem hohen Grad an Interaktionsmöglichkeiten eine handlungsorientierte Herangehensweise im Unterricht bietet, die das selbstständige und entdeckende Lernen

der Schüler fördert (VOSS 2011). Die Konzeption der interaktiven Apps mit *Augmented-Reality*-Elementen des Anschlussprojektes Columbus Eye setzt dabei die schülerorientierte Herangehensweise der FIS-Unterrichtsmaterialien durch Selbstorganisation der Schüler fort (RIENOW et al. 2017). Diese Vorgehensweise entspricht auch dem Prinzip des erwünschten Handelns nach GUDJONS (1987), das – von einem Problembewusstsein getragen – auch auf die Methoden der Informationsbeschaffung, -verarbeitung und -deutung sowie der Informationsdarstellung übertragen werden soll. Das Unterrichtskonzept des neuen MINT-Wahlpflichtfaches soll zudem durch Expertengespräche, Exkursionen und Projekte einen handlungsorientierten Unterricht ermöglichen, der den Schülern möglichst viele Primärerfahrungen bieten kann. Diese Vorhaben können gemeinsam mit den universitären Kooperationspartnern in Form von außerschulischen Projektarbeiten, Exkursionen und Expertengesprächen an außerschulischen Lernorten, wie beispielsweise der Universität, umgesetzt werden. Diese methodische Herangehensweise erfüllt in Anlehnung an die Empfehlungen der KMK zur Stärkung des mathematisch-naturwissenschaftlich-technischen Bildung (KMK 2009) die Maßnahme, mit außerschulischen Partnern – insbesondere mit Hochschulen und Instituten – zu kooperieren und damit auch effiziente Strukturen zur Berufs- und Studienorientierung zu schaffen.

5.4 Mediendidaktische und lerntheoretische Grundlagen zur nachhaltigen Integration von Fernerkundung in den Schulunterricht der Sekundarstufe I

In diesem Teilkapitel sollen im Überblick die mediendidaktischen sowie die lerntheoretischen Grundlagen zur Integration des Themas Fernerkundung durch das neue MINT-Wahlpflichtfach „Geographie-Physik“ beschrieben werden, die in Kombination mit den digitalen und interaktiven Lernarrangements der universitären Projekte in die Unterrichtskonzeption mit eingebunden werden. Hierbei soll ergänzend eine Zusammenführung der für die Schulfachkonzeption relevanten Grundlagen der Mediendidaktik und der Geographiedidaktik in Anlehnung an das Modell einer fernerkundungsdidaktischen Gesamtkonzeption von SIEGMUND (2011) erfolgen, um ein praxisorientiertes Unterrichtskonzept zur nachhaltigen Integration des Themas Fernerkundung in den Schulunterricht der Sek. I durch den Einsatz der didaktisch aufbereiteten digitalen Unterrichtsmaterialien der Projekte FIS, Columbus Eye und KEPLER ISS zu entwickeln.

5.4.1 Mediendidaktische Unterrichtsplanung mit digitalen Medien

Um instrumentale Fähigkeiten und Fertigkeiten im Sinne der Methodenkompetenz zu entwickeln, nehmen Medien eine wichtige Funktion im Geographieunterricht ein. „Im Bereich der Fachmethoden (= geographische Arbeitsweisen) stellen sie zunächst das Produkt im Rahmen der Informationsdarstellung (= Codierung) dar, [...]. Die Interpretation (= Dekodierung) der selbst oder von anderen erstellten Medien macht den wichtigsten Bereich der Fachmethoden im Geographieunterricht aus“ (RINSCHDE & SIEGMUND 2020:301). Vor diesem Hintergrund wird bei der Gestaltung des neuen MINT-Unterrichts die Förderung der Methodenkompetenz – neben der Förderung der Medienkompetenz – der eingesetzten digitalen Geomedien der universitären Projekte in den Vordergrund gestellt. Die Schüler sollen dazu angeleitet werden, Medien zu fächerübergreifenden und fächerverbindenden Kontexten selbst zu produzieren und zu interpretieren. Hierbei sind die digitalen Geomedien Satellitenbilder und Live-Bilder/-Videos von der ISS in die praktische Anwendung verschiedener digitaler Medien in Form von interaktiven Lernarrangements integriert.

Grundsätzlich werden digitale Medien als „[...] computerbasierte Medien, die als Träger oder Mittler von Informationen dienen“ [definiert] (DITTER & SIEGMUND 2013:54), während die digitalen Geomedien eine Sonderform darstellen. Die digitalen Geomedien Satellitenbild und Live-Bild/-Video von der ISS stellen digital codierte raumbezogene Daten zu fachspezifischen Sachverhalten dar. Dazu gehört neben der Verwaltung, Analyse und Visualisierung der Daten auch die dafür erforderlichen technischen Geräte und Software (SIEGMUND & MICHEL 2013).

Digitale Medien weisen laut SACHER (2001) folgende strukturelle Merkmale auf, die beim Einsatz im Unterricht berücksichtigt werden sollten:

- **Multimedialität,**
- **Multimodalität,**
- **Multicodalität,**
- **Interaktivität**
- **„Infotainment“ und „Edutainment“,**
- **Multilinearität,**
- **Offenheit,**
- **Anonymität und Distanz,**
- **Indirektheit und Virtualität,**
- **Informationsfülle.**

Im Hinblick auf die mediendidaktische Umsetzung des neuen MINT-Wahlpflichtfaches werden durch den Einsatz der digitalen Lernarrangements der universitären Projekte insbesondere die Merkmale der Multimedialität, der Multimodalität, der Multicodalität sowie der Interaktivität im Unterrichtskontext fokussiert.

Das Strukturmerkmal der Multimedialität erfüllt das Lernportal durch die Integration und Präsentation mehrerer Medien unter einer gemeinsamen Oberfläche (SACHER 2001). Um eine eindimensionale Wissensvermittlung zu vermeiden, integriert das FIS-Lernportal die Lernumgebung – inter- bzw. multimedial – mit verschiedenen Vermittlungsmöglichkeiten. Neben klassischen Aufgabenblättern werden digitale Spiele und eine Kombination von Fernerkundung mit weiteren Geomedien zur Verfügung gestellt. Mit Rückgriff auf das Entwicklungskonzept des FIS-Lernportals integriert das Columbus-Eye-Lernportal ein Observatorium für Schüler mit Live-Bildern/-Videos von der ISS, die auch als Live-Stream von den HDEV-Kameras am Columbusmodul der ISS abgerufen werden können (RIENOW et al. 2015b) und damit den Schülern eine aktuelle Sicht auf unsere Erde von der ISS aus ermöglichen können, was auch für aktuelle (physisch-)geographische Fragestellungen relevant sein kann. Die multimediale Aufbereitung von Lernmaterialien unterstützt laut KERRES (2006) kognitive Lernprozesse und fördert das mehrperspektivische Denken, weshalb die Konzipierung der universitären Lernportale auf diesem Leitgedanken aufbaut (VOSS 2011).

Durch die Integration verschiedenster Medien im Kontext der digitalen Lernportale erfolgt das Lernen nach SACHER (2001) multimodal, weil dadurch mehrere Sinneskanäle angesprochen werden können. Die Lernportale der universitären Projekte sind darüber hinaus multicodal, da die Informationen in verschiedenen Symbolsystemen (*codes*) wie Abbildungen, Texte, Filme, Animationen etc. dargestellt werden.

Die Konzeption und Realisierung des Lernportals von FIS erfolgt interaktiv, da sich die Schüler mit den digitalen Geomedien selbstständig auseinandersetzen müssen und dabei durch handlungssteuernde Strukturen wie beispielsweise interaktive Animationen, Hintergrundinformationen, Werkzeuge usw. unterstützt werden (RIENOW et al. 2015a). Um den Lernprozess als sozialen Prozess aufrechtzuerhalten, weist SACHER (2001) darauf hin, dass ein relevanter Faktor bei der Interaktivität der digitalen Medien das Maß der Interaktion zwischen Schülern berücksichtigt werden sollte. Die Einbettung der digitalen Lerneinheiten in den Unterricht kann dabei problemlos mithilfe von Partnerarbeit und anderen Sozialformen zur Unterstützung des sozialen Lernprozesses integriert werden. Das FIS-Lernportal beschränkt sich nicht nur auf die Ein-

zularbeit am Computer oder Notebook mit den Lernmodulen, sondern enthält Unterrichts Anregungen, die zur Diskussion in Kleingruppen auffordern (VOSS 2011).

Die Entwicklung des FIS-Lernportals erfolgte nach VOSS (2011) insgesamt nach den didaktischen Grundsätzen des moderaten Konstruktivismus und orientiert sich an den Entwicklungsprinzipien nach MANDL & KOPP (2007), indem die Lernumgebung auch die Vorteile des sogenannten *Blended Learning* integriert. Das *Blended Learning* stellt nach SCHLEICHER (2006) eine Kombination aus *E-Learning* und Präsenzunterricht dar. Dabei steht *E-Learning* für das Lernen und Selbstlernen mit Online-Materialien. Im Unterrichtskontext erfolgt das *E-Learning* demnach in Interaktion zwischen den Lernenden und den durch den Computer oder Laptop repräsentierten Lernobjekten mit dem Ziel, die persönlichen Lernprozesse zu unterstützen (VOSS 2013). „Der Vorteil von *E-Learning*, die Unabhängigkeit von Zeit und Raum bei der Recherche und Auswertung von Informationen und dem Aneignen von Wissen, ist im Schulunterricht nicht immer umsetzbar. Daher wird dort wesentlich häufiger *Blended Learning* durchgeführt [...]“ (SCHLEICHER 2006:210). In diesem Zusammenhang stellen virtuelle Exkursionen eine besondere Form des *Blended Learning* dar. Räumlich weit entfernte Orte können virtuell im Internet oder mithilfe von entsprechender Software erkundet werden (SCHLEICHER 2006), was insbesondere durch das Lernportal des Columbus-Eye-Projektes ermöglicht wird.

Die webbasierten Lernportale FIS und Columbus Eye entsprechen – parallel zur fortschreitenden Entwicklung der digitalen Infrastruktur an Schulen – terminologisch den sogenannten *E-Learning* Plattformen, die multimedial präsentierte Informationen zu (bildungsplankonformen) Themengebieten anbieten und daher auch mit digitalen Schulbüchern verglichen werden können. Die Auseinandersetzung mit den digitalen Lerninhalten von *E-Learning* Plattformen verfolgen nach VOSS (2013:62) folgende Ziele:

- **„Vorbereitung auf den Unterricht,**
- **Wissensvermittlung bei neuen Themen,**
- **Sicherung eines einheitlichen Kompetenzniveaus,**
- **individuelle Vertiefung von Lerninhalten“.**

Die lerntheoretische Grundlage des moderaten Konstruktivismus liegt der Konzipierung der digitalen Unterrichtsmaterialien zugrunde. Der Ausgangspunkt der konstruktivistischen Didaktik geht in seiner „radikalen“ Form von der Grundannahme aus, dass die direkte Erfassung der Wirklichkeit nicht möglich ist. Jedes Individuum konstruiert seine subjektive Welt im Kopf, wodurch eine objektiv erschließbare Welt nicht möglich ist. Diese „radikale“ Form des Kon-

struktivismus wird grundsätzlich in der Didaktik abgelehnt. In moderater Form wird der Konstruktivismus jedoch in der didaktischen Lehre für den Lernprozess aufgegriffen (KECK et al. 2004, RINSCHÉDE & SIEGMUND 2020). Schüler werden aus moderat-konstruktivistischer Perspektive nicht als passive Rezipienten verstanden, sondern als aktive und selbstgesteuerte Lernende. Das zunehmend selbstständigere Lernen durch Eigenorganisation steht dabei im Mittelpunkt. Das Lernen soll zunehmend selbst geplant, organisiert, durchgeführt und bewertet werden. Die Schüler werden nach dieser Theorie zu Mitgestaltern von Lernumgebungen und Unterstützern im Lernprozess (GUGJONS 2003, RINSCHÉDE & SIEGMUND 2020).

Für die Unterrichtsgestaltung – in Übertragung auf die Unterrichtskonzeption des neuen MINT-Wahlpflichtfaches – bedeutet die Umsetzung der konstruktivistischen Didaktik nach RINSCHÉDE & SIEGMUND (2020), dass der Unterricht insbesondere lern- und schülerorientiert ist. Der Lehrer unterstützt – in Form als Berater oder/und Moderator – die Lernprozesse der Schüler, die in verschiedenen Partner- und Kleingruppen mithilfe der digitalen Lernarrangements der universitären Projekte Lernprozesse gestalten. Das Lernen erfolgt dabei in demokratischen Formen bei der Auswahl von Inhalten und Methoden, das durch den „*Bottom-up*“-Ansatz der Unterrichtskonzipierung des neuen MINT-Wahlpflichtfaches erfüllt wird. Das zu erwerbende Wissen muss handlungsorientiert und problemrelevant sein, was insbesondere durch den Einsatz der didaktisch aufbereiteten digitalen Lerneinheiten der universitären Projekte im Sinne des moderaten Konstruktivismus gegeben ist. In diesem Kontext erfolgt auch die Anreicherung von Lernmaterialien und -medien für die Lernumgebung, die als wesentliches Element des konstruktivistisch gestalteten Unterrichts von Bedeutung ist. Das Merkmal der fächerübergreifenden Wissensvermittlung – auch in Form von Projektunterricht – wird grundsätzlich in der Unterrichtsstruktur des neuen MINT-Fachs durch die Kombination mit zwei Schulfächern umgesetzt und beim Einsatz der interdisziplinär entwickelten Unterrichtsmaterialien der Universitäten fortgeführt.

Die Schulfach- und Unterrichtsgestaltung des neuen und interdisziplinären MINT-Wahlpflichtfaches „Geographie-Physik“ erfolgt dementsprechend nach den Prinzipien der konstruktivistischen Didaktik und ihren Grundlagen hinsichtlich des Verständnisses von Lernprozessen. In Kombination mit dem Einsatz der digitalen Unterrichtsmaterialien der universitären Projekte erfüllt das Grundprinzip des Unterrichts die Grundlagen des moderaten Konstruktivismus. Das bedeutet für die Unterrichtsplanung konkret, dass der Einsatz der digitalen Lernmodule flexible Lernorganisationen gestaltet, die insbesondere durch handlungsorientierte Unterrichtsorganisation in Form von Projektarbeit zusätzlich gefördert werden. Die durch dieses Unterrichtskon-

zept resultierende Zurücknahme des Frontalunterrichts bedeutet jedoch nicht, dass der lehrerzentrierte Unterricht aus der Unterrichtskonzeption herausgenommen wird. Durch die notwendigen Phasen der Ergebnissicherung im Klassenplenum, die grundsätzlich bei jeder Lerneinheit der entwickelten Unterrichtsmaterialien im Sinne des *Blended Learning* vorgesehen sind, soll ein auf die Lerngruppe abgestimmter Ausgleich zwischen Partner- und Kleingruppenunterricht mit lehrerzentrierten Phasen geschaffen werden. Ergänzend wird eine ausgewogene Mischung aus digitalen und traditionellen Medien angestrebt, um mögliche abebbenden positiven Effekte des Einsatzes von digitalen (Geo-)Medien über die Dauer von zwei Schuljahren zu vermeiden. Hierbei ist ebenfalls anzumerken, dass die von den Universitäten zur Verfügung gestellten digitalen Unterrichtsmaterialien für die Konzeption des neuen Wahlpflichtfaches quantitativ und inhaltlich (noch) nicht ausreichen, um alle angestrebten curricularen Inhaltsfelder abzudecken. Somit steht es der zu unterrichtenden Lehrkraft prinzipiell frei, eine Auswahl zusätzlicher Materialien in digitaler oder traditioneller bzw. analoger Form in den Unterricht zu integrieren.

In diesem Zusammenhang sind auch die Ergebnisse der Metastudie über digitale Medien im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht in der Sek. I von HILLMAYR et al. (2017) zu berücksichtigen. Die Metastudie, die 79 Einzeluntersuchungen berücksichtigt, bestätigt den gewinnbringenden Einsatz digitaler Medien in den MINT-Fächern Mathematik, Physik, Biologie und Chemie. In diesem Kontext zeigte sich, „[...] dass digitale Medien den größtmöglichen Nutzen entfalten können, wenn sie ergänzend zu traditionellen Unterrichtsmaterialien verwendet werden und digitale Lernumgebungen den klassischen Unterricht nicht vollständig ersetzen“ (HILLMAYR et al. 2017:11). Der entscheidende Mehrwert digitaler Medien im Unterricht liegt demnach in ihrem sinnvollen Einsatz innerhalb der Unterrichtskonzeption. Hinsichtlich der Dauer des Einsatzes von digitalen Medien im Unterricht konnte darüber hinaus festgestellt werden, dass bei zunehmender Einsatzdauer der positive Effekt, der sogenannte „Neuheitseffekt“, kontinuierlich abnahm. Dessen ungeachtet konnte bei einem längerfristigen Einsatz von digitalen Medien im Unterricht immer noch ein – auch wenn geringerer – positiver Effekt festgestellt werden. Ergänzend zum Einsatz von digitalen Medien im Unterricht konnte die Sozialform der Partnerarbeit als besonders gewinnbringend bei der Arbeit mit den digitalen Medien erkannt werden (HILLMAYR et al. 2017).

Die Ergebnisse aus dieser Studie bedeuten für die praktische Umsetzung des neuen MINT-Wahlpflichtfachkonzeptes, dass die anzunehmende Motivationssteigerung durch den Einsatz der digitalen Lerneinheiten zu Beginn des Unterrichts über die Dauer von zwei Schuljahren aufrechterhalten werden sollte, indem „[...] weniger die Begeisterung an dem Medium selbst,

sondern vielmehr das Interesse der Schülerinnen und Schüler an den jeweiligen Lerninhalten und dem Unterrichtsfach langfristig gefördert werden“ (HILLMAYR et al. 2017:12).

Die Aufgabe des neuen MINT-Wahlpflichtunterrichts beinhaltet demnach nicht nur den zielgerichteten Einsatz von digitalen Medien wie Geomedien der universitären Projekte in Verbindung mit klassischen Unterrichtskonzepten sowie „traditionellen“ Medien, sondern auch die Förderung der Thematik Fernerkundung und Raumfahrt in Kombination fächerübergreifender und fächerverbindender MINT-Inhalte der Schulfächer Geographie und Physik.

5.4.2 Das magische Viereck mediendidaktischer Innovation

Die Erwartungen und Hoffnungen, die mit den digitalen und „neuen“ Medien im Bildungswesen im Allgemeinen und bei der Integration der digitalen Lerneinheiten in das neue MINT-Unterrichtskonzept verknüpft sind, erscheinen grundsätzlich unwahrscheinlich hoch zu sein. Dass die erhofften positiven Effekte des Einsatzes der digitalen Unterrichtsmaterialien jedoch in keinem Fall von alleine und durch die Medien selbst eintreten, sollte hierbei selbstverständlich sein.

Um eine nachhaltige Implementation neuer Medien in Bildungsinstitutionen ermöglichen zu können, schlägt KERRES (2004) eine Medienstrategie bei der Einführung neuer Medien vor, die ein ausgewogenes Verhältnis zwischen „*Bottom-up*“- und „*Top-down*“-Ansätzen anstrebt. Zahlreiche Erfahrungen bei Medienprojekten haben gezeigt, dass sich die angestrebten Innovationen oftmals als ein wesentlich komplexeres Vorhaben gestalteten als zu Beginn der Einführung angenommen wurde (KERRES 2001). Insbesondere für die Einführung alternativer Lernformen wie die in diesem Unterrichtskonzept integrierte handlungsorientierte, konstruktivistische Herangehensweise empfiehlt KERRES (2001, 2004) eine Medienstrategie, die er als „magisches Viereck mediendidaktischer Innovation“ bezeichnet. Die Einführung neuer Formen des Lernens „[...] hat grundsätzlich immer weitreichende Implikationen für die betroffenen Individuen und Organisationen, sie bedeuten letztlich eine Re-Organisation des Umgangs mit Wissen in einer Organisation. Es ist folglich zu fragen, welche Voraussetzungen diese Prozesse begünstigen und wo diese Veränderungsprozesse ansetzen können“ (KERRES 2004:8). Um eine mediendidaktische Innovation erzielen zu können, müssen nach KERRES (2001, 2004) die im Viereck beschriebenen Aktivitäten in ein ausgewogenes Gleichgewicht gebracht werden (s. Abb. 5.1).

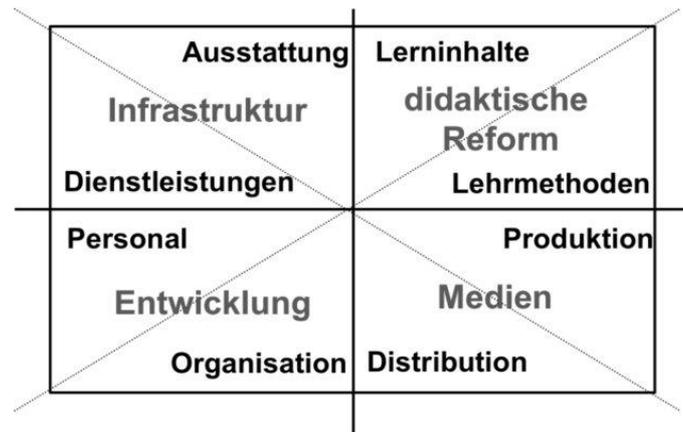


Abbildung 5.1: „Das magische Viereck mediendidaktischer Innovation“ (KERRES 2001:49).

Eine besondere Bedeutung in diesem Viereck erhält die didaktische Reform, denn die Fragen nach den neuen Inhalten und ihrer Vermittlung mit neuen Methoden werden nach KERRES (2004) hier zwingend erforderlich. „Denn die mit den Medien verknüpften Hoffnungen auf ein anderes Lernen machen es notwendig, sich ernsthaft mit dem Problem didaktischer Reform und damit gleichzeitig auch dem Widerstand vor solchen Veränderungen auseinander zusetzen: Wollen wir wirklich konsequent neue Wege des Umgangs mit Wissen und Lernen beschreiten“ (KERRES 2004:8)?

Unter Berücksichtigung des „magischen Vierecks mediendidaktischer Innovation“ der Abbildung 5.1 werden alle vier Teilbereiche mit ihren Aktivitäten bei der Unterrichtskonzeption mit einbezogen. Die Unterrichtsorganisation erfolgt – wie bereits erläutert – in Anlehnung an die moderat-konstruktivistischen Grundsätze des Lernens, die auch die Ausgangslage der Konzipierung der digitalen Lernarrangements der universitären Projekte zugrunde liegen. Bei der Einführung des neuen interdisziplinären MINT-Wahlpflichtfaches mit dem geplant kontinuierlichen Einsatz von digitalen Unterrichtsmaterialien in Form von *Blended Learning* über einen Zeitraum von jeweils zwei Schuljahren erfordert insbesondere die stetige Evaluation der Aktivitäten Infrastruktur und Entwicklung, wie sich im Laufe dieser explorativen Schulfachgestaltung im Entwicklungsprozess herausstellen wird (vgl. dazu Kapitel 8). Bei der Gestaltung der Inhalte und Methoden des neuen MINT-Unterrichts wird der von KERRES (2004) empfohlene Mix aus „top down“ und „bottom-up“ berücksichtigt, um eine nachhaltige Implementierung des Themas Fernerkundung im Schulunterricht durch den Einsatz von digitalen Lernarrangements mit neuen Geomedien im Rahmen eines neuen Wahlpflichtfaches an der Beispielschule zu ermöglichen. Um die Effekte, die sich durch die Einführung eines neuen Medienprojektes im Kontext einer neuen Schulfachgestaltung ergeben, beschreiben und bewerten zu können, unterliegt der Implementationsprozess einer kontinuierlichen Evaluation (vgl. dazu Kapitel 6).

5.4.3 Multimediales Lernen

Das Unterrichtskonzept des neuen MINT-Schulfaches integriert in Kombination mit den *E-Learning* Plattformen der Projekte FIS und Columbus Eye digitale Lernmodule und digitale Lernapps, die das Thema Fernerkundung durch fächerübergreifende und fächerverbindende Inhalte mithilfe der digitalen Geomedien Satellitenbilder und Live-Bilder/-Videos von der ISS in den Schulunterricht implementieren können. Die Leitidee, auf der die Konstruktion der digitalen Unterrichtsmaterialien beruht, geht auf den Ansatz des Konstruktivismus zurück (VOSS 2011), der neben dem Behaviorismus und dem Kognitivismus zu den drei grundlegenden Ansätzen der Lernpsychologie gehört (STADTFELD 2004). Bezogen auf den Einsatz von digitalen und multimedialen Medien stellen sich der Lernprozess und die Rolle des Lernenden durch die unterschiedlichen theoretischen Dimensionen differenziert dar. Die bereits im vorherigen Kapitel erläuterte Erkenntnis des Konstruktivismus hat für den Lernprozess zur Folge, dass Wissen durch Instruktion nicht vermittelt werden kann, sondern vom Lernenden aktiv in seine vorhandenen mentalen Modelle und Wirklichkeitskonstrukte integriert werden muss (STADTFELD 2004). Das Lernmodell des Konstruktivismus eignet sich demnach geradezu optimal für die Unterrichtsarbeit mit digitalen und multimedialen Lernmodulen der *E-Learning* Plattformen, da der Fokus auf den Lernenden mit seinem individuellen Weg der aktiven Auseinandersetzung mit Information gerichtet ist (TULODZIEKI 1999, RÖLL 2003).

Die kognitive Theorie des multimedialen Lernens (*Cognitive Theory of Multimedia Learning – CTML*) nach MAYER (2014) beruht auf den Annahmen, dass Lernende auditive und visuelle Informationen in unterschiedlichen kognitiven Strukturen verarbeiten können und das Lernen als aktiver Prozess verstanden wird. Innerhalb des Lernprozesses muss neues Wissen durch gezielte Auseinandersetzung mit einem Lerngegenstand in bestehendes Wissen eingegliedert werden. Dabei nimmt MAYER (2014) an, dass multimedial dargebotene Informationen eher zu einem Lernerfolg führen als lediglich visuelle oder auditive Darstellungen.

Das integrative Modell des Text- und Bildverständnis (SCHNOTZ & BANNERT 2003) ergänzt die kognitive Theorie des multimedialen Lernens, da von einer integrativen Verarbeitung von Text- und Bildinformationen ausgegangen wird. Die kognitiv-affektive Theorie des Lernens mit Medien (*Cognitive Affective Theory of Learning with Media – CATLM*) von MORENO (2006) erweitert zusätzlich die Theorie von MAYER (2014) um die Annahme, dass Emotionen, Motivation und Verhalten zu den bestehenden kognitiven Variablen eine maßgebliche Funktion im Lernprozess mit Bildungsmedien einnehmen (PARK et al. 2014). In diesem Zusammenhang kann die *Emotional Design Hypothesis* integriert werden, die auf der Annahme beruht, dass der

Lernprozess gefördert wird, wenn Schüler mit visuell ansprechenden und motivierenden Lernmaterialien arbeiten (MAYER & ESTRELLA 2014, STARK 2016). Das *Emotional Design* untersucht visuelle Designelemente, die lernförderlich in multimedialen Lernumgebungen eingesetzt werden können (HEIDIG et al. 2015). In Untersuchungen konnte beispielsweise festgestellt werden, dass eine als positiv empfundene Lernumgebung die individuell empfundene Schwere einer Lernaufgabe abschwächen kann (UM et al. 2012).

In Anlehnung an die erläuterten Theorien kann angenommen werden, dass der Einsatz der digitalen und multimedialen Lernarrangements in Verbindung mit Satellitenbildern und außergewöhnlich visuell ansprechenden Live-Bildern/-Videos von der ISS in einer medialen Lernumgebung positive Effekte auf den Lernprozess der Schüler bewirken kann. Die Lernumgebung der Schüler wird durch multimediale Lernmedien und digitale Geomedien im Sinne des multimedialen Lernens angereichert, die – auch durch ihren besonderen Blickwinkel auf die Erde – in Anlehnung an die *Emotional Design Hypothesis* den Lernerfolg positiv beeinflussen können. Die Bereitstellung der digitalen Lerneinheiten auf interaktiven *E-Learning* Plattformen kann im Sinne des Konstruktivismus den individuellen Lernprozess der Schüler „bedienen“, indem weiterführende Informationen zur Thematik Fernerkundung im fächerübergreifenden Kontext nach Bedarf abgerufen werden können. Der Einsatz von Lernapps in Verbindung mit klassischen Arbeitsblättern – jedoch um *Augmented-Reality*-Elemente erweitert – erfahren die Schüler ein multimediales und visuelles Angebot an Lern- und Geomedien, die im Sinne des multimedialen Lernens positive Effekte auf den Lernerfolg der Schüler in Aussicht stellen, wenn sie – wie bereits in Kapitel 5.4.1 ausgeführt – in einer gleichmäßigen Dosierung über den Verlauf von zwei Schuljahren mit klassischen Unterrichtskonzepten eingesetzt werden.

5.4.4 Veränderungen der Rollen von Lehrer, Schüler und Schule

Im Alltag werden Lehrende wie Lernende täglich mit den verschiedensten visuellen Medien im öffentlichen wie privaten Raum konfrontiert. Bereits schon 1992 sprach MITCHELL von einem „*Pictural Turn*“ der Gesellschaft, der durch die Digitalisierung der Medien im Laufe der letzten Jahre zunehmend verstärkt wurde (BEHNKE 2018). Bilder sind nicht nur zentrale Elemente der Kommunikation, Bedeutungsgebung und des Wissenserwerbs (MITCHELL 1992), sondern auch insbesondere in der Geographie als eine visuelle Disziplin „machtvolle Mittel der Welterzeugung“ (SCHLOTTMANN & MIGGELBRINK 2009). Durch die kontinuierliche Digitalisierung erweitert sich das Spektrum visueller geographischer Bildungsmedien um GIS, interaktiven Karten, digitalen Atlanten und ein zunehmend wachsendes Angebot an Lernapps und digitalen

Lerntools (BEHNKE 2017). Ergänzend kann das visuelle Geomedium Live-Bild/-Video von der ISS im Kontext dieser Studie hinzugefügt werden.

Die designorientierten Parameter wie Layout, Typographie, Farbe, Informationsdesign, Sound und Bewegtbild charakterisieren die visuellen Lernmedien, weshalb BUCHER (2013) auch von einer „Multimodalen Wende“ spricht. Die heutige Schülergeneration, die von PRENSKY (2001) schon als „*Digital Natives*“ bzw. „Netzgeneration“ prophezeit wurde und sich als eine Generation kennzeichnen würde, die sich in der digitalen Welt kompetent bewegt und – in Hypertext-Manier denkend – selbstständig lernt, widersprechen neuere empirische Studien. Die Anwendung digitaler Medien im eigenen Lernprozess beschränken sich oftmals nur auf Standard-Office-Tools, Social Media und gängige Suchmaschinen (KIRSCHNER & DE BRUYCKERE 2017). Zudem wurde festgestellt, dass lediglich ein Viertel der heutigen Schülergeneration kreative Content-Produzenten sind, während mehr als drei Viertel vornehmlich Webinhalte konsumieren (BEHRENS & RATHGEB 2017). Entsprechend notwendig erscheinen didaktische Konzeptionen sowie eine intensivere Vermittlung medienspezifischer Kompetenzen. Hierbei geht es auch darum, digitale Medien wie das Smartphone gewinnbringend in Lernprozesse mit einzubeziehen (KIRSCHNER & DE BRUYCKERE 2017, BEHNKE 2018). Die Arbeit mit visuellen Lernmedien bereitet Schülern häufig noch Schwierigkeiten. Hierbei zeigen sich die Probleme vor allem dabei, Informationen aus Bildern und Texten im Lernkontext sinnvoll aufeinander zu beziehen (SCHLAG 2011), graphische Informationsvisualisierung zu dekodieren (MASON et al. 2015) oder Fotos zielführend im spezifischen Lernkontext zu interpretieren (SCHNOTZ et al. 2014). Um Medienkompetenzen mit digitalen Medien und Geomedien anzubahnen, müssen entsprechende Techniken eingeübt werden, da grundsätzlich nicht davon ausgegangen werden kann, dass die Lernenden die relevanten Kompetenzen intuitiv beherrschen (SCHLAG 2011, BEHNKE 2018).

Der Beschluss der KMK (2016, 2017) zur „Bildung in der digitalen Welt“ fordert für alle Schulformen – integriert mit allen Akteuren des Bildungswesens – eine verbindliche Einbindung und Förderung digitaler Medienkompetenzen. Die „digitale Revolution“ als Prozess im Kontext einer Medienbildung soll demnach nachhaltig in den Bildungs- und Erziehungsauftrag der Schulen integriert werden. Ein Produkt der Strategie der KMK ist beispielsweise die in Kapitel 3.5 erläuterte Einführung des Medienkompetenzrahmens in NRW und die curriculare Einbindung des Digitalisierungsprozesses in die neuen Kerncurricula in NRW für G9.

Durch den infrastrukturellen Ausbau der Schulen mit digitalen Medien – beispielsweise in Form von Tablet-Klassen – muss die Bildungsinstitution Schule neue Formen des Lehrens und Lernens (weiter-)entwickeln, um die nachfolgenden Generationen auf die digitale Alltags- und

Arbeitswelt adäquat vorbereiten zu können (KMK 2016, 2017). Insbesondere die zum Abschluss dieser Studie auftretende Corona-Pandemie machte die dringende Notwendigkeit der Integration digitaler Formen des Lehrens und Lernens sehr gut deutlich und zeigte in diesem Zusammenhang den bundesweiten „Flickenteppich“ unterschiedlich digital vorbereiteter Schulen in Deutschland.

Durch die Möglichkeiten digitaler Bildungsmedien verändert sich auch die Rolle der Lehrkraft insbesondere im Schulfach Geographie, da sie sich dauerhaft mit der Weiterentwicklung digitaler Lern- und Geomedien auseinandersetzen sollte, um notwendige Fertigkeiten und Medienkompetenzen im Unterricht fördern zu können.

Durch eine fast fünfzehnjährige Praxiserfahrung im Schulunterricht – auch in Verbindung mit dem Einsatz multimedialer Lernmodule des Projektes FIS im Geographieunterricht in der Sek. I in NRW – kann festgestellt werden, dass sich die Integration digitaler Medien im Unterricht zwar insbesondere in den letzten fünf Jahren enorm beschleunigt, aber im Kontext von digitalen Geomedien – wie in Kapitel 3.2 beschrieben – noch sehr viel Handlungsbedarf besteht, um „[...] Schülerinnen und Schüler angemessen auf das Leben in der derzeitigen und zukünftigen [digitalen und visuellen] Welt vorzubereiten“ (KMK 2017:10).

5.5 Schlussfolgerungen für die Implementierung des neuen MINT-Schulfachkonzeptes

Mit Blick auf die untersuchten mediendidaktischen und lerntheoretischen Grundlagen zum Einsatz der digitalen Lernarrangements der universitären Projekte in Kombination mit digitalen Geomedien bleibt für die Unterrichtskonzeption festzuhalten, dass eine ausgewogene Mischung digitaler und klassischer Medien mit entsprechenden Lehr- und Sozialformen über die Dauer von zwei Schuljahren den größtmöglichen Lerneffekt erzielen kann und dabei die Anforderungen der KMK (2009) zur Förderung der mathematisch-naturwissenschaftlich-technischen Bildung durch das fächerübergreifende Unterrichtskonzept erfüllt, während gleichzeitig durch den Einsatz fächerübergreifender digitaler Lernmedien die erforderlichen Medienkompetenzen der Schüler im Sinne der „Bildung in der digitalen Welt“ (KMK 2016) angebahnt werden können. Unter Berücksichtigung des „magischen Vierecks mediendidaktischer Innovation“ von KERRES (2001) muss der Implementationsprozess des Schulfachkonzeptes mit den im Viereck relevanten Elementen stetig evaluiert werden, um eine nachhaltige Integration in den Schulunterricht erreichen zu können. Dabei integriert die Schulfachkonzeption die von KERRES (2004) vorgeschlagene Strategie aus *Bottom-up*- und *Top-down*-Ansatz, indem die Interessen und Wünsche

der Schüler des Wahlpflichtfaches in die Unterrichtsgestaltung partizipativ mit einfließen und die universitär entwickelten digitalen Lernmedien vorgegeben bzw. im Unterricht erprobt werden. Grundsätzlich sollte dabei der Fokus nicht ausschließlich auf der Arbeit mit den digitalen (Geo-)Medien liegen, sondern vielmehr auf dem Interesse der Schüler an den fächerübergreifenden Lerninhalten und dem neuen MINT-Unterrichtsfach durch die Thematik Fernerkundung.

Das multimediale Lernen der Schüler kann durch die visuell ansprechende Aufbereitung der *E-Learning* Plattformen der Projekte FIS und Columbus Eye – auch vor dem Hintergrund der *Emotional Design Hypothesis* (MAYER & ESTRELLA 2014, PARK et al. 2014) gefördert werden und insgesamt den Lerneffekt positiv beeinflussen. Durch die Arbeit mit digitalen Lernmedien in Verbindung mit digitalen Geomedien können die medienspezifischen Kompetenzen der Schüler langfristig angebahnt werden, wobei hier durch das Projekt Columbus Eye auch das Smartphone gewinnbringend in die Lernprozesse mit eingebunden werden soll.

Durch die Arbeit mit visuellen Lern- und Geomedienmedien im Verlauf von zwei Schuljahren können die dafür erforderlichen Techniken (SCHLAG 2011, SCHNOTZ et al., MASON et al. 2015) erlernt und vertieft werden, um die „*Digital Native*“-Generation auf eine digitale Studien- und Berufswelt vorzubereiten.

Ausgehend von den erörterten mediendidaktischen und lerntheoretischen Grundlagen, die für die Unterrichtskonzeption des neuen MINT-Wahlpflichtfaches „Geographie-Physik“ in der Sek. I an der Beispielschule ausgearbeitet wurden, erfolgt aus fernerkundungsdidaktischer Betrachtungsweise im folgenden Kapitel die praxisorientierte Einbettung der Geomedien Satellitenbild und Live-Bild/-Video von der ISS im Rahmen der digitalen Lerneinheiten, um als Ausgangslage für weiterführende Forschungsfragen hinsichtlich der Integration von Fernerkundung in den Schulunterricht der Sek. I für die Studie formulieren zu können.

5.6 Ableitung fernerkundungsdidaktischer Forschungsfragen für die Praxiserprobung

Die Einbettung der digitalen Geomedien Satellitenbild und Live-Bild/-Video von der ISS erfolgt im Unterricht in Anlehnung an das in Kapitel 3.2 erläuterte Modell einer fernerkundungsdidaktischen Gesamtkonzeption von SIEGMUND (2011), das die zentralen Bedingungsfaktoren „das Alter, das Geschlecht, das Interesse, die eigenen Alltagserfahrungen in Bezug auf Satellitenbilder, der fächerübergreifende Aspekt der Fernerkundung und die Notwendigkeit eines ge-

stufen Verfahrens zur Arbeit mit Satellitenbildern im Unterricht“ (SIEGMUND 2011:149) gemäß der drei Stufen berücksichtigt, den optionalen Teilaspekt der dritten Stufe des Modells – als faktisch vierte Stufe – jedoch als festen Unterrichtsschritt integriert. Dementsprechend komplexer werden die fächerübergreifenden Lerninhalte in Verbindung mit der Analyse der „Fernerkundungsmedien“ in der Jahrgangsstufe 9. Der Unterricht profitiert durch die eingesetzten Lernarrangements der AG Fernerkundung des GIUB sowie der AG Geomatik der RUB, da die Satellitenbildanalyse über die Interpretation von Echtfarbensatellitenbildern hinaus geht und zudem Lernapps, auch mit *Augmented-Reality*-Anwendungen, erprobt werden können, die für ein digital-partizipatives Lernsetting beispielhaft sind (FUCHSGRUBER et al. 2017).

Das Schulfachkonzept soll in Anlehnung an das Modell einer fernerkundungsdidaktischen Gesamtkonzeption nach SIEGMUND (2011) inhaltlich wie methodisch so gestaltet werden, dass beginnend mit dem Teilbereich Geographie der Wahlpflichtfachkonzeption die erste Stufe des Modells durch eine erste Auseinandersetzung mit Satellitenbildern und Live-Bildern/-Videos von der ISS erreicht wird, indem durch diese Geomedien ein Perspektivenwechsel von der eigenen zur Vogelperspektive vollzogen werden kann. Anwendungsbezogenen Fragestellungen aus geographischer Perspektive eignen sich in diesem Zusammenhang optimal für einen Einstieg in die Thematik Fernerkundung. Die zweite Stufe des Modells kann durch den Einsatz der digitalen sowie interaktiven Lernmodule des Projektes FIS bereits im ersten Schulhalbjahr Geographie erfolgen, indem durch Bildbearbeitung der Wechsel von einer analogen zu einer digitalen Auseinandersetzung mit Fernerkundungsdaten erreicht wird. Der Einsatz der didaktisch aufbereiteten Lernsettings der Lernportale FIS und Columbus Eye ermöglicht zudem die Integration der dritten Stufe des Modells durch die Interpretation der Fernerkundungsdaten in Verbindung mit geographischen Fragestellungen zu endogenen Naturgefahren. In diesem Zusammenhang soll ebenfalls die im Modell vorgegebene optionale Stufe fest integriert werden, indem ein kurzer Überblick über Fernerkundungstechnik und Erdbeobachtung von der ISS thematisch mit eingebunden wird. Durch die regelmäßige Einbindung der universitären Lernmodule in das erste Schulhalbjahr der Wahlpflichtfachkombination können im physiogeographischen Kontext erste fächerübergreifende Aspekte mit dem Schulfach Physik angebahnt werden. Das Thema Fernerkundung bildet in diesem Rahmen den festen inhaltlichen wie methodischen Bestandteil der Unterrichtskonzeption. Im Sinne einer spiralcurricularen Komplexität werden jeweils alle Stufen des Modells von SIEGMUND (2011) in den darauffolgenden zwei Schulhalbjahren im Teilbereich Physik durch den Einsatz der entsprechenden Lernmodule aus der Perspektive des Schulfachs Physik umgesetzt. Hierbei wird eine Vertiefung der physikalischen Grundlagen der Fernerkundung in Verbindung mit fächerübergreifenden Inhalten angestrebt. Das vierte Schulhalb-

jahr im Teilbereich Geographie sieht – aufbauend auf den physikalischen Grundlagen der Fernerkundung und Erdbeobachtungstechnik – eine anwendungsbezogene Einbindung von Fernerkundungsmethoden durch den Einsatz des digitalen FIS-Lernsettings und digitaler Lernapps mit *Augmented-Reality*-Elementen des Projektes Columbus Eye zu physiogeographischen Themengebieten vor. Neben den didaktisch aufbereiteten Bildbearbeitungstools der universitären Projekte soll auch die Einbindung der komplexeren Bildbearbeitungssoftware LEOWORKS der ESA im Kontext klimageographischer Fragestellungen erfolgen. Durch den regelmäßigen Einsatz der digital-partizipativen Lernsettings im fächerübergreifenden Kontext werden im Verlauf von zwei Schuljahren kontinuierlich alle Stufen des Modells einer fernerkundungsdidaktischen Gesamtkonzeption (SIEGMUND 2011) im Sinne des Spiralcurriculums umgesetzt, wodurch eine feste Integration der Geomedien Satellitenbild und Live-Bild/-Video von der ISS und der Thematik Fernerkundung im Schulunterricht ermöglicht wird.

Durch das Projekt Columbus Eye kann zusätzlich der Themenbereich der bemannten Raumfahrt im Kontext der Forschungsmissionen auf der ISS integriert werden.

Dass durch die aktive Auseinandersetzung mit Satellitenbildern bildende Lernprozesse angeregt werden können, zeigte die Studie von DITTER (2014) durch einen starken Anstieg des sogenannten Selbstbestimmungsindex (SDI), der als bedeutungsvoller Prädiktor für die Qualität von Lernprozessen positive Effekte auf die Lernleistung der Schüler in Aussicht stellt (FUCHSGRUBER et al. 2017). Dabei konnte diese Studie durch vertiefende Untersuchungen zu unterschiedlichen Gender-Effekten bei der aktiven Auseinandersetzung mit Satellitenbilddaten (DITTER & SIEGMUND 2016) belegen, dass insbesondere Schülerinnen signifikante Zugewinne des SDI durch die Auseinandersetzung mit digitalen Fernerkundungsverfahren erreichen. Als Grundlage dieser Untersuchung wurde die pädagogisch-psychologische Motivationstheorie herangezogen, die den beabsichtigten Lernerfolg in hohem Maß mit dem Grad erfahrbarer Selbstbestimmung kausal verknüpft (BLES 2002, DECI & RYAN 1993). Auf der Basis dieser Theorie wird durch die Untersuchungen von DITTER (2014) sowie von DITTER & SIEGMUND (2016) deutlich, dass insbesondere bei Schülerinnen die Analyse von Satellitenbilddaten lernfördernd erscheint und dem Geomedium Satellitenbild dadurch „ein hohes, lernförderndes Potenzial zu bescheinigen“ (FUCHSGRUBER et al. 2017:9) sei, was erreicht werden kann, wenn eine selbstständige Auseinandersetzung mit den Geodaten ermöglicht wird (FUCHSGRUBER et al. 2017). Vor diesem Hintergrund wäre eine Anwahl des neuen Wahlpflichtfaches von vielen Schülerinnen – auch vor dem Hintergrund der Förderung von Mädchen in MINT-Fächern – wünschenswert.

An dieser Stelle sei erneut darauf hingewiesen, dass der Teilbereich „Geographie“ in der fächerübergreifenden Kombination physiogeographische Inhaltsfelder integriert und dadurch auch den

MINT-Teil der Geographie, die ebenfalls ein MINT-(Schul-)Fach ist (OTTO 2015) im Schulunterricht der Sek. I in NRW stärkt.

Aufbauend auf den explorativen Fragestellungen zur Schulfachkonzipierung ergeben sich demnach aus der praktischen Implementierung des neuen MINT-Schulfachkonzeptes im Differenzierungsbereich der Sek. I an der Beispielschule in Anlehnung an die didaktisch-methodischen wie lerntheoretischen Grundlagen in Verbindung mit dem erläuterten Forschungsstand der Fernerkundungsdidaktik weiterführende Forschungsfragen für eine langjährige Praxiserprobung.

Auswirkungen auf Interesse und Motivation der Schüler:

Fragestellung 3:

Beeinflusst die Integration des Themas Fernerkundung im Rahmen des neuen MINT-Schulfaches in der Sekundarstufe I das Interesse und die Motivation der Schülerinnen und Schüler bei der Wahl des Differenzierungsfaches?

Diese Fragestellung erfordert eine Differenzierung des Forschungsvorhabens mit Blick auf die Entwicklung einer praxisorientierten Fernerkundungsdidaktik durch ein neues MINT-Schulfachkonzept im Wahlpflichtbereich der Sek. I in NRW:

Fragestellung 3.1:

Können signifikante genderspezifische Interessen- und Motivationsunterschiede in Bezug auf die Wahl des neuen MINT-Schulfaches festgestellt werden?

Fragestellung 3.2:

Können signifikante genderspezifische Interessen- und Motivationsunterschiede in Bezug auf die Arbeit mit Satellitenbildern und Live-Bildern/-Videos von der Internationalen Raumstation (ISS) festgestellt werden?

Fragestellung 3.3:

Können signifikante genderspezifische Interessen- und Motivationsunterschiede in Verbindung mit der Bewertung des neuen MINT-Schulfachkonzeptes festgestellt werden?

6 Methodische Grundlagen und Forschungsdesign

Durch die explorative Fragestellung der möglichen Integration von Fernerkundung in den Schulunterricht der Sek. I an Gymnasien in NRW durch eine neue MINT-Schulfachkonzipierung im Wahlpflichtbereich verfolgt diese Studie das Ziel, einen noch relativ unerforschten empirischen Sachverhalt in der Geographie- und Fernerkundungsdidaktik durch eine praktische Schulfachkonzipierung an der Fallschule – dem GSA – explorativ zu erkunden und aktiv mit zu gestalten und durch die Deskription eines langjährigen Panel-Surveys von insgesamt fünf Wahlpflichtfachkohorten genderspezifische Interessen- und Motivationsunterschiede bei der Wahl des Differenzierungsfaches und der Arbeit mit Satellitenbildern sowie Live-Videos von der ISS zu überprüfen.

Die theoretische Konzipierung eines praxisorientierten fächerübergreifenden Schulfachkonzeptes zur Integration des Themas Fernerkundung in den Schulunterricht mit den Unterrichtsmaterialien der Projekte FIS, Columbus Eye sowie KEPLER ISS (im Prozess mit eingebunden) im Differenzierungsbereich der Sek. I in NRW wird am Beispiel der Fallschule praktisch umgesetzt und auf Basis des CEval-Programm-Evaluationsleitfadens nach STOCKMANN (2014) sowie dem schulspezifischen Qualitätsmodell von DITTON (2010) qualitativ sowie quantitativ im Prozess mithilfe des Panel-Designs evaluiert, um als übergeordnete Zielsetzung als Exempel eines innovativen Modellwahlpflichtfaches eine Implementierung der Fernerkundung im Schulunterricht an Gymnasien in NRW nachhaltig zu ermöglichen. Die als vierjährige Längsschnittstudie angelegte qualitative und quantitative Erhebung nicht-experimenteller Daten der Implementierung des neuen MINT-Wahlpflichtfaches „Geographie-Physik“ am GSA erfolgt dabei in Anlehnung an den Programm-Evaluationsleitfaden des CEval-Ansatzes nach STOCKMANN (2014), der durch seine zugrunde liegenden und an der kritisch-rationalen Forschungslogik orientierten Lebenslauf-, Organisations-, Innovations-, Diffusions- und Nachhaltigkeitsmodell(e) alle relevanten Ebenen und Akteure der Schulfachentwicklung miteinbezieht. Die entwickelten Themen des neuen MINT-Schulfaches sowie der Einsatz der universitär entwickelten Unterrichtsmaterialien zum Thema Fernerkundung werden in dieser explorativen Praxiserprobung – beginnend ab dem ersten Wahljahrgang des Differenzierungskurses „Geographie-Physik“ am GSA im Schuljahr 2016/17 und in Kooperation mit der AG Fernerkundung des GIUB und der AG Geomatik der RUB ab dem Schuljahr 2017/18 – als Methoden-Triangulation quantitativ und qualitativ gemäß dem CIPP-Modell nach STUFFLEBEAM (2000) evaluiert, um die Stärken und Schwächen des entwickelten Schulfachkonzeptes in Kombination mit den Unterrichtsma-

aterialien der Projekte FIS, Columbus Eye und KEPLER ISS im Rahmen einer Prozessevaluation unter Einbezug des schulspezifischen Qualitätsmodells nach DITTON (2010) einschätzen zu können. Die quantitativ erhobenen Daten in schriftlichen „Classroom“-Befragungen der jeweiligen Wahlpflichtschüler durch standardisierte Fragebögen als Panel-Survey – die auch für die Evaluation externer Kooperationspartner wie der AG Fernerkundung und der AG Geomatik im Sinne einer Daten-Triangulation relevant sind – werden im Prozess der Schulfachentwicklung zur Implementierung der Fernerkundung im Schulunterricht im zweiten Praxisteil der vorliegenden Studie zur Untersuchung genderspezifischen Interesses und genderspezifischer Motivation bei der Wahlpflichtwahl und -beurteilung herangezogen. Da in den – bereits in Kapitel 3.2 erläuterten – Studien von DITTER (2014) sowie DITTER & SIEGMUND (2016) erkannt werden konnte, dass besonders bei Schülerinnen die Analyse von Satellitenbildern lernfördernd erscheint und dem entsprechenden Geomedium somit ein hohes lernförderndes Potenzial bescheinigt werden kann, wäre eine signifikant hohe Belegung des neuen MINT-Wahlpflichtkurses mit Schülerinnen zu überprüfen und – auch vor dem Hintergrund der Mädchenförderung in MINT-Fächern in NRW – förderungswürdig.

Das Forschungsdesign dieser Studie orientiert sich am panel-basierten *Mixed-Methods*-Ansatz bzw. der Methoden-Triangulation im weiteren Sinn, da beispielsweise neben qualitativen „Classroom“-Befragungen und -Interviews nach dem *Bottom-up*-Prinzip die Schüler bei der Entwicklung des Schulfachkonzeptes aktiv mit eingebunden werden sollen, während die curriculare Schulfachkonzeption und der Einsatz der Unterrichtsmaterialien zum Thema Fernerkundung im *Top-down*-Prinzip vorgegeben und quantitativ evaluiert werden kann. Die Datenanalyse erfolgt für den ersten sowie für den zweiten praktischen Forschungsteil im Design einer Längsschnittstudie, die als Panel-Untersuchung bzw. Panel-Survey durchgeführt wird und mithilfe quantitativer Erhebungen im Prozess der schulpraktischen Implementierung deskriptive wie inferenzstatistische Beobachtungsanalysen von jeweils zwei Schulhalbjahren der Jahrgangsstufen 8 und 9 von vollständigen drei Wahlpflichtfachkohorten sowie den beiden aktuell laufenden Turnuskohorten ermöglicht und dadurch eine empirische Analyse von Informationen zur Beschreibung eines Sachverhaltes zu mehreren Zeitpunkten bzw. Untersuchungseinheiten vorgenommen werden kann (SCHNELL 2012). Der Zeitraum dieser Studie umfasst bis zum aktuellen Stand insgesamt vier vollständige Schuljahre, wobei der Beginn des fünften Schuljahres mit eingebunden wird.

Das panel-basierte *Mixed-Methods*-Forschungsdesign bietet ein besonderes Potenzial für dieses Forschungsvorhaben, da die Lebenslaufperspektive der praktischen Schulfachkonzipierung im

Differenzierungsbereich der Sek. I an der Fallschule mithilfe eines langjährigen Panel-Surveys als Grundlage quantitativer Daten mit den parallel dazu erhobenen qualitativen Daten ergänzt und eine gegenseitige Validierung der Datentypen erfolgen kann (LEGEWIE & TUCCI 2016). „*Mixed-Methods-Designs* ermöglichen es, sowohl typische Verlaufsmuster zu identifizieren und mögliche institutionelle oder strukturelle Determinanten zu analysieren, als auch Orientierungen und Entscheidungsprozesse herauszuarbeiten“ (LEGEWIE & TUCCI 2016:2). Vor diesem Hintergrund ist die praktische Schulfachkonzipierung als langjähriges Prozessprojekt zu verstehen, um typische Verlaufsmuster feststellen zu können.

In der folgenden Abbildung 6.1 werden die Teilschritte des hier vorliegenden Forschungsdesigns deutlich, wobei das Evaluierungskonzept für den ersten sowie zweiten praktischen Forschungsteil in den dazugehörigen Kapiteln eingehend erläutert werden.



Abbildung 6.1: *Exploratives Mixed-Methods-Forschungsdesign der vierjährigen panel-basierten Längsschnittstudie zur Implementierung des Themas Fernerkundung in den Schulunterricht der Sekundarstufe I in NRW durch das neue MINT-Wahlpflichtfach „Geographie-Physik“, eigener Entwurf.*

Die vorliegende Entwicklung eines interdisziplinären Schulfachkonzeptes wird initiierend qualitativ in Anlehnung an die englische Aktionsforschung im Schulsystem durchgeführt, die sich nach ELLIOT (1981) als eine systematische Untersuchung beruflicher Situationen versteht, die von Lehrerinnen und Lehrern mit der Absicht der Verbesserung selbst durchgeführt wird. Die theoretische Schulfachkonzipierung geht dabei von der Annahme aus, dass durch die praktische Umsetzung des neuen MINT-Schulfaches die Qualität des Geographie- und Physikunterrichtes in der Sek. I am GSA langfristig verbessert werden kann. Auch vor dem Entwicklungsfeld der Schulentwicklung soll durch die neue Schulfachentwicklung der MINT-Bereich gestärkt und im besten Fall langfristige Synergieeffekte für die Qualität des Lehrens und Lernens an der Beispielschule erzielt werden. Die vorliegende Konzipierung eines neuen Schulfaches versteht sich hierbei als längerfristiger Entwicklungszyklus, der durch eine In-Beziehung-Setzung von Aktion und Reflexion bei der praktischen Erprobung und der damit einhergehenden Erkenntnis und Entwicklung „[...] sowohl die untersuchte Praxis als auch das praktische und wissenschaftliche Wissen über diese Praxis weiterentwickeln“ [kann] (ALTRICHTER, POSCH & SPANN 2018:18).

In Anlehnung an die Aktionsforschung stellt ein begleitendes Forschungstagebuch ein wichtiges Werkzeug für den Forschungsprozess der aktiven Lehrkräfte dar (ALTRICHTER, POSCH & SPANN 2018), das im Rahmen der Schulfachinitiierung hier als „Forschungslogbuch“ die wichtigsten Entwicklungen der Implementation dokumentiert und in Verbindung mit den quantitativ erhobenen Daten dieser Studie ein wichtiges Zusatzelement bei der Bewertung der Forschungsergebnisse innerhalb des CEval-Programm-Evaluationsleitfadens bildet (STOCKMANN & MEYER 2014). Zudem soll das Forschungslogbuch auch vor dem Hintergrund der Kooperationen mit den universitären Arbeitsgruppen die wichtigsten „*Milestones*“ für das langfristig angelegte Forschungsprojekt beinhalten. Das Forschungslogbuch soll dabei nicht nur die jeweiligen Zwischenergebnisse der Implementation des Themas Fernerkundung in den gymnasialen Schulunterricht der Sek. I in NRW für die Kooperationspartner legitimieren, sondern auch retropektiv die wichtigsten Teilziele für eine praxisorientierte Diffusion der Schulfachinnovation ermöglichen.

6.1 Evaluierungskonzept

Der Begriff „Evaluation“ wird vor dem Hintergrund der Fragestellungen mit dem wissenschaftlichen Evaluationsverständnis verwendet. Wissenschaftlich durchgeführte Evaluationen zeichnen sich dadurch aus, „dass sie auf einen klar definierten Gegenstand [...] bezogen sind, für die Informationsgenerierung objektivierende empirische Datenerhebungsmethoden eingesetzt und die Bewertung anhand explizit auf den zu evaluierenden Sachverhalt und anhand präziser festgelegter und offengelegter Kriterien mithilfe systematisch vergleichender Verfahren vorgenommen wird. Die Evaluation wird in der Regel von dafür besonders befähigten Personen (Evaluatoren) durchgeführt mit dem Ziel, auf den Evaluationsgegenstand bezogene Entscheidungen zu treffen“ (STOCKMANN & MEYER 2014:74). In Anlehnung an diese Kennzeichen wissenschaftlicher Evaluationen nach STOCKMANN & MEYER (2014) wird deutlich, dass sich die Evaluation in der vorliegenden Arbeit mit folgenden Fragen auseinandersetzt, um das wissenschaftliche Nutzungspotenzial möglichst optimal ausschöpfen zu können:

- 1) Was (welcher Gegenstand) wird
- 2) wozu (zu welchem Zweck)
- 3) anhand welcher Kriterien
- 4) von wem
- 5) wie (mit welchen Methoden) evaluiert?

Aus der Vielfalt der verschiedenen Evaluationsansätze kann vor dem Hintergrund der Implementierung eines neuen MINT-Differenzierungsfaches in der gymnasialen Sek. I der CEval-Evaluationsansatz nach STOCKMANN (2014) auf der Makroebene adaptiert werden. Für die vertiefenden Fragestellungen eignen sich auf schulischer Ebene die Schulqualitätsmodelle von STUFFLEBEAM (2000) und DITTON (2000), die dementsprechend die Evaluationsansätze auf der Mikroebene optimieren können.

Auf der Makroebene – die Einführung eines neuen Schulfaches – erfüllt der Evaluationsansatz nach STOCKMANN (2014) durch seine verschiedenen Subsysteme die relevante Struktur innerhalb der Evaluation. Darüber hinaus können durch den CEval-Ansatz „möglichst viele (idealerweise alle) (intendierten wie nichtintendierten) Wirkungen [...] erfasst und ihre Kausalität [erklärt werden] [...]“ (STOCKMANN 2014:98). Um die wichtigsten Zusammenhänge zwischen Programmen und ihren Auswirkungen darstellen zu können und daraus Untersuchungsparameter abzuleiten, wird vorausgesetzt, dass Programme auf zeitlicher Ebene einem Phasenmuster folgen, das dem von Personen gleichzusetzen ist (STOCKMANN & MEYER 2014). Die Implemen-

tierung eines neuen Schulfaches im Sinne eines Programms kann so nach dem integrierten Lebensverlaufsmodell in Phasen unterteilt werden, da der Ansatz nach STOCKMANN (2014) Programmverläufe als multidimensionale Prozesse versteht und zugehörigen Programmbereiche sich wechselseitig beeinflussen. Zudem sieht der Ansatz vor, dass Projekte und Programme üblicherweise von Organisationen durchgeführt werden, weshalb sich hier das Organisationsmodell als Subsystem anbietet (STOCKMANN & MEYER 2014). Gemäß dem Organisationsmodell fördert das GSA als schulische Institution in Kooperation mit den universitären Arbeitsgruppen die Einführungen eines neues MINT-Differenzierungsfaches, wodurch interne wie externe Wechselwirkungen sowie Wirkungsfelder und deren Entwicklung untersucht werden können. Da das neue MINT-Schulfach im Differenzierungsbereich der Sek. I im Sinne STOCKMANN'S (2014) eine Einführung einer Innovation darstellt, kann das Innovations- bzw. Diffusionsmodell hinzugezogen werden, um abschließend die Nachhaltigkeit der Innovation bewerten zu können.

Als Evaluationsleitfaden, der die Perspektiven des Lebensverlaufs-, Organisations- und Diffusionsmodells beinhaltet, gibt STOCKMANN (2014:109) folgende Struktur vor, die vor dem Hintergrund der Einführung des neuen MINT-Differenzierungsfaches vollständig übernommen werden kann:

1. Programm²⁵ und Umwelt	
1.1	Programmbeschreibung (u.a. Programmdaten und -konzeption, Innovationskonzeption, Ressourcen)
1.2	Umwelt-/Kontextbedingungen (u.a. Beschreibung des Praxis-/Politikfelds bzw. des gesellschaftlichen Subsystems, Zielgruppen)
2. Programmverlauf	
2.1	Planung
2.2	Steuerung
2.3	Nachbetreuung
3. Interne Wirkungsfelder	
3.1	Ziele/Zielakzeptanz bei der Durchführungsorganisation und/oder politisch übergeordneten Organisationen (z. B. Geldgeber)
3.2	Personal (insb. Qualifikation)
3.3	Organisationsstruktur (insb. Funktionalität und Funktionsfähigkeit)
3.4	Finanzielle Ressourcenverfügbarkeit
3.5	Technologie: Technische Infrastruktur (insb. Ausstattung)
3.6	Technologie: Organisationsprogramm/-konzeption)
4. Externe Wirkungsfelder	
4.1	Zielakzeptanz bei den Zielgruppen
4.2	Zielgruppenerreichung
4.3	Nutzen für die Zielgruppen
4.4	Zielgruppenübergreifende Wirkungen
4.5	Wirkungen im Politikfeld des Programms
4.6	Politikfeldübergreifende Wirkungen
5. Nachhaltigkeit	
	Auf der Makroebene
5.1	Effizienz
5.2	Gesellschaftliche Relevanz
5.3	Ökologische Verträglichkeit (Umweltverträglichkeit)
5.4	Auf der Programmebene
	- projekt-/programmorientiert
	- output-/leistungsorientiert
	- systemorientiert
	- innovationsorientiert

Abbildung 6.2: Programm-Evaluationsleitfaden des CEval (STOCKMANN & MEYER 2014:109).

²⁵ Als „Programm“ gilt vor dem Hintergrund der Implementation des Themas Fernerkundung in den Schulunterricht der Sek. I an Gymnasien in NRW die Einführung des neuen MINT-Differenzierungsfaches „Geographie-Physik“ am GSA in Kooperation mit der AG Fernerkundung des GIUB und der AG Geomatik der RUB.

Seit Beginn der innovativen Einführung des MINT-Faches „Geographie-Physik – mit dem Teilbereich Fernerkundung“ im Differenzierungsbereich des GSA im Schuljahr 2016/17 werden in Anlehnung an den Leitfaden der Evaluationsstruktur nach STOCKMANN (2014) alle Programmbereiche untersucht und die einzelnen Phasen sowie Prozesse bei der Implementation berücksichtigt. Durch regelmäßige Evaluationen der schulischen und der universitären Organisation (s. Organisationsmodell), die unter Berücksichtigung des Lebensverlaufsmodells der Einführung der Innovation – in Form eines neuen Schulfaches – durchgeführt werden, können interne wie externe Wirkungsfelder neu erschlossen werden.

Auf der Unterrichtsebene des neuen interdisziplinären MINT-Unterrichtes kann auf der Mikroebene das „Modell zu Qualität und Qualitätsentwicklung im Bildungsbereich“ von DITTON (2000), das auf dem CIPP-Modell von STUFFLEBEAM (2000) aufbaut und zu den bekanntesten Schulqualitätsmodellen im deutschsprachigen Raum gehört (SCHMIDT & PERELS 2010), angewendet werden. Gerade in den letzten Jahren rückt das Thema Evaluation von Schule und Unterricht immer mehr in den Blickpunkt der Schulforschung. Aufbauend auf dem CIPP-Modell als Schulqualitätsmodell von STUFFLEBEAM (2000) orientiert sich die Evaluation im Bildungsbereich am zeitlichen Verlauf einer Maßnahme, was dem Ansatz von STOCKMANN (2014) gleichkommt, jedoch der Fokus auf der Gesamtbeurteilung aller Aspekte liegt. Die Gesamtbeurteilung erfolgt dabei zwischen *Context*, *Input*, *Process* und *Product* (SCHMIDT & PERELS 2010) wie folgt:

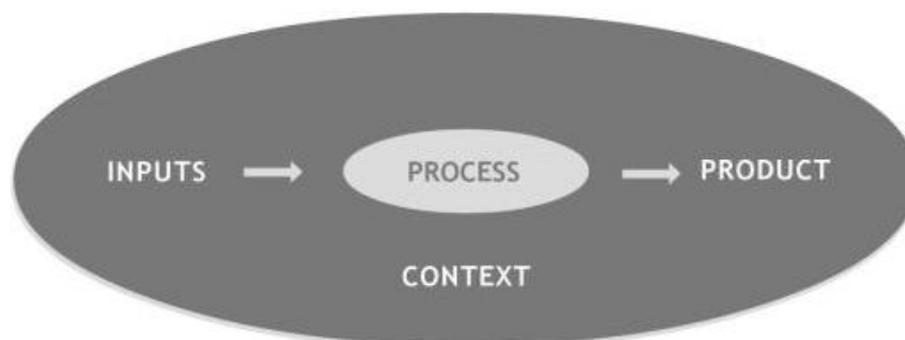


Abbildung 6.3: Das CIPP-Modell angelehnt an STUFFLEBEAM (2000) von SCHMIDT & PERELS (2010:14).

In Anlehnung an dieses Modell befasst sich die *Context*-Evaluation mit den Rahmenbedingungen des Evaluationsgegenstandes – konkret der praktischen Schulfachkonzipierung –, während die *Input*-Evaluation die Voraussetzungen der Teilnehmenden oder die zu lernenden Inhalte erfragt. Der Einsatz der universitär entwickelten Unterrichtsmaterialien in Verbindung mit den Geomedien Satellitenbild und Live-Bild/-Video von der ISS steht hierbei im Fokus der Unter-

suchung. Entwicklungsprozesse werden durch die *Process*-Evaluation im Sinne einer formativen (prozessbezogenen) Evaluation erfasst (SCHMIDT & PERELS 2010). „Es geht hierbei nicht um die Ergebnisse, sondern um das Geschehen auf dem Weg zu einem bestimmten (Lern-)Ergebnis“ (SCHMIDT & PERELS 2010:14). Das Ergebnis des Entwicklungsprozesses, also der praktischen Schulfachgestaltung mithilfe der universitär entwickelten Unterrichtsmaterialien an der Fallschule, auch summative Evaluation bezeichnet, erfolgt durch die *Product*-Evaluation. Bei dieser Evaluationsform wird konkret geprüft, welche Erfolge durch die Schulfachentwicklung im MINT-Wahlpflichtbereich der Beispielschule erzielt werden konnten (SCHMIDT & PERELS 2010). Die summative Evaluation wird durch die erste Panelerhebung als Vorevaluation in Kombination einer leitfragengestützten Gruppendiskussion vor Beginn des Unterrichtes in der Jahrgangsstufe 8 und durch die letzte schriftliche Befragung am Ende der Jahrgangsstufe 9 – ebenfalls in Kombination mit einer leitfragengestützten Gruppendiskussion – ermöglicht (vgl. dazu Kapitel 6.6). Bezogen auf den Implementationsprozess wird dazu einmal im Schuljahr mit allen Akteuren des MINT-Schulfachkonzeptes ein Evaluationstreffen unter Einhaltung der offiziell getroffenen Kooperationsvereinbarungen mit den universitären Arbeitsgruppen (vgl. dazu Kapitel 8) festgelegt, das durch das langjährige Forschungsvorhaben ebenfalls als formative Evaluation nach mehreren Schuljahren die Schulfachentwicklung begleitet. Die in dieser Studie finale summative Evaluation erfolgt nach Ablauf von insgesamt fünf Schuljahren.

Aufgrund der Tatsache, dass die Evaluation des kompletten CIPP-Modells sehr umfangreich wäre, werden in der Praxis üblicherweise nur ein oder zwei Teilbereiche erfasst oder es werden nur bestimmte Komponenten der vier Teilbereiche berücksichtigt. Das Forschungsvorhaben bezieht sich hierbei auf die Komponenten eines praxisorientierten Lösungskonzeptes zur nachhaltigen Integration des Themas Fernerkundung in den Wahlpflichtbereich der Sek. I an Gymnasien in NRW sowie die konkrete hypothesengeleitete Überprüfung des genderspezifischen Interesses an der Arbeit mit Satellitenbildern und Live-Bildern/-Videos von der ISS. Die Struktur dieses Modells hat den Vorteil, dass alle Perspektiven und damit alle relevanten Faktoren eines Evaluationsgegenstandes berücksichtigt werden können. DITTON (2010) hat in Anlehnung an das CIPP-Modell zwei Strukturmerkmale, den Prozesscharakter und die Mehrebenen-sicht kombiniert. Die Vorstellung von Inputs, Prozessen und Outputs basiert zwar auf dem Modell von STUFFLEBEAM (2000), aber lässt den Kontext für die Darstellung der Prozesse außen vor. Im Gegensatz dazu werden die Voraussetzungen, Prozesse sowie Outputs schulbezogener differenziert (SCHMIDT & PERELS 2010).

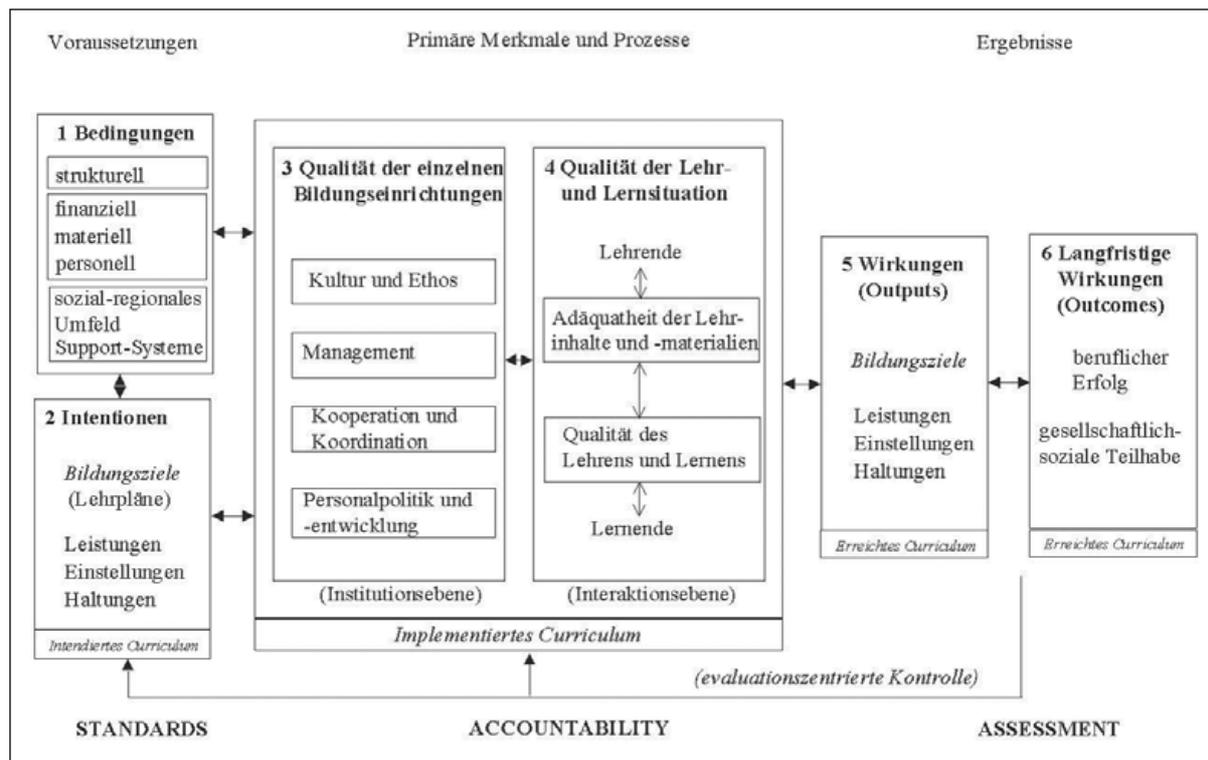


Abbildung 6.4: Modell zu Qualität und Qualitätsentwicklung im Bildungsbereich nach DITTON (2010:609).

Bei genauer Untersuchung des Modells wird deutlich, dass unter „Bedingungen“ finanzielle, materielle, aber auch personelle wie strukturelle Voraussetzungen zusammenfallen, die bei der Schulfachkonzipierung an der Fallschule berücksichtigt werden müssen. „Hinzu kommen die Vorgaben, die durch das intendierte Curriculum festgelegt sind, d. h. die beabsichtigten Bildungsziele, Leistungen, Haltungen und Einstellungen, welche in den Lehrplänen und Stundenplänen der Länder sowie den zugelassenen Lehrbüchern dokumentiert sind“ (SCHMIDT & PERELS 2010:19). Diese Voraussetzungen wurden in Kapitel 3 bereits eingehend erläutert. Die primären Merkmale und Prozesse werden in Schulqualität (Qualität der einzelnen Bildungseinrichtungen) und Unterrichtsqualität (Qualität der Lehr- und Lernsituation) differenziert. Die theoretische Unterscheidung zwischen Institutionsebene und Interaktionsebene erscheint zwar in der Praxis zunächst unlogisch, hat aber den Vorteil, dass alle Aspekte und Perspektiven, die auf den Unterricht Einfluss nehmen, aufgedeckt werden können. Die Komponenten Schulmanagement, Personalentwicklung, Kooperation und Schulkultur erfassen den Bereich der Schulqualität, während die Qualität des Unterrichts als *der* zentrale Aspekt berücksichtigt wird. Dabei wird die Qualität der Lehr- und Lernsituation von der Angemessenheit der Lehrinhalte und Lehrmaterialien beeinflusst (SCHMIDT & PERELS 2010), die beim Einsatz der universitär entwickelten Unterrichtsmaterialien im Rahmen der praktischen Erprobung zu überprüfen ist.

Im Bereich der Ergebnisse unterscheidet DITTON (2010) den Output vom Outcome, um kurzfristige wie langfristige Wirkungen im schulischen Kontext differenzieren zu können. Dementsprechend ist der Output das, „was sich am Ende des Unterrichts, eines Schuljahres oder der Schulzeit insgesamt als Ergebnis feststellen lässt. Längerfristige Wirkungen (Outcome) können dann der Studien- oder Berufserfolg der Abiturienten sein, der sich auch auf das weitere Leben der ehemaligen Schüler auswirken kann“ (SCHMIDT & PERELS 2010:20). Auch wenn das Modell, wie im Grunde genommen alle Modelle, die Realität immer sehr vereinfacht darstellen, verfolgt es das Ziel, den Prozesscharakter schulischer Prozesse – die Implementierung eines neuen MINT-Differenzierungsfaches – strukturiert abzubilden. Die Mehrebenensicht des Schulqualitätsmodells nach DITTON (2010) zeigt darüber hinaus die Notwendigkeit auf, mehrere Ebenen bzw. Perspektiven in Bildungsprozessen mit einzubeziehen. Dabei wird die Ebene der einzelnen Individuen, z. B. die Schüler als Lernende und die Lehrer als Lehrende, von der Ebene der Interaktion zwischen Lernenden und Lehrenden innerhalb des Unterrichts unterschieden. Hinzu kommt die Ebene der einzelnen Bildungseinrichtungen, die wiederum vom sozial-räumlichen bzw. gesellschaftlich-kulturellen Kontext und den übrigen Ebenen differenziert wird. Die vierte Kontextebene kann zusätzlich untergliedert werden, indem beispielsweise das Einzugsgebiet (ländlich vs. städtisch) einer Schule herangezogen wird (SCHMIDT & PERELS 2010). Hierbei wird gut deutlich, wie viele Komponenten bei der Evaluation der Implementierung eines neuen MINT-Schulfaches im Differenzierungsbereich berücksichtigt werden müssen.

Für die Fragestellungen dieser Arbeit bleibt in Anlehnung an das auf dem CIPP-Evaluationsmodell aufbauende schulspezifische Qualitätsmodell von DITTON (2010) das Evaluationsziel, die Prozesshaftigkeit und die Vielzahl beeinflussender Komponenten von schulischer Arbeit darzustellen und in die Schulfachkonzipierung in Theorie und Praxis mit einzubeziehen.

Wenn die Implementierung eines neuen MINT-Differenzierungsfaches evaluiert werden soll, dann müssen – wie im Vorfeld jeder Evaluation – Bewertungskriterien festgelegt werden. Dabei sind die folgenden drei Bezugspunkte nach VEDUNG (2000) und in Anlehnung an DROR (1968) für die Fragestellungen dieser Arbeit relevant:

- *Zielgruppenerwartung*: Erfüllt die erbrachte Leistung die Erwartungen der Zielgruppen (Adressaten)?
- *Interessentenerwartung*: Entspricht die erreichte Leistung den Erwartungen anderer *Stakeholder*²⁶?
- *Professionelle Standards*: Entsprechen die Leistungen weithin akzeptierten professionellen, wissenschaftlichen, bildungspolitischen sowie unterrichtlichen Standards?

Aus den oben genannten Bezugspunkten evaluativer Bewertung wird noch einmal verdeutlicht, dass die Evaluation auf der Makro- und Mikroebene erfolgen und gleichermaßen in den Kontext des Prozesses – hier der Schulfachentwicklung – mit eingebunden werden sollte.

Die Festlegung der Bewertungskriterien erfolgte im Rahmen dieser Arbeit partizipativ, da Lehrende, *Stakeholder* und auch Vertreter der Zielgruppe hier anteilig mitgewirkt haben. Die Einführung eines neuen Schulfaches im MINT-Unterricht der Sek. I erfolgt dementsprechend nach dem *Top-down*- sowie dem *Bottom-up*-Prinzip, um alle Ziel- und Interessentengruppen auf hierarchischer Schulebene in Verbindung mit universitärer Forschung und Lehre partizipativ in die innovative Schulfachgestaltung mit einzubeziehen.

Auf der Makroebenen wird die Implementierung des Themas Fernerkundung in den Schulunterricht am Beispiel des Pilot-MINT-Differenzierungsfachs „Geographie-Physik“ in der Sek. I des GSA erhoben, die seit der Einführung im Schuljahr 2016/17 als weiterhin andauernden Prozess verstanden werden kann. Die kurz- wie langfristigen Wirkungsebenen des Prozesses sowie der Ergebnisse werden auf der Zeitebene von vier vollständigen Schuljahren der vorliegenden wissenschaftlichen Arbeit erfasst. Durch die Ergebnisse des CEval-Evaluationsansatzes nach STOCKMANN (2014) können jedoch interne wie externe Wirkungsfelder und die Nachhaltigkeit des neuen MINT-Fachs im Differenzierungsbereich der Sek. I beispielhaft mit Tendenzen für den Schulunterricht im MINT-Bereich an Gymnasien in NRW erfasst und prognostiziert werden.

Auf der Mikroebenen können indes die genauen Voraussetzungen, dabei insbesondere die Bildungsziele als Intentionen innerhalb DITTONS Schulqualitätsmodells, als auch das implementierte Curriculum auf Institutions- und Interaktionsebene mit den Wirkungen bzw. Outputs untersucht werden. Die langfristigen Wirkungen können – wie auf der Makroebene gemäß STOCK-

²⁶ „Stakeholder umfasst dabei alle Personen und Personengruppen, die in irgendeiner Form direkt oder indirekt von den Aktivitäten eines Projektes betroffen, an diesen beteiligt oder an deren Ergebnissen interessiert sind“ (STOCKMANN & MEYER 2014:262).

MANN (2014) auch bei DITTON (2010) im Zeitrahmen dieser evaluativen Untersuchung (RAAB-STEINER & BENESCH 2012) erfasst und zukünftige Tendenzen prognostiziert werden.

In Anlehnung an das dargestellte Evaluierungskonzept müssen bei der explorativen Initiierung des Innovationskonzeptes erst einmal die Rahmenbedingungen einer Realisierung abgeschätzt werden, die eingangs durch schulformalistische Vorgaben bzw. Richtlinien erhoben werden können. Ergänzend dazu wird die Interessengruppe der Schüler, die quantitativ durch die Wahl des neuen MINT-Schulfaches aus einem Pool verschiedenster, insgesamt sechs Wahlpflichtfächer in der Jahrgangsstufe I am GSA – als Wahlpflichtfachkohorte – erhoben werden kann, partizipativ in den Evaluierungsprozess mit einbezogen, um Erwartungshaltungen der entsprechenden Zielgruppe in die Schulfachkonzipierung in Form von sogenannten „Classroom“-Interviews anhand eines standardisierten Fragebogens sowie Gruppendiskussionen – und initiierenden „Fokus-Gruppen“ (STOCKMANN & MEYER 2014) in Pretestverfahren – aktiv einzubinden. Dabei muss hervorgehoben werden, dass durch die Prozesshaftigkeit einer neuen Schulfachgestaltung – gerade bei der Zeitlänge des Forschungsprojektes – in Anlehnung an die Aktionsforschung durch Erkenntnisprozesse sich die Evaluation ebenfalls entwickelt und dadurch ergänzende Modifikationen bei der Formulierung von einzelnen Items des entwickelten Panel-Surveys, das insbesondere für den zweiten Forschungsteil dieser Arbeit relevant ist, im Verlauf der Studie vorgenommen werden müssen, ohne dass die Kontinuität der eingangs konzipierten schulhalbjährlichen Erhebungen unterbrochen wird.

6.2 Rechtliche Grundlagen der Evaluation

Im Bereich der Lehrerausbildung wird durch die empirische Wende in den Fachdidaktiken und in den Bildungswissenschaften die Lehr-Lern-Forschung zunehmend forciert. Das hat zur Folge, dass Studierende, Lehramtsreferendare oder Promovierende im Rahmen ihrer wissenschaftlichen Arbeiten mit dem Einsatz empirischer Forschungsmethoden Teilaspekte des Unterrichts erforschen. Hierbei gilt es zu berücksichtigen, dass die Schule eine stark verrechtlichte soziale Institution ist (ZURSTRASSEN 2011). „Bei wissenschaftlichen, empirischen Untersuchungen im Rahmen des Studiums, des Referendariats oder einer Doktorarbeit müssen die rechtlichen Rahmenbedingungen der einzelnen Bundesländer berücksichtigt werden. Das föderative System der Bundesrepublik Deutschland wird in wenigen Bereichen so deutlich wie in der Bildungspolitik, die in den Kompetenzbereich der einzelnen Bundesländer gehört“. (ZURSTRASSEN 2011:186). Vor dem Hintergrund des Forschungsvorhabens in Verbindung mit den Kooperationen der universitären Arbeitsgruppen (s. Kapitel 8.2) wurde bereits im Vorfeld

die rechtliche Grundlage des Forschungsvorhabens anhand des Schulgesetzes in NRW (§ 120 Abs. 4 SchulG) überprüft und Rücksprache mit der Schulleitung des GSA – noch vor dem Initiierungsprozess – vorgenommen. Gemäß der BEREINIGTEN AMTLICHEN SAMMLUNG DER SCHULVORSCHRIFTEN IN NRW (BASS NRW) gelten bei wissenschaftlichen Untersuchungen, Tests und Befragungen an Schulen in Verbindung mit dem Schulgesetz in NRW juristische Vorgaben zur Durchführung wissenschaftlicher Vorhaben (MSB NRW 2020), die bei der Exploration der praktischen Schulfachkonzipierung in Kombination mit einem Panel-Survey an der Beispielschule berücksichtigt wurden. Somit unterliegt die Entscheidung der empirischen Durchführung der Schulleitung nach Beteiligung der Schulkonferenz. In Verbindung mit dem Forschungsvorhaben, das eine kooperative Zusammenarbeit mit universitären Partnern vorsieht, wurden zu Beginn des Implementationsprozesses alle formjuristischen Rahmenvorgaben eingehalten und mit den entsprechenden *Stakeholdern* besprochen, was zu einem offiziellen Kooperationsvertrag führte, in dem auch der Schulträger des GSA mit einbezogen wurde. Der Schulträger ist – auch vor dem Hintergrund des Forschungsvorhabens – ein wichtiger Akteur hinsichtlich der technischen sowie digitalen Ausstattung der Schule. Um die Rahmenvorgaben der empirischen Durchführung kontinuierlich zu prüfen und den wissenschaftlichen Mehrwert erfassen zu können, wird seit der Einführung des neuen MINT-Wahlpflichtfaches „Geographie-Physik“ einmal pro Schuljahr innerhalb eines Kooperationstreffens mit den Zuständigen der Universität(en) und des GSA die kooperative Forschungsarbeit präsentiert und evaluiert.

Die Eltern der Lerngruppen werden bereits schon bei der Vorstellung des neuen MINT-Differenzierungsfaches an einem Informationsabend für die Wahl des Wahlpflichtfaches über die Forschungsarbeit innerhalb des Kurses informiert. Entsprechende Informationsbriefe werden regelmäßig an die Erziehungsberechtigten und Schüler vor der Durchführung des Panel-Surveys und kooperierenden Maßnahmen (Exkursionen, Veranstaltungen, etc.) aufgesetzt, um über das wissenschaftliche Vorgehen aufzuklären. Auch wenn Panel-Surveys den Vorteil haben, dass sie individuelle Veränderungen im Laufe eines Projektprozesses sichtbar machen können, behindern die schuljuristischen Rahmenvorgaben in NRW durch den Anonymitätsanspruch der Betroffenen bei wissenschaftlichen Befragungen eine Zuordnung des Fragebogens zu einem konkreten Schüler. Der technische, organisatorische und finanzielle Mehraufwand einer speziellen Codierung des Fragebogens durch neutrale Dritte, um eine Zuordnung zu einem Schüler im Verlauf eines Panel-Surveys ermöglichen zu können, hätte zwar geleistet werden können, jedoch darf die Beeinflussung dieses Vorgehens auf das Antwortverhalten der Schüler dabei nicht unterschätzt werden. Wie auch schon durch die verwendeten Methoden der Pretestverfahren (s. Kapitel 6.6.3) in der Voruntersuchung deutlich wurde, kann das Vertrauen

der Schüler der entsprechenden Jahrgangs- bzw. Altersstufe hinsichtlich der Anonymität der Befragung nicht grundsätzlich vorausgesetzt werden. Somit hätte eine Codierung des Fragebogens – insbesondere durch die Anwesenheit neutraler Dritter – das Antwortverhalten der Schüler nachteilig beeinflussen können, weshalb von diesem Vorgehen abgesehen wurde. Für die relevanten Forschungsfragen dieser Studie, die sich neben der praktischen Schulfachgestaltung im zweiten Forschungsteil auf genderspezifische Interessen- und Motivationsunterschiede bei der Wahl des Differenzierungsfaches und der Arbeit mit Satellitenbildern sowie Live-Bildern/-Videos von der ISS beziehen, können jedoch durch das Panel-Design nach den jeweiligen Schulhalbjahren Veränderungen innerhalb einer Wahlpflichtfachkohorte sichtbar werden, ohne dass eine konkrete Zuordnung zu einem Schüler erfolgen muss.

6.3 Forschungslogbuch

In Anlehnung an die Aktionsforschung stellt ein begleitendes Forschungstagebuch ein wichtiges Werkzeug für den Forschungsprozess der aktiven Lehrkräfte dar (ALTRICHTER, POSCH & SPANN 2018), das im Rahmen der Schulfachinitiierung hier als „Forschungslogbuch“ die wichtigsten Entwicklungen der Implementation dokumentiert und in Verbindung mit den quantitativ erhobenen Daten dieser Studie ein wichtiges Zusatzelement bei der Bewertung der Forschungsergebnisse innerhalb des CEval-Programm-Evaluationsleitfadens bildet (STOCKMANN & MEYER 2014). Zudem soll das Forschungslogbuch auch vor dem Hintergrund der Kooperationen mit den universitären Arbeitsgruppen die wichtigsten „*Milestones*“ für das langfristig angelegte Forschungsprojekt beinhalten. Das Forschungslogbuch soll dabei nicht nur die jeweiligen Zwischenergebnisse der Implementation des Themas Fernerkundung in den gymnasialen Schulunterricht der Sek. I in NRW für die Kooperationspartner legitimieren, sondern auch retrospectiv die wichtigsten Teilziele für eine praxisorientierte Diffusion der Schulfachinnovation ermöglichen.

Das Forschungslogbuch, das im benannten Forschungszweig auch in Form eines Tagebuches geschrieben werden kann, zeichnet sich dadurch aus, dass ebenfalls „[...] Daten, die mit anderen Forschungsmethoden gewonnen wurden, eingetragen werden. So können beispielsweise die Notizen, die sich durch eine „unstrukturierte Beobachtung“ ergeben, oder die Beschreibung der Bedingungen, unter denen ein „Interview“ durchgeführt wird, ins Tagebuch aufgenommen werden“ (ALTRICHTER, POSCH & SPANN 2018:25). Durch diese Form der Kontinuität ermöglicht ein Forschungslogbuch in Form eines Tagebuches eine besondere Qualität im Vergleich zu anderen Forschungsmethoden, da es alle Forschungs- sowie Veränderungsaktivitäten in Verbin-

dung mit den Erkenntnisprozessen in den verschiedenen Phasen des Implementationsprozesses durchgängig dokumentieren kann. Die Grundlagen dieses Forschungsbegleiters bilden neben einer zeitlich chronologischen Kontinuität auch die Strukturierung in die Dimensionen der Mehrebenen gemäß des oben vorgestellten Evaluierungskonzeptes.

Mit Blick auf die wichtigsten Entwicklungen der Schulfachkonzipierung im Verlauf der letzten Schuljahre kann der konkrete Forschungsbeginn bereits auf das Schuljahr 2014/15 datiert werden, da das Schlüsselereignis des „ARISS-Live-Call“ mit dem ESA-Astronauten Alexander Gerst im September 2014 am GSA in Kooperation mit den universitären Partnern durchgeführt wurde. Die wichtigsten „*Milestones*“ des Implementationsprozesses der letzten sieben Schuljahre sind für eine qualitative Bewertung der Schulfachkonzeption essenziell und werden in Kapitel 8.6 im Rahmen der Praxisdurchführung ausführlich evaluiert.

6.4 Leitfadengestützte Gruppendiskussionen

Insbesondere durch die Exploration der Erwartungshaltungen der Zielgruppe bei der Schulfachkonzipierung sieht die Datenerhebung durch leitfragengestützte Gruppendiskussionen eine offene, aber moderierte Diskussion vorgegebener Fragestellungen vor, bei denen der Interviewer eher die Rolle eines Moderators einnimmt (STOCKMANN & MEYER 2014). Diese Form der Erhebung qualitativer Daten ermöglicht vor dem *Mixed-Methods*-Ansatz nicht nur die Komplementierung quantitativer Daten über das eingebundene Panel-Survey, sondern lässt die Zielgruppe – als nicht-zufällige Wahlpflichtfachkohorte – partizipativ an der Schulfachkonzipierung teilhaben. Diese Form der Datenerhebung nach dem *Bottom-up*-Prinzip ist besonders für die Initiierung sowie für die Weiterentwicklung des Differenzierungsfaches relevant, um bei der Konzipierung eine Perspektiventriangulation zwischen Lehrer- und Schülerperspektive und im weiteren Schritt durch die begleitende Kooperation mit den Arbeitsgruppen der Universitäten die Perspektive von Dritten mit einzubinden. Die Vorteile, die sich aus dieser kombinierten Methode ergeben liegen darin, dass ein vollständigeres Bild einer Situation entsteht und die „[...] erkenntnisfeindliche „Hierarchie der Glaubwürdigkeit“ durchbrochen wird, weil Perspektiven rangunterschiedlicher Personen gleichwertig nebeneinander gestellt werden“ (ALTRICHTER, POSCH & SPAHN 2018:161). Die Praxis dieser Form der Triangulation hat erfahrungsgemäß gezeigt, dass Schüler wesentliche Informationen zur Klärung einer Situation leisten können, die den Lehrkräften unbekannt sind, auch wenn Lehrer grundsätzlich der Meinung sind, ihre Schüler zu „kennen“ (ALTRICHTER, POSCH & SPAHN 2018). Die Nachteile, die sich aus dieser Methodenkombination ergeben beschreiben ALTRICHTER, POSCH & SPAHN 2018 mit der

Bedrohung der Perspektive von Dritten, weshalb diese Triangulation für Lehrkräfte auch als belastend empfunden werden kann, weshalb dieser Aspekt bei der Beteiligung der Lehrkräfte, die an der Fallschule in den Forschungsprozess durch das Unterrichten im Teilbereich Physik mit eingebunden sind, berücksichtigt wird. Als weiterer Nachteil wird der erforderliche Aufwand ergänzt, da die Daten von drei Quellen erforderlich werden.

Aufgrund der Tatsache, dass eine offizielle Kooperationsvereinbarung mit den Arbeitsgruppen der Universitäten Bonn und Bochum (vgl. dazu Kapitel 8) und der Fallschule im Einverständnis aller beteiligten Akteure der Schulfachkonzipierung geschlossen wurde, wird ein struktureller Leitfaden für den Forschungsprozess und -aufwand vorgegeben und dadurch eine Transparenz der erforderlichen Evaluationen und Evaluationstreffen geschaffen, die für einen nachhaltigen Aktionsforschungsprozess entscheidend sind.

Seit Beginn der Einführung des neuen MINT-Wahlpflichtfaches wird die beschriebene Kombination der Perspektiven in Form von leitfadengestützten Gruppendiskussionen zur Zielformulierung der Erwartungshaltung des neuen Schulfaches aus Schülersicht diskutiert und in regelmäßigen Evaluationstreffen mit den Zuständigen der universitären Kooperationen diskutiert. Diese Form der Erhebung findet regelmäßig zu Beginn des Unterrichtes in der Jahrgangsstufe 8 – nach der ersten schriftlichen Vorevaluation – statt, um die anfängliche Erwartungshaltung der Schüler gegenüber dem neuen Wahlpflichtfach komplementär zu erfassen. Die Evaluationstreffen mit allen zuständigen Akteuren der Kooperationsvereinbarung finden – wie schriftlich im Kooperationsvertrag zwischen dem GSA und den außerschulischen Partnern festgehalten wurde (vgl. dazu Kapitel 8) – einmal im Schuljahr statt.

Die Moderation der Gruppendiskussion findet durch die unterrichtende Lehrkraft statt. Es bleibt hierbei jedoch anzumerken, dass diese qualitativ erhobenen Daten durch die im Folgenden beschriebenen „Classroom“-Interviews mit standardisiertem Fragebogen parallel ergänzt werden. Der Hauptvorteil der Gruppendiskussion in den bereits gewählten Wahlpflichtfachkohorten bietet jedoch die Tatsache, dass durch diese offene – aber leitfadenorientierte – Form der Diskussion inhaltliche, methodische und mediale Impulse für die Schulfachgestaltung durch die betroffene Zielgruppe in das Schulfachkonzept verbal ausführlicher formuliert werden können, was bei einer standardisierten Befragung mittels Fragebogen nicht in dem Ausmaß erfasst werden kann, auch wenn die Konstruktion des Fragebogens aller Panel-Wellen zum Ende der schriftlichen Befragungen offene Antwortformate zu Wünschen und Erwartungshaltungen vorsieht. In Anlehnung an die ebenfalls schriftlich formulierten offenen Fragenformate der Vorevaluation gibt die forschende Lehrkraft eine einleitende Instruktion zur verbalen Formulierung von Wünschen

und Erwartungshaltungen vor und begleitet die Diskussion unter Einhaltung des vorgegebenen Leitfadens, der unter Hinzuziehung des Schulqualitätsmodells nach DITTON (2010) die Qualitätsebene der Lern- und Lehrsituation auf Interaktionsebene mit dem bereits implementierten Curriculum durch die Kategorien Inhalte, Medien und Methoden erfasst.

Die Wünsche und die Erwartungshaltung der Schüler, die sich bereits durch die Wahl des neuen MINT-Differenzierungsfachs für die Fächerkombination mit dem Themenkomplex Fernerkundung entschieden haben, werden somit in einer regelmäßigen Gruppendiskussion vor Beginn des Unterrichtes in der Jahrgangsstufe 8 und nach der ersten schriftlichen Vorevaluation evaluiert. Die Gruppendiskussion erfolgt – wie bereits in Bezug zum Evaluationskonzept beschrieben – durch die Moderation der Lehrkraft im Teilbereich Geographie, die einleitend das Gesamtforschungsvorhaben im Kontext der Kooperationsvereinbarung erläutert und die Schüler dazu anregt, Wünsche und Erwartungshaltungen, die in Bezug zur Wahl des MINT-Unterrichtes stehen, gemeinschaftlich zu diskutieren. Dabei soll den Schülern nicht nur eine klare Transparenz über die Vorgehensweise der Schulfachinitiiierung und den damit erforderlichen Evaluationen vermittelt werden, sondern gleichermaßen auch die aktiven Partizipationsmöglichkeiten bei der Schulfachgestaltung durch die Erhebungen deutlich gemacht werden. Die Ergebnisse der Gruppendiskussionen werden dabei durch die Lehrkraft stichwortartig in das Forschungslogbuch übertragen, um inhaltliche, mediale und unterrichtsgestaltende methodische Impulse festzuhalten und im Anschluss an diese drei Oberpunkte bzw. Kategorien zu kodieren. Die Antwortformate der Gruppendiskussionen lassen stichwortartige Aussagen zu, die zusammen mit zusätzlichen Beobachtungen des gesamten Diskussionsprozesses in der jeweiligen Wahlpflichtfachgruppe in das Forschungsbuch aufgenommen werden können. Zusammen mit den Ergebnissen der standardisierten Fragebogenerhebung, die zu den Wünschen und Erwartungshaltungen gegenüber dem neuen MINT-Wahlpflichtfach offene Fragen integriert, können die beschriebenen Kategorien „Inhalte/Themen“, „Medien“ und „Unterrichtsmethoden“ stichwortartig nach Nennungen quantifiziert werden, um schwerpunktmäßige Trends in der jeweiligen Lerngruppe aufnehmen zu können. Die Forschungsmethode der Gruppendiskussion wird im Verlauf der zwei Schuljahre zu Beginn des Unterrichtes im Wahlpflichtfach durchgeführt und nach Ablauf der zwei Schuljahre nach der letzten standardisierten schriftlichen Fragebogenerhebung in einer der letzten Unterrichtsstunden in der Jahrgangsstufe 9 durchgeführt, um die eingangs formulierten bzw. erhobenen Wünsche und Erwartungshaltungen mit Blick auf den Unterrichtsverlauf retrospektiv überprüfen zu können. Auch in diesem Rahmen werden die Ergebnisse wie bei der ersten Gruppendiskussion nach den festgelegten Oberkriterien kategorisiert und im Forschungslogbuch dokumentiert. Dabei ist anzumerken, dass die aktive Partizi-

pationsmöglichkeit der Schüler bei der Schulfachkonzeption sich nicht nur auf die zwei regelmäßigen Gruppendiskussionen beschränkt, sondern auch im Rahmen der stetigen schriftlichen Befragungen nach jedem Schulhalbjahr bzw. fachspezifischen Teilbereich stattfindet.

6.5 Gütekriterien der qualitativen Forschungsmethoden

Die Gütekriterien qualitativer Forschung orientieren sich, wie beispielsweise bei MAYRING (2003), noch an den konventionellen Kriterien der quantitativen Forschung, während vor allem die „Konstruktivisten“ es ablehnen, Qualitätskriterien für die qualitative Forschung zu formulieren (FLICK et al. 2004, SEDLMEIER & RENKEWITZ 2018). Als Argument wird angeführt, dass die Standards „[...] Objektivität, Reliabilität und Validität für die Beurteilung von Messungen sowie externe Validität für die Verallgemeinbarkeit von Ergebnissen und interne Validität als Grundlage für Kausalbeschlüsse – nicht erreichbar bzw. nicht anwendbar sind, dass es aber notwendig ist, Gütekriterien zu benutzen, die denen der konventionellen Forschung teilweise recht nahe kommen“ (SEDLMEIER & RENKEWITZ 2018:1013).

Um die Güte bzw. Qualität qualitativer Forschungsmethoden bestimmen zu können, werden demzufolge neben den klassischen Kriterien auch Reformulierungen verwendet, die sich jedoch an diesen Grundkriterien orientieren (FLICK 2005).

In Anlehnung an die Gütekriterien der Aktionsforschung, die nicht nur für die Datensammlungsmethode, sondern auch für den gesamten Forschungsprozess dieser Arbeit relevant sind, wird die Qualität anhand von vier Zielbereichen ALTRICHTER & POSCH (2018:103) bestimmt:

- *„die Weiterentwicklung der untersuchten Situation (Praxis) im Sinne aller von ihr Betroffenen,*
- *die Weiterentwicklung des Wissens der am Forschungsprozess Beteiligten über die untersuchte Situation,*
- *die Weiterentwicklung des professionellen Wissens der Lehrerschaft und*
- *die Weiterentwicklung der erziehungswissenschaftlichen und (fach)didaktischen Forschung“.*

Vor dem Hintergrund dieser Zielebenen werden für die Aktionsforschung erkenntnistheoretische (epistemologische), pragmatische und ethische Kriterien angeführt, die den gesamten Forschungsverlauf begleiten sollten. Die erkenntnistheoretischen Kriterien beziehen sich dabei auf die Güte der Befunde, während sich die pragmatischen Kriterien auf die Verträglichkeit mit der

Praxis und die ethischen Kriterien auf die Vereinbarkeit mit den pädagogischen Zielen sowie den Grundsätzen humaner Interaktion beziehen (ALTRICHTER & POSCH 2018).

Die Güte der Befunde erfolgt dabei durch die Hinzuziehung alternativer Perspektiven sowie durch die Erprobung in der Praxis, die für den Forschungsprozess dieser Studie ausschlaggebend ist. Hierbei muss die forschende Lehrkraft dafür Sorge tragen, dass die Ergebnisse im praktischen Handeln erprobt und evaluiert werden. Die Verträglichkeit mit der Praxis ist im Forschungsprozess so zu gestalten, dass die Untersuchungsinstrumente von professionellen Lehrkräften ohne übermäßigen zusätzlichen Zeitaufwand für die Weiterentwicklung ihrer Praxis genutzt werden können. Das bedeutet konkret für den Implementierungsprozess des neuen Wahlpflichtfaches, dass die Forschung den Unterricht nicht verdrängen, und mit der beruflichen Situation von Lehrern praktisch-zeitökonomisch verträglich ist, um zu qualitätsvollen Aktionsforschungsprozessen beizutragen (ALTRICHTER & POSCH 2018). Darüber hinaus muss der Forschungsprozess mit ethischen Grundsätzen vereinbar sein, da die Aktionsforschung auf dem Grundgedanken beruht, „[...] dass eine tiefer gehende und nachhaltige Veränderung von Praxis nur in Zusammenarbeit der von dieser Praxis Betroffenen und nicht gegen ihren Willen geschehen darf“ (ALTRICHTER & POSCH 2018:109).

Die erläuterten Kriterien werden bei der Einführung und Weiterentwicklung des neuen MINT-Wahlpflichtfaches im Differenzierungsbereich der Sek. I am GSA berücksichtigt, indem die Perspektiven der an dem Wahlpflichtfach Beteiligten (Schüler, Lehrkräfte, Schulleitung, Wissenschaftler, Eltern) in Verbindung mit einer transparenten Aufklärung des Forschungsprozesses berücksichtigt, der Einsatz der entwickelten digitalen Unterrichtsmaterialien mit entsprechenden Unterrichtskonzeptionen in der Praxis erprobt und durch praktisch-zeitökonomische Untersuchungsinstrumente evaluiert werden.

Auch wenn sich die Aktionsforschung an den klassischen Gütekriterien orientiert, können diese Kriterien in der Aktionsforschung aus praktischen und prinzipiellen Gründen nur eingeschränkt angewendet werden. Das klassische Kriterium der Reliabilität ist in der Aktionsforschung nur eingeschränkt möglich, da komplexe Situationen instabil sind und dadurch zu verschiedenen Zeitpunkten keine vergleichbaren Situationen zu beobachten sind, weil sich die Situation in dieser Zeit bereits weiterentwickelt hat. Zudem versucht die Aktionsforschung der Stabilität von Situationen entgegenzuwirken, da sie Handlungsstrategien zu ihrer Veränderung bzw. ihrem Fortschritt entwickelt (ALTRICHTER & POSCH 2018). In diesen Kontext fällt der Implementierungsprozess des neuen MINT-Wahlpflichtfaches, der sich durch verschiedenste Rahmenbedingungen die Beispielschule und das Bundesland NRW betreffend stetig weiterentwickelt.

Aufbauend auf den Gütekriterien der Aktionsforschung im Besonderen und dem *lege artis* qualitativer Forschung im Allgemeinen wird in diesem qualitativen Forschungsteil die Triangulation angewendet, die sich in eine Daten-, Forscher- und *Between-Method*-Triangulation konkretisiert, um den Forschungsgegenstand aus mehreren Perspektiven zu betrachten (SEDLMEIER & RENKEWITZ 2018). Die Daten der leitfadengestützten Gruppendiskussionen werden mit den Daten der Kooperationsdokumente (Kooperationsvertrag, Pressemitteilungen des GSA/der Universitäten zum Wahlpflichtfach, öffentliche Radio- und Fernsehbeiträge, etc.) im Sinne einer Daten-Triangulation erhoben. Durch Unterrichtsbesuche, Expertengespräche, regelmäßige Evaluationstreffen mit den Wissenschaftlern der universitären Arbeitsgruppen und mit den unterrichtenden Lehrkräften des Teilbereichs Physik partizipieren unterschiedliche Beobachter an der Ein- und Fortführung des neuen Wahlpflichtfaches, wodurch eine Forscher-Triangulation gegeben ist. Die methodologische *Between-Method*-Triangulation wird im qualitativen Forschungsteil dieser Studie damit erreicht, dass in Kombination mit einer Gruppendiskussion ein Frageblock des standardisierten Fragebogens, der insbesondere für den zweiten Forschungsteil dieser Arbeit relevant ist, noch vor der jeweiligen mündlichen Erhebung eingesetzt wird. Die durchaus bewusst offen gehaltenen Fragen zur Anregung einer Gruppendiskussion zu Wünschen und Erwartungshaltungen gegenüber dem MINT-Schulfachkonzept werden mit denen bereits in der Vorevaluation verschriftlichten Antworten ergänzt, um die Partizipationsmöglichkeiten der Schüler mit unterschiedlichen Untersuchungsmethoden im Verlauf der Panel-Erhebungen (vgl. Kapitel 6.6) in den vier Schulhalbjahren zu erhöhen und – prozessbegleitend – die quantitative Anzahl von Nennungen zu inhaltlichen Themengebieten, Medien und Unterrichtsmethoden auszuwerten und in den regelmäßigen Evaluationstreffen die inhaltlichen, medialen und methodischen „Trends“ gemeinsam zu diskutieren. In diesem Zusammenhang erfolgt die Kategorisierung an das Schulqualitätsmodell nach DITTON (2010), das im vierten Evaluationsfeld die Qualität der Lern- und Lehrsituation auf Interaktionsebene beschreibt und damit die primären Merkmale und Prozesse der Schulfacheinführung erfasst. Die Transkription der stichwortartig festgehaltenen Wünsche und Erwartungen der Schüler in den Gruppendiskussionen erfolgte – unter Wahrung der Gütekriterien der Aktionsforschung – immer im Einverständnis der Schüler und mit klar formulierter Transparenz des Forschungsvorhabens (mit bereits erzielten Ergebnissen). Grundsätzlich konnte durch die deutlich gemachten Partizipationsmöglichkeiten bei allen fünf Jahrgängen eine besondere Motivation bei den Gruppendiskussionen sowie bei der Befragung durch den Fragebogen beobachtet werden. Die offenen Fragen der Panel-Erhebung (vgl. Kapitel 6.6) können durch die fast ausschließlich stichwortartigen Antwortformate zügig ausgewertet und quantifiziert werden. Dabei erfolgt die Auswertung der

offenen Fragen im Fragebogen jedoch – anders wie die restlichen Fragen des Fragebogens (vgl. dazu Kapitel 6.6.2) – gemäß der qualitativen Gütekriterien der Aktionsforschung und unter Einbindung der Ebenen des Schulqualitätsmodells nach DITTON (2010).

Als zusätzliche Dokumente werden neben den qualitativen Untersuchungsmethoden der leitfadengestützten Gruppendiskussion und der schriftlichen Befragung durch offenen Frageformate die Kooperationsdokumente, öffentlich gemachte Presseberichte auf den Homepages der Fallschule und der Universität, Zeitungsartikel und Fernseh- oder Radioberichte herangezogen, um unter Berücksichtigung des Evaluationskonzeptes verschiedene Ebene des Implementationsprozesses aufzunehmen und Schul(fach)entwicklungsprozesse aus verschiedenen Perspektiven und unter Hinzuziehung des erläuterten Schulqualitätsmodells von DITTON (2010) auswerten zu können. Die qualitative Auswertung erfolgt hierbei zwar gemäß der beschriebenen Kategorisierung nach Inhalten, Medien und (Unterrichts-)Methoden, ergänzt jedoch die Zusatzkategorien der „Rahmen“-Bedingungen an der Fallschule, die Qualität der einzelnen Bildungseinrichtungen auf Institutionsebene (Fallschule und Arbeitsgruppen der Universitäten) sowie (erste) Wirkungen als Outputs sowie mögliche (erste) langfristige Wirkungen als Outcomes (DITTON 2010), die gleichermaßen alle Evaluierungsfelder des CEval-Leitfadens nach STOCKMANN (2014) auf Programm- bzw. Schulfachentwicklungsebene mit einbindet. Durch den Einsatz der digitalen Lernarrangements der Universitäten erfolgt darüber hinaus die Einbindung des „magischen Vierecks mediendidaktischer Innovation“ von KERRES (2001) im Kontext der Daten- und Forscher-Triangulation bei den regelmäßigen Evaluationstreffen, die auch durch die Evaluationsbereiche des Schulqualitätsmodells abgedeckt werden. Hierbei fällt beispielsweise der erforderliche Teilbereich der (technischen) Infrastruktur nach KERRES (2001) in das erste Evaluationsfeld der Bedingungen nach DITTON (2010) und in den Evaluationsbereich der internen Wirkungen des CEval-Leitfadens nach STOCKMANN (2014). Durch die Kombination der Evaluationsmodelle können alle Ebenen, die für den Implementationsprozess des neuen MINT-Schulfaches an der Fallschule relevant sind, berücksichtigt werden.

6.6 Panel-Survey

Durch die methodologische Herangehensweise des *Mixed-Methods*-Ansatzes, der die in den vorherigen Kapiteln erläuterte Erhebung qualitativer Daten mit einer panel-basierten Längsschnittanalyse kombiniert, die insbesondere bei Schulentwicklungsprozessen von Vorteil ist (GALLE 2014, 2015), erfolgt die Befragung zur praktischen Gestaltung des neuen MINT-Differenzierungsfaches „Geographie-Physik“ mithilfe des Panel-Surveys. Aufgrund der Tatsache,

dass die interdisziplinäre Konzipierung des Schulfaches unterschiedliche Teilbereiche der Fächerkombination vorsieht, müssen die entsprechenden vier Schulhalbjahre in Verbindung mit einer voraussetzenden Erhebung vor Unterrichtsbeginn ausgewertet werden. Nur so kann in Verbindung mit dem Evaluationskonzept der Prozess der Schulfachgestaltung mit den dazu relevanten Items kontinuierlich erfasst werden. Zudem ermöglicht das angelegte Panel-Design eine Längsschnittanalyse für den zweiten Forschungsteil, um mögliche genderspezifische Signifikanzen mithilfe inferenzstatistischer Verfahren beim Vergleich verschiedener Wahlpflichtfachkohorten zu überprüfen. Infolgedessen ist das Panel-Survey für den ersten sowie für den zweiten Forschungsteil mit entsprechenden Forschungsfragen der vorliegenden Arbeit relevant und wird innerhalb eines Fragebogens kombiniert. Die Vorgehensweise der Zusammenführung aller erforderlichen Items dieses Forschungsvorhabens innerhalb eines Fragebogens wurde in Anlehnung an die formjuristischen Schulvorgaben gewählt, um eine allzu große zeitliche Belastung der Schüler durch ohnehin schon kontinuierlich erforderliche Erhebungswellen vorzubeugen.

6.6.1 „Classroom“-Interviews mit standardisiertem Fragebogen

Laut STOCKMANN UND MEYER (2014:221) handelt es sich bei dem Datenerhebungsverfahren der sogenannten „Classroom“-Interviews um eine „standardisierte Befragung einer in einem Raum anwesenden Gruppe mit Unterstützung durch einen Interviewer“ mit überwiegend geschlossenen Fragen. Um Erkenntnisse über die Motivationsgründe der Differenzierungswahl in Verbindung mit Erwartungshaltungen erhalten zu können, wird ein standardisierter Fragebogen im Panel-Design konzipiert, der – vor dem Hintergrund des *Mixed-Methods*-Ansatzes – neben quantitativen auch qualitativen Daten erheben soll. Im Sinne des eingangs erläuterten *Bottom-up*-Prinzips der Schülerpartizipation bei der Schulfachentwicklung können durch offene Fragestellungen konkretere Zielvorstellungen aus der Schülersicht formuliert werden, um in die Prozessentwicklung, die einmal im Schuljahr mit allen am Forschungsprozess Beteiligten erhoben und diskutiert wird, mit einfließen zu können. Um den Einsatz der universitär konzipierten digitalen Unterrichtsmaterialien im praktischen Unterricht des neuen Wahlpflichtfaches als essenzieller *Input* im Sinne des *Top-down*-Prinzips evaluieren bzw. überprüfen zu können, werden – auch vor dem Hintergrund der Kooperation zwecks Daten-Triangulation – vornehmlich geschlossene wie auch offene Fragen konzipiert und in die „Classroom“-Befragung integriert, um in Anlehnung an das beschriebene Evaluationskonzept alle relevanten Komponenten der Schulfachkonzipierung beobachten, bewerten und gegebenenfalls modifizieren zu können. Um die Entwicklung eines neuen Wahlpflichtfaches in ihrem zeitlichen Verlauf von insgesamt zwei Schuljahren der Jahrgangsstufen 8 und 9 im Rahmen von G8 in NRW beschreiben und analy-

sieren zu können, werden am Ende jeden Schulhalbjahres entsprechende Datenerhebung vorgenommen, um auch individuelle Veränderungen im Laufe der Zeit berücksichtigen zu können (SCHNELL 2012), was bei der interdisziplinären Rahmenkonzeption des Schulfaches von Bedeutung ist, da jedes Schulhalbjahr einen eigenen Teilbereich abdeckt, was in Kapitel 7 eingehend erläutert wird. Dementsprechend erfolgt die Datenerhebung nach jedem Schulhalbjahr in insgesamt vier Erhebungswellen an denselben Untersuchungsobjekten bzw. Wahlpflichtfachkohorten im Panel-Design (SCHNELL 2012 LEGEWIE & TUCCI 2016), wobei zu Beginn des Unterrichts im ersten Schulhalbjahr der Jahrgangsstufe 8 eine zusätzliche Befragung als Vorevaluation hinzugefügt wird. „In der Regel wird ein Teil der gewünschten Informationen in jeder Welle erneut erfragt, zusätzlich werden zumeist pro Erhebungswelle einige zusätzliche Informationen nur einmal erhoben“ (SCHNELL 2012:74). Nach diesem beschriebenen Panel-basiertem Survey, das gemäß des *Mixed-Methods*-Ansatzes eine Fragebogen-Konzipierung aus vornehmlich geschlossenen, aber auch offenen Fragen vorsieht (LEGEWIE & TUCCI 2016), erfolgt das „Classroom“-Interview mit schriftlichem Fragebogen im Klassenraum mit der forschenden Lehrkraft. Die Wahl fiel auf diese Erhebungsmethode, da – auch im Austausch mit den universitären Arbeitsgruppen – Online-Befragungen von Schülern wie beispielsweise über das FIS-Lernportal oftmals einige Fragen unbeantwortet blieben oder mit entsprechend unpassenden bzw. unangemessenen Antworten auffielen, was auf die entsprechende Altersstufe in Kombination mit einer geringeren Hemmschwelle bei diesem Erhebungsmodus zurückzuführen ist. Aus diesem Grund und der Tatsache, dass eine Befragung in Anwesenheit der unterrichtenden Lehrkraft grundsätzlich vollständigere Erhebungsdaten erzielen kann, erscheint die Befragung im Klassenraum der Wahlpflichtlerngruppe in diesem Fall einfacher (SCHNELL 2012). Grundsätzlich hat die unterrichtende Lehrkraft den Vorteil, dass sie einen „persönlicheren“ Bezug zu der Lerngruppe hat und dadurch die Schüler vor dem jeweiligen „Classroom“-Interview die Bedeutung des Forschungsvorhabens eingehend erläutern kann, ohne dass die Standardisierung des Surveys gefährdet wird (SCHNELL 2012). Die Qualität der Befragung, die im Design eines Panel-Surveys mit insgesamt fünf Erhebungswellen im Verlauf von zwei Schuljahren angelegt ist, hängt auch davon ab, dass das Problem der Item-Nonresponse – das Problem der fehlenden Angaben von Befragten – nach Möglichkeit zu reduzieren ist. SCHNELL (2012) hebt in diesem Zusammenhang die besondere Bedeutung der ersten Erhebungswelle eines Panels für die Folgewellen hervor. Insbesondere die erste Erhebungswelle sollte mit besonderer Aufmerksamkeit auf die Reduzierung von Nonresponse achten, um eine Grundlage für die folgenden Erhebungswellen zu bilden. Dementsprechend bedeutend ist die Ansprache des Interviewers vor der ersten Erhebungswelle, um die Wahlpflichtfachkohorte – insbesondere im Entwicklungsalter der Jahr-

gangsstufen 8 und 9 – auf die Bedeutung des Forschungsvorhabens einzustimmen und dadurch die persönliche Identifikation mit dem Forschungsprojekt bei langlaufenden Panels zu verstärken (SCHNELL 2012). Aus der bisherigen Praxiserfahrung mit insgesamt fünf Wahlpflichtfachkohorten bzw. Lerngruppen kann positiv hervorgehoben werden, dass durch eine genaue Erläuterung des Forschungsvorhabens und dem Hinweis der aktiven Mitgestaltung an einem neuen MINT-Wahlpflichtfach grundsätzlich eine kooperative Bereitschaft für die Teilnahme am Panel-Survey beobachtet werden konnte. Dem Problem der Unit-Nonresponse, bei dem es zu Ausfällen durch Erkrankung der betroffenen Person am Tag der Erhebungswelle kommt (SCHNELL 2012), wurde entgegengewirkt, indem die Erhebungswelle für den Befragten separat bzw. nachträglich ergänzt wurde. Der gegebene Schulkontext durch die Wahlpflichtkohorte minimiert auch die sogenannte „Panel-Attrition“, bei der es zu Ausfällen von Panelteilnehmern im Kontext von Nonresponse nach der ersten Erhebungswelle kommen kann (SCHNELL 2012). Lediglich der Ausfall durch einen Wegzug des Schülers vom Schulstandort oder durch Nichtversetzung nach einem Schuljahr kann hier als mögliches Problem genannt werden, was lediglich bei einem Panelteilnehmenden in der ersten Wahlpflichtfachkohorte im Verlauf der vierjährigen Längsschnittstudie erfolgte. Indes trat einmal das Problem eines zusätzlichen Panelteilnehmenden auf, das sich durch einen nachträglichen Wechsel des schulinternen Differenzierungsfaches ergab. Diese Form der Herausforderung und ein adäquater Umgang mit zusätzlichen Panelteilnehmenden konnte jedoch in der entsprechenden Literatur zu den Methoden standardisierter Befragungen nicht explizit herausgestellt werden. Die Entscheidung mit dem Umgang in diesem Fall erfolgte auf der Grundlage der *Bottom-up*-Partizipation der Schüler bei der Schulfachgestaltung und damit zur nachträglichen Ergänzung eines Panelteilnehmenden.

Eine weitere Besonderheit des Panel-Designs ist die Besonderheit des sogenannten „Panel-Conditioning“, worunter der „Effekt einer Datenerhebung innerhalb eines Panels auf das Antwortverhalten in späteren Erhebungen in diesem Panel“ [verstanden wird] (SCHNELL 2012:327). Die Mechanismen, die zur Erklärung eines meist veränderten Antwortverhaltens durch Panel-Conditioning führen können, werden von WATERTON & LIEVESLEY (1989) als Veränderung des Verhaltens oder der Einstellung durch eine fokussierte Aufmerksamkeit, ein Festhalten an einer Einstellung, sozial erwünschtes Verhalten, ein verbessertes Verständnis der Regeln einer Befragung sowie eine höhere oder geringere Motivation verdeutlicht. Prinzipiell lassen sich aber Probleme durch Panel-Conditioning kaum vermeiden, wobei der Effekt bei den meisten Fragestellungen als eher geringfügig eingeschätzt wird (CANTOR 2007, SCHNELL 2012).

6.6.2 Konzipierung des standardisierten Fragebogens

Die schriftliche Befragung durch einen standardisierten „Fragebogen“, der als Forschungsinstrument quantitativer Methoden zur numerischen Darstellung empirischer Sachverhalte dient, ermöglicht vielfältige Einsatzmöglichkeiten und hat dabei eine hohe praktische Relevanz (STEINER & BENESCH 2018). Laut KROMLEY (2009:237) besteht der Vorteil dieser Methode darin, dass „alle interessanten Sachverhalte und Fragestellungen [...] Gegenstand einer Messung durch einen standardisierten Fragebogen werden“ [können]. Die schriftliche Befragung erfolgt durch das Vorlegen von Fragen in schriftlicher Form, die von den Untersuchungspersonen – den Wahlpflichtkohorten – selbstständig bearbeitet werden müssen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass der Einsatz dieser Methode einen hohen Grad an Strukturiertheit des Befragungsinhaltes bei der Konzipierung erfordert und auf einen kontrollierenden Eingriff des Interviewers bei der Befragung verzichtet (STEINER & BENESCH 2018). Die Festlegung der zu erhebenden Konzepte bildet somit die Basis der Entwicklung eines Fragebogens (SCHNELL 2012).

Die Konzeptionierung der relevanten Fragen erfolgte dabei auch in Kombination mit den Daten der in diesem Kapitel beschriebenen qualitativen Methoden. Die Ergebnisse der ersten „Fokus-Gruppen“-Diskussionen im regulären Erdkundeunterricht der Jahrgangsstufe 7 sowie der im Ganztage eingebundenen AG Fernerkundung für die Jahrgangsstufen 7–9 im Kontext eines Pretestverfahrens (vgl. dazu Kapitel 6.6.3) wurden für die Formulierung von inhaltlichen Aspekten noch vor der Einführung des neuen Wahlpflichtfaches herangezogen und werden durch den Prozesscharakter der Schulfachkonzipierung fortführend durch die Ergebnisse der Gruppendiskussionen in den Lerngruppen des Differenzierungsfaches komplementiert. Die inhaltlichen Konzepte entstehen hierbei aus der Kombination der Forschungsfragen nach der praktischen Umsetzung des Schulfachkonzeptes mit dem Input der universitär entwickelten Unterrichtsmaterialien zum Einsatz von Satellitenbildern und Live-Bildern/-Videos von der ISS in den vier unterschiedlich curricular und personell realisierten Schulhalbjahren.

In Anlehnung an das vorgestellte Evaluierungskonzept der kombinierten Schulqualitätsmodelle konnten zentrale Inhaltsfelder für verschiedene Frageblöcke erstellt werden, die durch die Kooperation mit den universitären Partnern im Sinne einer Forscher- und Daten-Triangulation ergänzt wurden. Somit wird bei der Konzeptionierung des Fragebogens deutlich, dass das Forschungsinstrument durch sein zusätzliches Panel-Design mehrfacher Erhebungswellen in kompakter Form nicht nur die in diesem Forschungsvorhaben relevanten Inhalte erhebt, sondern zusätzlich als Legitimierungsinstrument für die kooperative Daten-Triangulation im Rahmen einer universitären Kooperationsvereinbarung dient. Der Vorteil dieser Fragebogenkonstruk-

tion liegt darin, dass durch verschiedene Perspektiven mehrere Ebenen zu einem Thema bei der Fragenformulierung berücksichtigt (STEINER & BENESCH 2018) und auf bereits standardisierte Befragungs-Items zur thematischen Integration des Themas Fernerkundung in den Schulunterricht der universitären Forschungsgruppen als Kooperationsleistung zurückgegriffen werden konnte, die stetig überprüft werden. In Verbindung mit den für die neue Schulfachkonzipierung relevanten – formulierten – Items, die unter Hinzuziehung des Schulqualitätsmodells nach DITTON (2010) die Qualität der Lehr- und Lernsituation und erste Wirkungen als Outputs erfassen können, wurde bei der Fragebogenkonstruktion darauf geachtet, dass bei der inhaltlichen Breite durch das Anlegen verschiedener Frageblöcke – auch im Sinne der bereits erläuterten *Between-Method-Triangulation* – die Länge einer schriftlichen Befragung nicht überhandnimmt, um die Kooperationsbereitschaft von Schülern der Jahrgangsstufen 8 und 9 bei einem Panel-Design aufrechtzuerhalten. Grundsätzlich gilt, dass eine Befragung bei Erwachsenen nicht länger als 30 Minuten dauern sollte (SCHNELL 2012) und unter zusätzlicher Berücksichtigung der schulrechtlichen Verordnungslage in NRW für wissenschaftliche Untersuchungen in Schulen eine zeitbegrenzte schriftliche Befragung im Rahmen des regulären Wahlpflichtfachunterrichts vorgesehen ist (MSB NRW 2020). Zudem muss bei der zeitlichen Dauer dieses Forschungsvorhabens berücksichtigt werden, dass der Fragebogen so angelegt ist, dass er innerhalb der vier unterschiedlich curricular angelegten Schulhalbjahre alle inhaltlichen Teilaspekte formativ wie summativ abdeckt (vgl. dazu Kapitel 5.2). Ergänzend werden in jedem Schulhalbjahr des zweijährigen Wahlpflichtkurses unterschiedliche multi- und intermediale Unterrichtsmaterialien der universitären Projekte FIS, Columbus Eye und KEPLER ISS eingesetzt, die neben den in dieser Arbeit relevanten Forschungsfragen in der Schulpraxis erprobt und evaluiert werden sollen. Der jeweilige Fragebogen enthält demzufolge einen entsprechenden Frageblock für die Daten-Triangulation des entsprechenden *Stakeholders*, was in der offiziellen Kooperationsvereinbarung schriftlich fixiert wurde, um einen Austausch zwischen Schulpraxis und wissenschaftlicher Forschung und Lehre realisieren zu können. Durch die kooperative Zusammenarbeit durch die Praxiserprobung der universitär entwickelten digitalen Unterrichtsmaterialien in Verbindung mit einem neuen MINT-Wahlpflichtfachkonzept kann die gemeinsame Exploration durch eine Innovation im Schulunterricht der Sek. I in NRW fernerkundungsdidaktische Möglichkeiten aufzeigen, die inhaltlich in die Gestaltung des Fragebogens mit aufgenommen werden, um auch die interdisziplinäre Schulfachkonzipierung im Differenzierungsbereich als Modellversuch in Anlehnung an den Programm-Evaluationsleitfaden des CEval bewerten zu können. Ein Vorher-Nachher-Vergleich als summative Darstellung ist dementsprechend bei der Fragenkonstruktion des Fragebogens der ersten sowie der letzten Erhebungswelle notwendig.

Dadurch, dass das Curriculum für das neu konzipierte Differenzierungsfach bereits vor der Implementierung in die Sek. I am GSA im Konsens mit Vertretern der Fachschaften Geographie und Physik erarbeitet wurde (vgl. Kapitel 8), erfolgte die Zuordnung der Unterrichtsmaterialien vor dem ersten praktischen Wahlpflichtfachdurchgang, wodurch fest integrierte Unterrichtsmaterialien zur Arbeit mit Satellitenbildern und Live-Bildern/-Videos von der ISS für alle Wahlpflichtfachkohorten in einen durchgängigen Frageblock integriert wurden, um insbesondere im Längsschnittvergleich genderspezifische Interessen- und Motivationsunterschiede im Rahmen des vorliegenden Forschungsvorhabens überprüfen zu können. Unter Berücksichtigung des Prozess- und Entwicklungscharakters eines Implementationsvorhabens werden im Austausch mit den Kooperationspartnern Frageblöcke durch die Daten-Triangulation im Verlauf der vierjährigen Studie angepasst, da beispielsweise neu entwickelte Unterrichtsmaterialien in der Schulpraxis erprobt, Projektvorhaben im Austausch mit den Universitäten integriert oder ergänzt werden. Durch fest integrierte Unterrichtsmaterialien der universitären Projekte, die durchgängig als inhaltlicher Frageblock in allen Erhebungswellen formuliert werden – unabhängig von den variablen Fragebausteinen der Kooperationspartner – können Längsschnittanalysen vorgenommen und Veränderungen in den unterschiedlich curricular angelegten Teilbereichen festgestellt werden. Bei der Anordnung der Frageblöcke wurde hierbei darauf geachtet, dass die Fragen für die Schüler in sinnvollen Blöcken unterteilt wurden, um unerwünschte Effekte durch beispielsweise den „Abfolge-Effekt“ zu minimieren (SCHNELL 2012).

Der zeitliche Aufwand der Fragebogenkonstruktion für insgesamt fünf Erhebungswellen – in Kombination mit variablen Frageblöcken der *Stakeholder* – im Verlauf von insgesamt vier Schulhalbjahren erforderte hierbei ein vollständig vorbereitendes Schuljahr, um alle relevanten Aspekte bei der Durchführung des Forschungsvorhabens mit einzubinden. Durch die regelmäßigen Evaluationstreffen mit den außerschulischen Kooperationspartnern wurde die Konstruktion der variablen Frageblöcke im Verlauf der Studie stetig angepasst, um neue Unterrichtsmaterialien in den „Pilot-Gruppen“ für die Forschungsgruppen integrieren zu können. Dabei wurde insgesamt auf die Auswahl der Fragen und ihrer Konzipierung geachtet, die prinzipiell ohne vorherige Auswertungsüberlegungen bei den Antwortformaten nicht getroffen werden sollte (STEINER & BENESCH 2018). „Häufig hängen Formulierungen, Abfolge und das Layout der Fragen voneinander ab, sodass Tests der Anordnung und des Layouts nicht immer erst nach Abschluss der Entwicklung einzelner Fragen erfolgen, sondern häufig gleichzeitig“ (SCHNELL 2012:117). Nichtsdestotrotz rät SCHNELL (2012) bei der Fragebogenkonstruktion die Prozesse der Fragenkonzipierung und des Designs des Layouts getrennt darzustellen. Unter Hinzuziehung der Fragebogenentwicklung nach SCHNELL (2012:118) wird der Prozess der Fragebogen-

konstruktion in dieser Forschungsarbeit unter Einbezug mehrerer Perspektiven bei der Konzeptspezifikation deutlich (s. Abb. 6.5).

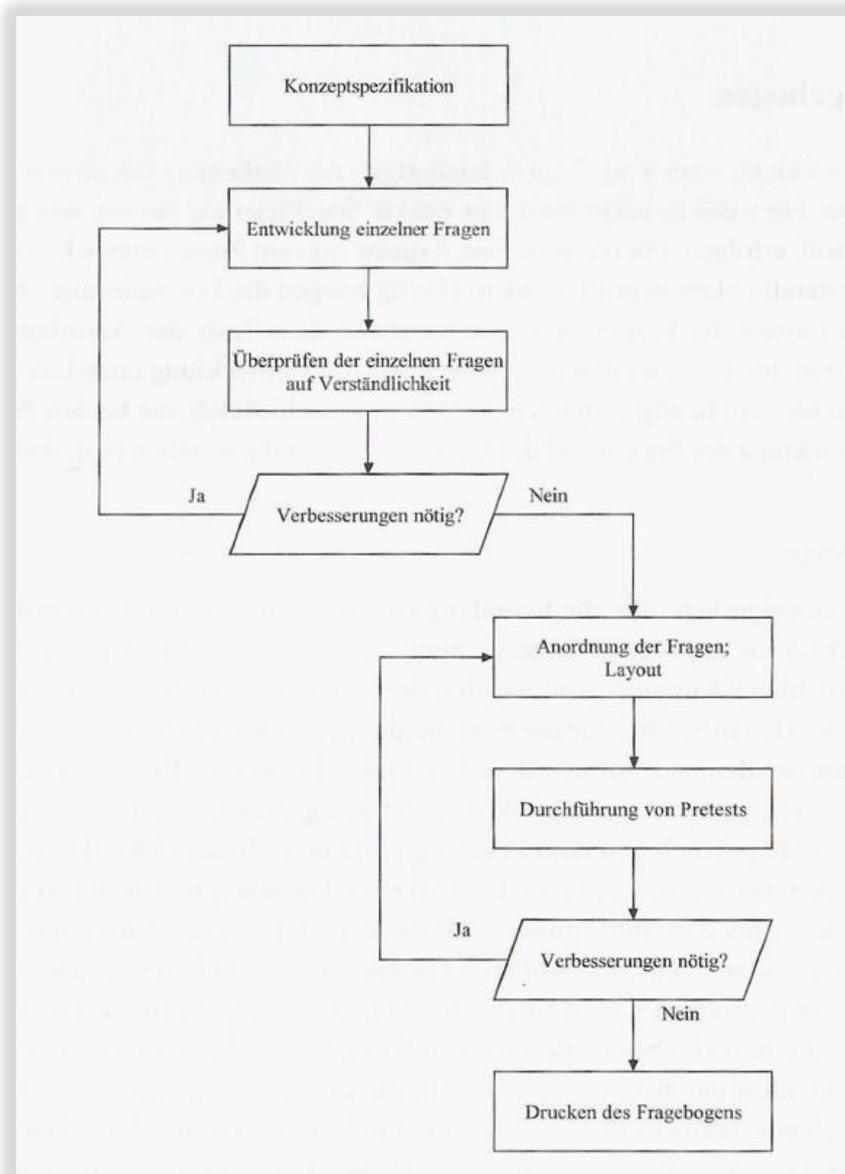


Abbildung 6.5: Prozess der Fragebogenentwicklung nach SCHNELL (2012:118).

Bevor mit einer Erprobung eines Fragebogens begonnen werden konnte, war es nötig, die ersten Entwürfe zu kürzen, um die Länge der schriftlichen Befragung vor dem Hintergrund des Untersuchungsvorhabens sowie der rechtlichen Schulvorgaben in NRW nicht aus den Augen zu verlieren. Als Hilfsmittel zur Komprimierung der schriftlichen Befragungen wurde eine Kriteriumsliste gemäß CZAJA & BLAIR (1996:51) in Form einer visuellen Flussdiagramm-Darstellung von SCHNELL (2012:119) herangezogen (s. Abb. 6.6), das bei den variablen Frageblöcken weiterhin zur Anwendung kommt.

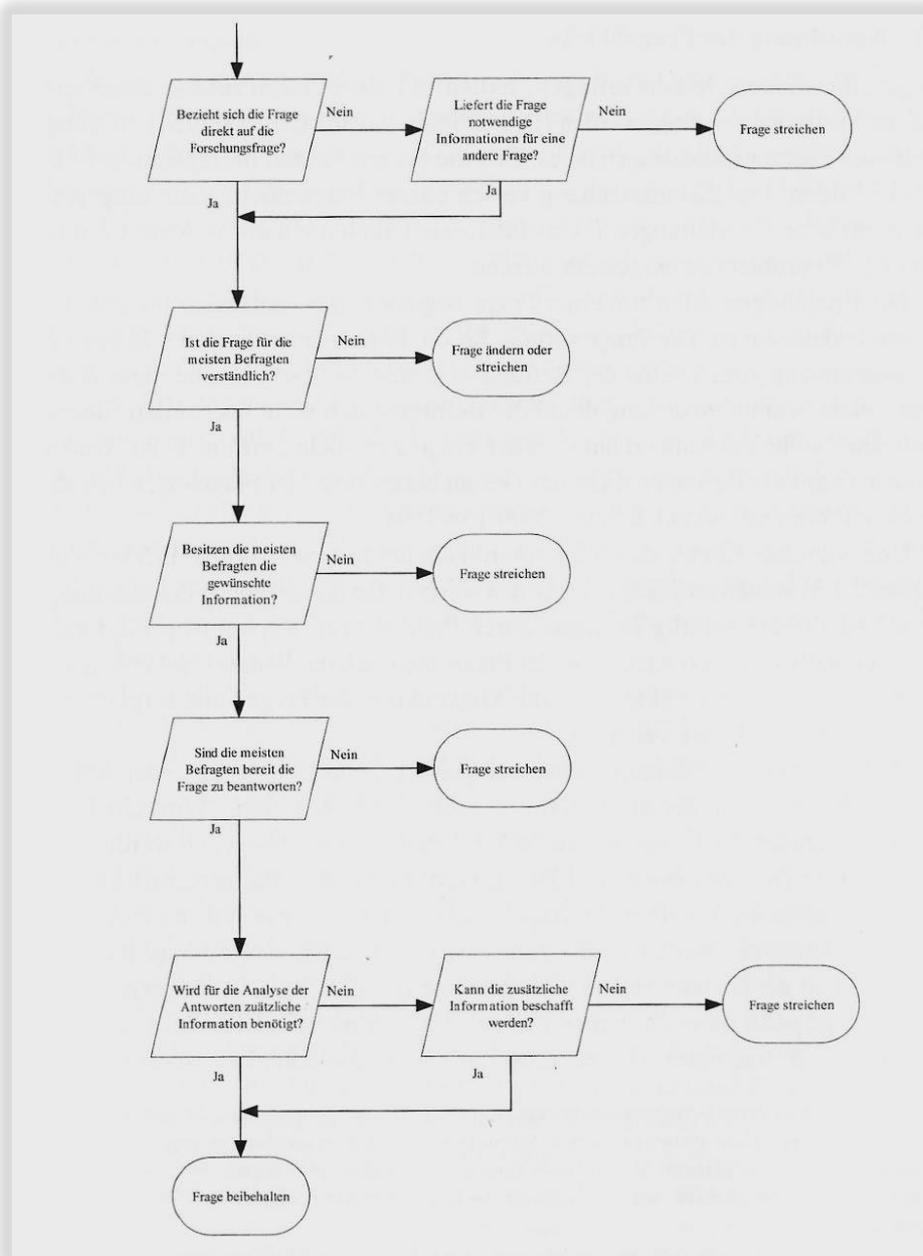


Abbildung 6.6: Aufnahme einer Frage in den Fragebogen nach SCHNELL (2012:119) in Anlehnung an die Kriteriumsliste von CZAJA & BLAIR (1996:51).

Dass eine entsprechende Einleitung sowie Instruktion für die Motivation der Bearbeitung bzw. Beantwortung des Fragebogens nicht unerheblich ist (STEINER & BENESCH 2018), wurde bei der Konstruktion berücksichtigt, indem bei jeder Erhebungswelle für den Fragebogen ein kurzer Einführungstext zur Darstellung der Erhebung sowie der Verwendung der Daten formuliert wurde. Der Verweis auf die Anonymität der schriftlichen Befragung wird – wie auch schon in Kapitel 6.2 zu den rechtlichen Grundlagen von wissenschaftlichen Untersuchungen in Schulen in NRW erläutert – bereits mündlich den Erziehungsberechtigten an einem Informationsabend mitgeteilt und vor jeder kooperativen Maßnahme als schriftliche Einverständniserklärung eingeholt.

Der Einführungstext, der die Jugendlichen im „du“ anspricht (STEINER & BENESCH 2018), wurde so konzipiert, dass die Schüler nicht davon ausgehen, dass es sich bei dem Fragebogen um eine Leistungsüberprüfung handelt, was durch das Pretestverfahren (vgl. Kapitel 6.3.3) festgestellt werden konnte. Den Schülern muss in der Instruktion deutlich werden, dass sie durch die Beantwortung der Fragen partizipativ an der neuen Schulfachgestaltung im Wahlpflichtbereich mitwirken können und als „Pilot-Schüler“ die Chance haben, neue Unterrichtsmaterialien der universitären Projekte bewerten zu können. Bereits am Ende der instruktiven Einleitung des Fragebogens wird eine Danksagung (mit motivierendem „Smiley“) an die Schüler für ihre Mitarbeit an dem Forschungsprojekt ausgesprochen (SCHNELL 2012), um den Befragten eine motivierende Wertschätzung ihrer Mithilfe zuteilwerden zu lassen (STEINER & BENESCH 2018), was zusätzlich am Ende der letzten Frage noch einmal – anders formuliert – wiederholt wird. Nach diesem Einleitungs- und Anspracheprinzip wurde der Fragebogen für alle Erhebungswellen konstruiert.

Bei der visuellen Gestaltung des Fragebogens wurde auf die allgemeinen Prinzipien des Fragebogenlayouts geachtet, um den Schülern durch den Seitenaufbau in einheitlicher Gestaltung und Anordnung von Fragen bzw. Frageblöcken mit ihren Antwortvorgaben klare Orientierung zu geben (SCHNELL 2012). Durch die Einfügung der Icons der kooperierenden drei Institutionen (GSA – AG Fernerkundung des GIUB – AG Geomatik der RUB) in der Kopfzeile des Fragebogens soll die Bedeutung des kooperativen Forschungsprojektes für die Schüler direkt sichtbar werden, um die Relevanz für die Mitarbeit zu erhöhen.

In Korrespondenz mit den Fragestellungen des kooperativen Forschungsvorhabens werden auf der inhaltlichen Ebene des Fragebogens im Panel-Design drei Frageblöcke regelmäßig eingesetzt. Zu Beginn des ersten Frageblocks wird eine sogenannte „Eisbrecherfrage“ (BORTZ & DÖRING 2006, SCHNELL 2012, STEINER & BENESCH 2018) nach der genderspezifischen Identität als persönliche Angabe mit „Du bist...eine Schülerin/ein Schüler“ durchgängig eingesetzt. Auch wenn die Abfrage des Geschlechtes zu den demographischen Fragen bzw. Variablen gehört, die in der Regel erst zum Ende eines Fragebogens verwendet werden sollten (SCHNELL 2012), wurde diese Abfrage nicht nur als erfahrungsgemäß unproblematische „Aufwärmfrage“, sondern auch durch den Untersuchungsgegenstand der Forschungsfragen nach genderspezifischen Unterschieden als Einstieg in den Fragebogen gewählt.

Der Aufbau der inhaltlichen Frageblöcke innerhalb des Panel-Designs wird in der folgenden Abbildung 6.7 mit den Erhebungswellen 0–4 visuell verdeutlicht:

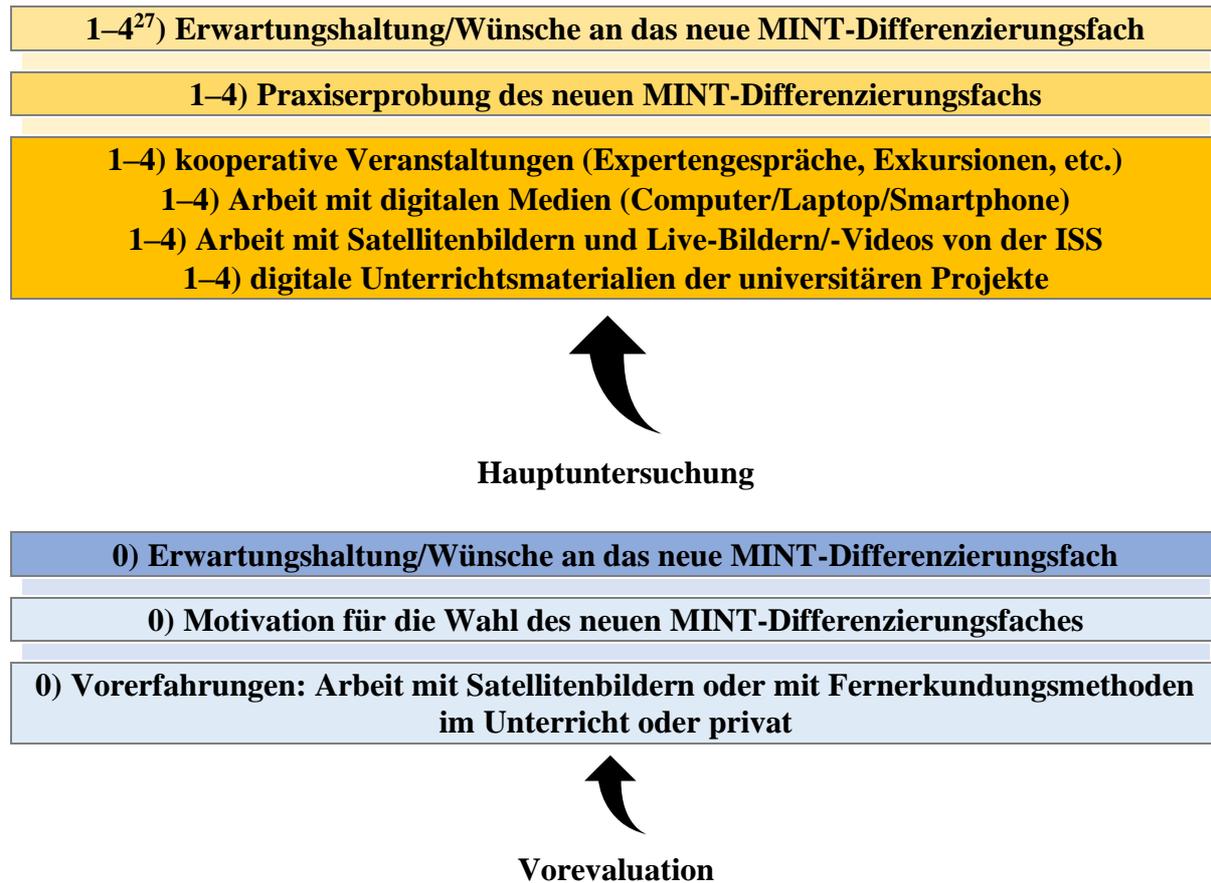


Abbildung 6.7: *Inhaltliche Themen und Aufbau der Frageblöcke in den Erhebungswellen in aufsteigender Form, eigener Entwurf.*

In den fünf Erhebungswellen 0–4 werden jeweils drei inhaltliche Frageblöcke sinnvoll zusammengefasst und nacheinander abgefragt, um eine überzeugende inhaltliche Struktur des Fragebogens für den Befragten zu gewährleisten (SCHNELL 2012). Die erste Erhebungswelle wird zum Zweck einer Vorevaluation zu den folgenden Panelwellen vorgeschaltet, wodurch der Fragebogen hierbei einen anderen inhaltlichen Aufbau der Frageblöcke vorsieht. Durch die Abfrage der Erwartungshaltung mit entsprechenden Items vor Unterrichtsbeginn des neuen Wahlpflichtfaches kann im Anschluss an jedes Schulhalbjahr die Praxisumsetzung mit der vorausgehenden Erwartungshaltung in Beziehung gesetzt werden, um bei der letzten Erhebungswelle den Verlauf der zwei Schuljahre insgesamt zu reflektieren. Der Inhaltsbereich zur Motivation der Schulfachwahl im Differenzierungsbereich erfasst im Rahmen der Vorevaluation genderspezifische Interessen, die mit den Erwartungshaltungen und Wünschen für den Verlauf der zwei Schuljahre in Relation gesetzt werden können, um auch den Prozesscharakter der Schulfachentwicklung nach dem *Bottom-up*-Prinzip für Partizipationsmöglichkeiten der Schüler in

²⁷ Die Zahlen 0–4 stehen für die Panels der Erhebungswellen nach Schulhalbjahren, wobei die „0“ als Vorevaluation vor Beginn des Unterrichtes im ersten Schulhalbjahr im Wahlpflichtfach durchgeführt wird.

Wert zu setzen. Durch die Rückmeldung von Schülerinteressen können die wissenschaftlichen Kooperationspartner zudem mögliche Trends zum Themenbereich Fernerkundung erkennen, wodurch die Entwicklung von neuen Unterrichtsmaterialien noch während der Praxisdurchführung gefördert werden kann. Die in der Hauptuntersuchung anschließenden inhaltlichen Frageblöcke in den vier Erhebungswellen erfolgen chronologisch wie in der Abbildung 6.7 deutlich wird. Aufbauend auf dem breit gefächerten Themenbereich der Kooperation durch den Einsatz der entwickelten digitalen Unterrichtsmaterialien mit inhaltlichen Ausführungen zu kooperativen Veranstaltungen und der für dieses Forschungsvorhaben relevanten Arbeit mit den Geomedien Satellitenbild und Live-Bild/-Video von der ISS folgt der Inhaltsbereich der Praxiserprobung als bewertende Abfrage und schließt erneut mit dem Inhaltsbereich der persönlichen Erwartungshaltung mit (zusätzlichen) Wünschen nach dem oben bereits beschriebenen Prinzip des *Bottom-up*-Ansatzes.

Bei der Formulierung der Items zu den erläuterten Inhaltsebenen wurde darauf geachtet, dass die Richtlinien von BORTZ & DÖRING (2006), die nicht nur für die Fragenformulierung, sondern auch für den formalen Rahmen der schriftlichen Befragung gelten, eingehalten werden. Durch die ergänzende, kooperative Zusammenarbeit im Rahmen dieses Forschungsprojektes mit den Arbeitsgruppen der Universitäten konnte ein Fragebogen konzipiert werden, der – aufgrund der Komplexität eines kooperierenden Forschungsdesigns durch eine zusätzliche Daten-Triangulation – messtheoretisch validiert werden musste.

Die Auswahl der Fragetypen zur Formulierung der Items erfolgte vorwiegend in geschlossener Form, wobei auch Mischformen mit vorgegebenen Antwortkategorien und einer zusätzlich offenen Kategorie gewählt wurden. Auch wenn bei offenen Fragenformaten auffällig häufig keine Antworten gegeben werden und die Kategorisierung bei der Auswertung über statistische Software-Programme oftmals zu Problemen führen kann (STEINER & BENESCH 2018), wird zum Schluss des dritten Frageblocks in allen Erhebungswellen ein offenes Frageformat gewählt, um – wie im Vorfeld bereits mehrfach erwähnt – die Partizipationsmöglichkeit der Schüler bei der Schulfachkonzipierung durch die Formulierung von verbalisierten Erwartungshaltungen, Wünschen o. Ä. zu erhöhen. Die entsprechenden Antwortformate sehen in Anlehnung an die gewählten Fragetypen ein hauptsächlich gebundenes Antwortformat vor, auch wenn im dritten Frageblock den Schülern durchgängig die Möglichkeit zur offenen bzw. freien Antwort geboten wird. Mit Blick auf die in der Literatur angegebenen Probleme bei der Auswertung des offenen Antwortformats durch statistische Datenverarbeitungsprogramme (STEINER & BENESCH 2018) konnte bei der Durchführung der Erhebungswellen indes festgestellt werden, dass die Mehrheit

der Schüler ihre Wünsche, Tipps und Erwartungshaltungen formulierte. Bei den gebundenen Antwortformaten wurden dichotome „Ja-Nein-Entscheidungen“ – in Abstufung auch als Hybridfragen mit offenen Begründungsantwortformaten – sowie ungeordnete mehrkategoriale Formate mit möglichen Mehrfachnennungen und geordnete mehrkategoriale Antwortvorgaben als Ratingskalen gewählt. Durch die abgestufte Antwortkategorie bei der Beantwortung der Items in Ratingskalen ergibt sich ein zusätzlicher Informationsgewinn. Die itemunspezifischen Formulierungen der Antwortkategorien können dadurch für mehrere Items des Fragebogens verwendet werden (ROST 2004, SCHNELL 2012, PORST 2014, STEINER & BENESCH 2018), was bei der Fragebogenkonstruktion insbesondere für die Frage-Items im ersten Frageblock, aber auch im zweiten Frageblock der Hauptuntersuchung im Sinne einer „Likert-Skala“ zur Beurteilung (ROST 2004, STEINER & BENESCH 2018) und unter Einbindung der bereits standardisierten Abfolge der Fernerkundungs-Items der universitären Arbeitsgruppen umgesetzt wurde. Die erläuterte Skalenverwendung wurde vorzugsweise für den ersten Frageblock der Hauptuntersuchung gewählt, da sich – trotz des Einsatzes von unterschiedlichen Unterrichtsmaterialien in den verschiedenen Schulhalbjahren – der Skalenaufbau dabei nicht verändern muss.

Bei der Abfrage schulischer wie privater Vorerfahrungen zur Arbeit mit Satellitenbildern oder Fernerkundungsmethoden wurde ein dichotomes „Ja-Nein“-Antwortformat in Kombination mit einem offenen Antwortformat gewählt, um entsprechende Vorkenntnisse detaillierter verbalisieren zu können. Für den zweiten Frageblock der Vorevaluation wurde indessen für das Frage-Item zur motivationalen Begründung der Wahl des neuen Differenzierungsfaches eine mehrfach ungeordnete kategoriale Antwortvorgabe mit einem zusätzlich offenen Format unter „Sonstiges“ gewählt, bei der mögliche Mehrfachnennungen explizit im Fragebogen betont werden. Bei der Zusammenstellung der Antwortformate wurde auf die Verringerung des sogenannten „Primacy-Effekt“ geachtet, der bei Listen mit mehreren Antwortvorgaben entstehen kann, wobei in schriftlichen Befragungen die Tendenz zur häufigeren Auswahl von Antwortmöglichkeiten zu Beginn einer Liste gegeben ist. In diesem Fall beeinflusst die Position der Antwort innerhalb einer Liste die Wahrscheinlichkeit der Auswahl (SCHNELL 2012, STEINER & BENESCH 2018), weshalb die Antwortmöglichkeiten insgesamt kompakt gehalten wurden. Für den ersten und zweiten Frageblock der Hauptuntersuchung wurde durchgängig eine sechsstufige bipolare Ratingskala mit endpunktbenannter Skalenbezeichnung der extremen Skalenpunkte „trifft völlig zu“ – „trifft überhaupt nicht zu“ gewählt. Die Skalenpunkte dazwischen wurden mit aufsteigenden Zahlen – 1 - 6 – versehen. Die Abstufung der Skala in gerader Anzahl wird auch *Forced-Choice* benannt, da sie eine „gezwungene Wahl“ – ohne Mittelkategorie mit einer Tendenz erforderlich macht (PORST 2011, 2014, STEINER & BENESCH 2018) und dadurch das „Ambiva-

lenz-Indifferenz-Problem“ vermieden werden kann (BORTZ & DÖRING 2006). Durch die endpunktbenannte Skalenbezeichnung in Kombinat mit einer numerischen Skalenbezeichnung soll eine eindeutige Rangordnung mit einer Abstufung gleicher Abstände (äquidistant) hervorgerufen werden (STEINER & BENESCH 2018).

Bei der Konzipierung des zweiten Frageblocks der Hauptuntersuchung wurde neben der beschriebenen Ratingskala ein hybrides Antwortformat aus dichotomem „Ja-Nein“-Format in Verbindung mit einer zusätzlichen Begründung der Entscheidungsfrage durch eine ungeordnete mehrkategoriale Antwortvorgabe gewählt, die ein zusätzlich offenes Antwortformat unter „Sonstiges“ ermöglicht.

Die folgenden Abbildungen 6.8–6.9.2 zeigen beispielhaft den Aufbau der Frageblöcke mit Fragen- und Antwortformat sowie das Layout des Fragebogens der Vorevaluation und der Hauptuntersuchung. Während der Fragebogen für alle Vorevaluationen unverändert eingesetzt wird, variiert der kooperative Fragenblock – wie im Vorfeld durch die Kooperationsvereinbarung erläutert wurde – innerhalb der Hauptuntersuchung in den vier Erhebungswellen.

Fragebogen	Ich habe den MINT-Differenzierungskurs „Geographie-Physik“ gewählt, weil... (Mehrfachnennungen möglich!)
Liebe Schülerin, lieber Schüler,	<input type="checkbox"/> ich Spaß an Naturwissenschaften habe. <input type="checkbox"/> ich fächerverbindenden MINT-Unterricht interessant finde. <input type="checkbox"/> ich die vorgestellten Unterrichtsinhalte interessant finde. <input type="checkbox"/> ich das Fach „Geographie“ interessant finde. <input type="checkbox"/> ich das Fach „Physik“ interessant finde. <input type="checkbox"/> ich das Thema Erdbeobachtung/Fernerkundung interessant finde. <input type="checkbox"/> ich Satellitenbilder interessant finde. <input type="checkbox"/> ich ISS-Bilder und -Videos interessant finde. <input type="checkbox"/> ich Exkursionen zu außerschulischen Lernorten unternehmen kann. <input type="checkbox"/> ich Expertengespräche mit Wissenschaftlern/*innen interessant finde. <input type="checkbox"/> Freunde/*innen oder Klassenkameraden/*innen den Kurs gewählt haben. <input type="checkbox"/> bestimmte Lehrer/*innen den MINT-Differenzierungskurs unterrichten. <input type="checkbox"/> Sonstiges:
<p>bei diesem Fragebogen handelt es sich nicht um einen Test. Ich möchte vielmehr etwas über Deine Erwartungen und Wünsche an das neue MINT-Fach „Geographie-Physik“ erfahren. Nimm Dir einige Minuten Zeit, die folgenden Fragen in Ruhe zu beantworten. Vielen Dank für Deine Mitarbeit und Deine Rückmeldung! ☺</p> <p><i>C. Müller</i></p> <hr/> <p>Du bist...</p> <p>eine Schülerin <input type="checkbox"/></p> <p>ein Schüler <input type="checkbox"/></p> <p>Hast Du vorher schon einmal mit Satellitenbildern bzw. Fernerkundungsmethoden gearbeitet?</p> <p>Ja <input type="checkbox"/></p> <p>Nein <input type="checkbox"/></p> <p>Wenn ja, wann und in welchem Fach sind Dir Fernerkundungsmethoden begegnet. Was war das Thema der Unterrichtsstunde?</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>Nutzt Du Satellitenbilder auch zu Hause?</p> <p>Ja <input type="checkbox"/></p> <p>Nein <input type="checkbox"/></p> <p>Wenn ja, wann und in welchem Zusammenhang?</p> <p>.....</p> <p>.....</p>	<p>Welche Erwartungen/Wünsche hast Du an das Fach „Geographie-Physik“?</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>Was würde Dich noch zusätzlich interessieren?</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>Was möchtest Du sonst noch sagen?</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p style="text-align: center;"><i>Vielen Dank für Deine Mitarbeit! ☺</i></p>
Schuljahr 2019/20 – Jahrgangsstufe 8 – 4. Wahljahrgang - Vorevaluation 1	Schuljahr 2019/20 – Jahrgangsstufe 8 – 4. Wahljahrgang - Vorevaluation 2

Abbildung 6.8: Fragebogenkonstruktion der Vorevaluation, eigener Entwurf.

Die Auswertung der offenen Fragen- und Antwortformate ist insbesondere für die Weiterentwicklung des neuen Schulfachkonzeptes auf der Ebene des Unterrichtes sowie der außerschulischen Kooperation relevant. Die Antworten werden nachträglich codiert, nach Häufigkeiten inhaltlich kategorisiert und für die regelmäßigen Evaluationstreffen graphisch dargestellt, um – im Sinne der Exploration – „Trends“ hinsichtlich schülerspezifischer Interessen, Erwartungen und Wünsche innerhalb der jeweiligen Lerngruppe beobachten und darauf reagieren zu können. Auch wenn die nachträgliche Codierung ein arbeitsaufwendiger Prozess ist, bleibt dieser Arbeitsschritt für die explorative Schulfachgestaltung, bei der die Schüler partizipativ mitgestalten können, unbedingt erforderlich.

„Der Hauptvorteil offener Fragen wird häufig darin gesehen, dass der Befragte innerhalb seines Referenzsystems antworten kann, er also durch die Antwortvorgaben keine zusätzlichen Hinweise, die seine Antwort beeinflussen könnten, erhält“ (SCHNELL 2012:83). Das Problem, das sich allerdings aus diesem Frageformat ergibt, ist die Tatsache, dass viele Befragte dazu neigen, ihre Antwort nicht wörtlich, sondern nur als Schlagwort darzustellen, was in dieser Studie mit Schülern der Jahrgangsstufen 8 und 9 ebenfalls festgestellt werden konnte. In den entsprechenden Fällen wurden nicht nur Schlagworte, sondern oftmals auch „Smileys“ als Antwort angegeben.

Bei der Beantwortung des offenen Fragen- und Antwortformats der Hauptuntersuchung (vgl. dazu Abb. 6.9.1 und Abb. 6.9.2) bleibt der inhaltlich „partizipative“ Anteil der Items hinsichtlich Erwartungshaltungen, Interessen und Wünschen erhalten, wobei in Anlehnung an das angewendete Evaluierungskonzept zusätzliche – offene – Items zur Unterrichtspraxis ergänzt werden, um individuelle Rückmeldungen zur Praxiserprobung zu erhalten (s. Abb. 6.9.1). Hierbei ist anzumerken, dass die Mehrheit der befragten Schüler diese Möglichkeit genutzt haben, auch wenn die Antwort – wie bereits erwähnt – häufig nur in Form von Schlagwörtern oder Stichpunkten ausfiel.

Fragebogen

Liebe Schülerin, lieber Schüler,

bei diesem Fragebogen handelt es sich nicht um einen Test. Ich möchte vielmehr Deine Meinung zum 1. Schulhalbjahr „Geographie“ des neuen MINT-Differenzierungsfaches „Geographie-Physik“ erfahren. Nimm Dir einige Minuten Zeit, die folgenden Fragen in Ruhe zu beantworten.
Vielen Dank für Deine Mitarbeit und Deine Rückmeldung. ☺

C. Müller

Du bist...
eine Schülerin
ein Schüler

Kreuze bitte die für Dich zutreffenden Antworten an:
1 bedeutet „trifft völlig zu“, 6 bedeutet „trifft überhaupt nicht zu“.

		1 trifft völlig zu	2	3	4	5	6 trifft überhaupt nicht zu
Das FIS-Lernmodul „Vom Satellitenbild zur Karte“ ...	1 ...ist interessant aufgebaut.						
	2 ...hat einen logischen Aufbau.						
	3 ...ist verständlich.						
Die Aufgabenstellungen des FIS-Lernmoduls „Vom Satellitenbild zur Karte“ ...	4 ...sind verständlich formuliert.						
	5 ...sind anwendungsorientiert.						
Das FIS-Lernmodul „Tsunami“ ...	6 ...ist interessant aufgebaut.						
	7 ...hat einen logischen Aufbau.						
	8 ...ist verständlich.						

Schuljahr 2019/20 – 4. Wahljahrgang – Jahrgangsstufe 8 – 1. Schulhalbjahr „Geographie“ 1

		1 trifft völlig zu	2	3	4	5	6 trifft überhaupt nicht zu
9	...sind verständlich formuliert.						
10	...sind anwendungsorientiert.						
Das GEO-Spektiv-Lernmodul „Leben am Vulkan“							
11	...ist interessant aufgebaut.						
12	...hat einen logischen Aufbau.						
13	...ist verständlich.						
Die Arbeitsanweisungen des GEO-Spektiv-Lernmoduls „Leben am Vulkan“ ...							
14	...sind verständlich formuliert.						
15	...sind anwendungsorientiert.						
Die Satellitenbilder...							
16	...sind für das gesamte Verständnis hilfreich.						
17	...sind interessant.						
Die Live-Bilder von der ISS...							
18	...sind für das gesamte Verständnis hilfreich.						
19	...sind interessant.						
Die Arbeit mit dem Computer/Laptop...							
20	...war für das gesamte Verständnis hilfreich.						
21	...war interessant.						

Schuljahr 2019/20 – 4. Wahljahrgang – Jahrgangsstufe 8 – 1. Schulhalbjahr „Geographie“ 2

Abbildung 6.9.1: Fragebogenkonstruktion bei der ersten Erhebungswelle der Hauptuntersuchung, eigener Entwurf.

		1 trifft völlig zu	2	3	4	5	6 trifft überhaupt nicht zu
Das Expertengespräch...	22 ...war für das gesamte Verständnis hilfreich.						
	23 ...war interessant.						
	24 ...konnte mir einen Einblick in MINT-Berufe ermöglichen.						
Die Exkursion...	25 ...war für das gesamte Verständnis hilfreich.						
	26 ...war interessant.						
	27 ...konnte mir einen Einblick in MINT-Berufe ermöglichen.						
Meine Erwartungen an das MINT-Fach „Geographie-Physik“ ...	28 ...wurden im 1. Schulhalbjahr im Teilbereich „Geographie“ erfüllt.						

Es fiel mir leicht, dem Unterricht zu folgen,
Ja

...weil (Mehrfachnennungen möglich!)

mich die Unterrichtsthemen interessieren.
 die Satellitenbilder/ISS-Bilder für das gesamte Verständnis hilfreich sind.
 die Aufgabenstellungen der Lernmodule verständlich erklärt sind.
 ich durch fächerverbindenden Unterricht die Inhalte besser verstehe.
 Sonstiges: _____

Nein

...weil _____

Schuljahr 2019/20 – 4. Wahljahrgang – Jahrgangsstufe 8 – 1. Schulhalbjahr „Geographie“ 3

Was hast Du Neues gelernt?
.....
.....

Was hast Du nicht verstanden?
.....
.....

Was würde Dich noch zusätzlich interessieren?
.....
.....

Was hättest Du Dir für das erste Schulhalbjahr im Teilbereich „Geographie“ der Jahrgangsstufe 8 noch gewünscht?
.....
.....

Was möchtest Du sonst noch sagen?
.....
.....

Vielen Dank für Deine Mitarbeit! ☺

Schuljahr 2019/20 – 4. Wahljahrgang – Jahrgangsstufe 8 – 1. Schulhalbjahr „Geographie“ 4

Abbildung 6.9.2: Fragebogenkonstruktion bei der ersten Erhebungswelle der Hauptuntersuchung, eigener Entwurf.

Die dargestellten verwendeten Fragetypen mit ihren entsprechenden Antwortformaten können mithilfe spezifischer Auswertungsmethoden quantitativer Daten durch die im Fragebogen erhobenen geschlossenen Fragen in Zahlenwerte codiert werden. Die codierten Zahlenwerte werden durch deskriptive- wie inferenzstatistische Verfahren analysiert, um beschreibende wie hypothesengeleitete Untersuchungen für die relevanten Forschungsfragen zu erhalten und übersichtlich darstellen zu können.

Vor der Berechnung statistischer Kennwerte sollte jedoch das Skalenniveau der erhobenen Variablen bestimmt werden, um die Voraussetzungen der statistischen Methoden zu überprüfen (SCHMIDT & PERELS 2010). „Die deskriptive Statistik dient nachfolgend der beschreibenden Datenanalyse, mit der die Daten zusammenfassend dargestellt und charakterisiert werden können (Kenngrößen)“ (SCHMIDT & PERELS 2010:151). Durch graphische Mittel können Besonderheiten, die mit dem Forschungsgegenstand in Beziehung gesetzt werden können, erste Interpretationen ermöglichen, um im Anschluss mithilfe inferenzstatistischer Verfahren aus den vorliegenden Kennwerten Schlussfolgerungen oder Generalisierungen in puncto Unterschiede, Zusammenhänge o. Ä. zu ziehen (SCHMIDT & PERELS 2010). Die Konstruktion des eingesetzten Fragebogens ermöglicht durch ihr Fragen- und Antwortformat eine quantitative Datenauswertung, die für beide Forschungsteile relevant ist. Durch die panel-basierte Datenauswertung von insgesamt fünf Wahlpflichtkohorten bzw. 106 Schülern am GSA im Verlauf von mehr als vier Schuljahren können für den Implementationsprozess des Schulfaches beschreibende Datenanalysen weitere Schlussfolgerungen für genderspezifische Motivationsunterschiede bei der Wahl des neuen interdisziplinären MINT-Differenzierungsfachs sowie der Arbeit mit den Geomedien Satellitenbilder und Live-Bilder/-Videos von der ISS liefern.

Die verschiedenen Skalenniveaus bilden – wie ausgeführt – die Grundlage für die erhobenen Daten im Fragebogen. Anhand der folgenden Abbildung 6.10 von SCHMIDT & PERELS (2010:152) werden die Möglichkeiten statistischer Verfahren durch die Eigenschaften der Skalenniveaus gut verdeutlicht.

Skalenniveau	Empirische Aussage	Beispiel	Statistische Kennwerte
Nominal	gleich/ungleich	Geschlecht	- Häufigkeiten - Modalwert
Ordinal	gleich/ungleich, größer/kleiner, besser/schlechter	Schulnoten	- (kumulierte) Häufigkeiten - Median
Intervall	gleich/ungleich, größer/kleiner, besser/schlechter, Differenzenbildung	Temperatur in Grad Celsius	- Mittelwert - Standardabweichung - Varianz - Quartile
Verhältnis	Interpretation von Verhältnissen	Längenmaße	- Einsetzbarkeit aller Kennwerte

Abbildung 6.10: Übersicht der Skalenniveaus und mögliche Berechnung statistischer Kennwerte (SCHMIDT & PERELS 2010:152).

Die Antwortformate wie die Ratingskala mit endpunktbenannter und numerischer Skalenbezeichnung zur Hervorhebung der Äquidistanz (STEINER & BENESCH 2018), ermöglicht das Skalenniveau eines Intervalls, mit dem Mittelwerte berechnet und durch statistische Hypothesentests miteinander verglichen werden können. Die dichotomen Antwortformate auf dem Niveau einer Nominalskala können hierbei vor allem in Häufigkeiten beschrieben werden.

Die Stichprobe der Wahlpflichtkohorten fällt seit Beginn der Einführung des Schulfaches im Differenzierungsbereich der Sek. I am GSA (Schuljahr 2016/17) jedes Schuljahr zufällig aus, wodurch die Stichprobengröße dementsprechend variiert. Hierbei kann von einer Beobachtungsstichprobe gesprochen werden, da sich die Schüler bei ihrer Wahl bewusst für das Differenzierungsfach entschieden haben. Das Forschungsvorhaben hängt somit jedes Schuljahr von der individuellen Wahl der Schüler der vierzügigen Jahrgangsstufe 8 am GSA ab. Durch das Panel-Design, das sich auf der Grundlage des formativen Evaluationsziels der Kooperation ergibt, ist zwar ein abhängiges Stichprobenformat bezüglich des zeitlichen Verlaufs gegeben. Bezüglich der genderspezifischen Unterschiede handelt es sich jedoch um eine unabhängige Stichprobe (STEINER & BENESCH 2018).

Mithilfe des „Mann-Whitney-U-Tests“ können die verschiedenen Bewertungen und mithilfe des „exakten Tests nach Fisher“ können die Häufigkeiten der verschiedenen Stichproben miteinander verglichen werden (SCHÄFER 2016, STEINER & BENESCH 2018) und damit Unterschiede zwischen den Stichproben aufgedeckt werden, um Null- wie Alternativhypothesen zu genderspezifischen Unterschieden im Rahmen der Integration des Themas Fernerkundung durch ein neues MINT-Wahlpflichtfach überprüfen zu können. In dieser Forschungsarbeit wird das *Open-Source*-Statistik-Programm „R“ angewendet, um die statistische Datenanalyse durchzuführen.

6.6.3 Pretestverfahren

„Da es keine empirisch bewährten Theorien über die Formulierung von Fragen und den Aufbau von Fragebogen gibt, kann die Konstruktion eines Fragebogens allein am Schreibtisch nicht dafür garantieren, dass die mit der Entwicklung des Fragebogens angestrebten Ziele auch erreicht werden können“ (SCHNELL 2012:135). Somit ist grundsätzlich davon auszugehen, dass jeder Fragebogen verbesserungsfähig ist und bei Befragten Probleme hervorruft, die in der Theorie nicht erkannt wurden. Eine empirische Überprüfung der standardisierten Befragung, der Pretest, verfolgt dabei das Ziel, möglichst viele Fehlerquellen im Vorfeld auszuschließen. Dabei dienen Pretests nicht nur zur Kontrolle der korrekten Funktionsweisen der Fragen, sondern auch der Reaktion der Befragten auf den Fragebogen. Eine korrekte Datenerhebung kann nur dann erwartet werden, wenn die Befragten keine Probleme mit dem Fragebogen haben. Aus diesem Grund sind Pretests ein unverzichtbares Instrument bei der Konzipierung eines Fragebogens (CONVERSE & PRESSER 1986, SCHNELL 2012).

In der vorliegenden Studie können verschiedene Entwicklungsstufen für die Überprüfung der Fragebogen differenziert werden, die mithilfe verschiedener Methoden durchgeführt wurden. In der Explorationsphase des Forschungsvorhabens wurde anhand qualitativer Methoden wie der „qualitativen Diskussion in Fokus-Gruppen“ im Stil der „*Think-aloud-Technik*“, dem „qualitativen Interview mithilfe eines Fragebogenrohentwurfs“ und der „Diskussion mit Fachkollegen und fachfremden Akademikern“ der erste Entwurf eines Fragebogens im Sinne eines „Entwicklungspretest“ vorgenommen (CONVERSE & PRESSER 1986, SCHNELL 2012). Ergänzend zu diesen Methoden wurden Checklisten zu Surveyfragen in Anlehnung an das „*Question Appraisal System*“ („QAS“) von WILLIS (2005) zur quantitativen Überprüfung der Fragebogenkonstruktion herangezogen, um selbst trivial erscheinende Aspekte bei jeder einzelnen Frage kontrollieren zu können. Als probates Hilfsmittel für die Fragebogenkonstruktion dienten – auch unter Einbindung der Daten- und Forscher-Triangulation – die bereits standardisierten und validierten Frage-Items der AG Fernerkundung des GIUB.

Durch die erste offizielle Kooperationsvereinbarung mit der AG Fernerkundung des GIUB in Verbindung mit dem neuen MINT-Wahlpflichtfach am GSA unter Verwendung und Erprobung der digital entwickelten Unterrichtsmaterialien wurde die Konzipierung des Fragebogens in der Initiierungsphase diskutiert und wird regelmäßig einmal im Schuljahr evaluiert, um neue Forschungsaspekte stetig mit einbeziehen zu können. Aus diesem Grund und den bereits erläuterten Anmerkungen zur Konzipierung des Forschungsinstrumentes variiert der erste Frageblock in den Hauptuntersuchungspanels, ohne dass dabei die Items für die Fragestellungen der vor-

liegenden Arbeit in der inhaltlichen Frageabfolge verändert werden müssen, da sie aufeinander aufbauen. Durch den Einsatz verschiedenster interaktiver Unterrichtsmaterialien der universitären Projekte in den Schulhalbjahren müssen jedoch die Items den passenden Unterrichtsmaterialien zugeordnet werden, wobei sich dabei nicht die inhaltliche Ebene der Frage verändert. Die gemeinsame Arbeit am Forschungsinstrument erhöht grundsätzlich den Grad der Standardisierung, da verschiedene Perspektiven bei der Konstruktion des Fragebogens berücksichtigt werden müssen, um Aspekte der Wissenschaft und der Schulpraxis miteinander kombinieren zu können.

In einer Voruntersuchung mit einer Stichprobe von insgesamt 7 Schülern der Jahrgangsstufen 7–9 der schulinternen Ganztags-AG „Fernerkundung“ wurden – als probabel Interessierte für das neue Wahlpflichtfach – die anfänglich skizzierten Fragestellungen in der Kleingruppe als „Fokus-Gruppe“ (STOCKMANN & MEYER 2014) diskutiert und der Rohentwurf – in Anlehnung an die „*Think-aloud-Technik*“ – evaluiert. Bei dieser Methode werden die Befragten gebeten, alle Punkte zu nennen, die ihnen bei der Beantwortung der Frage durch den Kopf gehen (SCHNELL 2012), was bei dieser interessierten und motivierten Lerngruppe ohne Probleme möglich war.

Im Anschluss an den „Entwicklungspretest“ wurde im „Abschlusspretest“ (CONVERSE & PRESSER 1986) der modifizierte Fragebogen an einer Stichprobe von zwei Schulklassen bzw. 51 Schülern der Jahrgangsstufe 7 im Erdkundeunterricht getestet. Dabei wurden die auffälligen Probleme bei der Fragenformulierung sowie bei der Anordnung der Fragenreihenfolge protokolliert und Anregungen zu Umformulierungen eingeholt. Trotz der einleitenden Instruktion der Schüler, dass es sich um eine Voruntersuchung zu einem Forschungsprojekt handle, erfolgte auffällig häufig die Nachfrage, ob es sich bei dem Fragebogen um einen „Test“ im Sinne einer Leistungsüberprüfung handeln würde. Aus diesem Grund wurde bei der Konzipierung des Fragebogens im Einleitungstext der Hinweis, dass es sich hierbei um keinen Test handelt, zusätzlich miteingefügt.

Insgesamt konnten im Durchgang der aufeinander aufbauenden Phasen der verschiedenen Pretestverfahren Fehlerquellen gefunden und modifiziert werden, die in der Theorie auf Anhieb nicht erkannt wurden. Zusätzliche Hinweise zur Konstruktion des Fragebogens wurden in der ersten Stichprobe insbesondere durch die „*Think-aloud-Technik*“ deutlich. Als Beispiel kann hier der Hinweis zur erforderlichen Ergänzung eines „Smileys“ bei der Danksagung für die Mitarbeit genannt werden, der aus jahrgangentsprechender Schülersicht zu einer gesteigerten Motivation hinsichtlich der Beantwortung der Fragen führen würde.

Aufgrund der zeitlichen Dauer dieses langfristig angelegten Forschungsprojektes – auch vor dem Hintergrund der Kooperationsvereinbarung mit wissenschaftlichen Partnern – wurde und wird die Fragebogenkonstruktion stetig durch die Forscher-Triangulation evaluiert und validiert.

Unter Berücksichtigung der normierten Befragungszeiträume von Panel-Surveys (SCHNELL 2012) wird für die Erhebungen die Dauer von 20 Minuten angesetzt, was mit den schulpädagogischen Vorgaben für wissenschaftliche Forschungsprojekte im Schulunterricht im Bundesland NRW übereinstimmt.

Da es sich hauptsächlich um geschlossene Fragen und Mischformen mit vorgegebenen Antwortkategorien und einer offenen Kategorie handelt, ist die Auswertungsobjektivität gegeben, da sich diese stichwortartigen Antwortformate kategorisieren lassen. Die normorientierte Interpretationsobjektivität der Fragebögen ist durch die Auswertung numerischer Werte garantiert.

In diesem Kontext ist darauf hinzuweisen, dass die offenen Fragen der Fragebogen in den Panel-Wellen in Anlehnung an das angewendete Evaluationskonzept für die formative interne wie externe Evaluation des Schulfachkonzeptes erhoben und in Verbindung mit den qualitativen Forschungsmethoden im *Mixed-Methods*-Design dieser Arbeit gemäß den entsprechenden Gütekriterien qualitative Forschung (vgl. Kapitel 6.5) zusammengefasst werden.

7 Praxisorientierte Möglichkeiten der Implementierung von Fernerkundung in den Schulunterricht in NRW durch ein neues MINT-Wahlpflichtfach

Um die Möglichkeiten einer nachhaltigen Integration des Themas Fernerkundung im Schulunterricht in NRW aufzeigen zu können, wird in diesem Kapitel die Entwicklung eines interdisziplinären Schulfachkonzeptes – am Beispiel des neuen MINT-Differenzierungsfaches „Geographie-Physik“ – dargestellt, das als Grundlage für eine konkrete Praxiserprobung am Beispiel des Wahlpflichtbereichs der Sek. I am GSA dient. Dabei werden nicht nur alle curricularen, schulischen bzw. formaljuristischen und inhaltlichen Vorgaben, die für eine Schulfachkonzeptionierung erforderlich sind, berücksichtigt, sondern auch die Entscheidung für den fächerübergreifenden und -verbindenden MINT-Unterricht legitimiert. Aufbauend auf diesem Schulfachkonzept können die Voraussetzungen für die Umsetzung durch Lehrkräfte in einer entsprechenden Lernumgebung eingeschätzt und vorformuliert werden.

7.1 Curriculare Möglichkeiten der Implementierung von Fernerkundung in den Schulunterricht in NRW durch ein neues MINT-Wahlpflichtfach

Wie in Kapitel 3 über den Stellenwert der Fernerkundung im Schulunterricht deutlich wurde, benötigt die Schulpraxis ein lösungsorientiertes Praxiskonzept mit evaluierten Unterrichtsmaterialien, um das Thema Fernerkundung nachhaltig in den Schulunterricht integrieren zu können. Da das Thema Fernerkundung methodische Fähigkeiten bzw. Fertigkeiten im naturwissenschaftlichen Bereich, der per se interdisziplinären Geographie vermittelt, erhält der naturwissenschaftliche (physiogeographische/geowissenschaftliche) Teil der Geographie bei der Konzeptionierung des neuen MINT-Schulfaches einen besonderen Stellenwert. Diese Entscheidung beruht dabei nicht nur auf der Tatsache, dass die Grundlagen der Fernerkundung, wie beispielsweise das elektromagnetische Spektrum, aus der Perspektive des Schulfaches Physik erklärt werden können, sondern auch der Tatsache, dass die anthropogenen Themen im Kernlehrplan in NRW im Fach Erdkunde in der Sek. I (MSW NRW 2007) dominieren und der physiogeographische Anteil an Unterrichtsthemen vergleichsweise unterrepräsentiert wird. Dass das Fach Geographie in der Bildungspolitik der 1970er Jahre eher zufällig dem gesellschaftswissenschaftlichen Aufgabenfeld zugeordnet wurde, aber durch seinen Beitrag zur naturwissenschaftlichen (Grund-)Bildung, der sogenannten *Scientific Literacy*, zu den MINT-Schulfächern gezählt wer-

den muss, insistiert beispielsweise OTTO (2015) auch mit Rückgriff auf die durchgeführten PISA-Studien, die in den Bereichen „Naturwissenschaftliche Grundbildung“ und „Problemlösen“ explizit geographische bzw. geowissenschaftliche Aufgaben formulierten. Auf dieser Basis soll nicht nur ein fächerübergreifendes und fächerverbindendes Schulfachkonzept im MINT-Bereich der Geographie entwickelt werden, dass durch die Integration des Themas Fernerkundung mit ihren Geomedien die Komplexe Technik und Naturwissenschaft – auch aus der Perspektive der Physik – integriert, sondern grundsätzlich auch den naturwissenschaftlichen Bereich der Geographie in der Schulpraxis in NRW stärken soll. Zudem sieht die aktuelle Entwicklung der neuen Kernlehrpläne im Fach Erdkunde für die Sek. I in NRW nach erneut neun Schuljahren (G9) im Verlauf dieser Studie eine Verkürzung der Wochenstundenzahl für das Schulfach vor, weshalb die Konzeptionierung – wie bereits in Kapitel 3 erläutert – auch eine allgemeine Stärkung der Schulgeographie ermöglichen kann.

In Verbindung mit den physikalischen Grundlagen der Fernerkundung soll die Anwendung der Fernerkundungsmethoden mit der Fachperspektive der Geographie kombiniert werden, weshalb das Schulfachkonzept im Sinne des fächerübergreifenden (KIRCHBERG 1998, KERSTING 2003, RINSCHEDI & SIEGMUND 2020) sowie fächerverbindenden Geographieunterrichts (KÖCK 2000, RINSCHEDI & SIEGMUND 2020) mit dem MINT-Fach Physik durch die überfachlichen Grundlagen der Fernerkundung konzipiert werden soll. Dabei sollen durch den Themenkomplex Fernerkundung nicht nur überfachliche, komplexe Zusammenhänge durch die Kombination des Schulfaches Geographie mit dem der Physik erschlossen werden, sondern auch gemeinsame Themen, wie beispielsweise die Geophysik oder die Klimatologie, aus fachspezifischen Blickwinkeln untersucht werden.

Ausgehend von den erläuterten Rahmenbedingungen erfolgt die Bildung eines fächerübergreifenden und -verbindenden Curriculums mit Rückgriff auf die in Kapitel 4 angeführten Unterrichtsmaterialien der Projekte FIS, Columbus Eye sowie KEPLER ISS, die grundsätzlich nicht nur für die Geographie, sondern auch für die MINT-Schulfächer wie das Fach Physik konzipiert wurden, um den Themenkomplex Fernerkundung aus den verschiedenen Fachperspektiven erarbeiten zu können.

In Verbindung mit den Kerncurricula der Schulfächer Geographie und Physik für die Sek. I in NRW können ausgewählte thematische Schwerpunkte gesetzt werden, die auch im Sinne des Spiralmodells bzw. -curriculums (RICHTER 1997) aus der jeweiligen Fachperspektive vertieft werden können. Der Teilbereich Geographie kann in Verbindung mit den digitalen und interaktiven Unterrichtsmaterialien der universitären Projekte den physiogeographischen sowie geo-

wissenschaftlichen Themenkomplex Naturgefahren abdecken. Dabei bietet sich eine inhaltliche Schwerpunktsetzung in der Jahrgangsstufe 8 für die endogenen Naturgefahren an, während in der Jahrgangsstufe 9 der Fokus auf den exogenen Naturgefahren vor dem Hintergrund der Klimatologie gewählt werden kann. Hierbei bleibt anzumerken, dass die Unterrichtsmaterialien, die in den entsprechenden Projekten im Laufe der letzten Jahre entwickelt wurden, ohnehin schon in Anlehnung an die Kerncurricula in Deutschland konzipiert wurden, sodass beim Einsatz der Unterrichtsmaterialien nicht nur die Arbeit mit Satellitenbildern oder Live-Bildern von der ISS, sondern auch die physiogeographischen Inhalte, die im regulären Erdkundeunterricht in der Sek. I in NRW durch die Fülle von Themengebieten häufig zu kurz kommen, fokussiert werden können. Für den Teilbereich der Physik eignen sich insbesondere die digitalen Unterrichtsmaterialien des Projektes FIS, da sie den fächerübergreifenden sowie fächerverbindenden Themenkomplex rund um das elektromagnetische Spektrum als eine Grundlage der Fernerkundung thematisieren und somit in Verbindung mit Fernerkundung und ihren Geomedien die Inhalte des Kerncurriculums für das Fach Physik in der Sek. I in NRW aus einer neuen Perspektive vertiefen können. In Kombination mit den Themen der Klimatologie der Jahrgangsstufe 9 für den geographischen Teilbereich kann der Aufbau der Atmosphäre sowie das Themengebiet Thermodynamik als ein Beispiel genannt werden. Das Angebot an Unterrichtsmaterialien der Beispielprojekte ist in jedem Fall so angelegt, dass das Thema Fernerkundung im Sinne des fächerübergreifenden sowie -verbindenden Unterrichts mit den Schulfächern Geographie und Physik – inhaltlich problemlos – in der Schulpraxis umgesetzt werden kann. Dabei sollte jedoch auch nicht außer Acht gelassen werden, dass jede schulinterne Fachschaft eigene inhaltliche Schwerpunktsetzungen an den oben beschriebenen, möglichen Themenkomplexen vornehmen kann. Zudem bieten die Lernportale der universitären Projekte jede Menge digitale Zusatzinformationen und weiterführende Materialien, um das Thema Fernerkundung anschaulich in den Unterricht zu integrieren. Dass jedoch auch immer noch ein Zusatz von ergänzendem Unterrichtsmaterial erforderlich sein wird, um die gewählten Inhalte gänzlich abdecken zu können, sollte bei der Entwicklung eines neuen Schulfaches den umsetzenden Lehrkräften bewusst sein.

7.2 Schulische Vorgaben zur Implementierung eines neuen MINT-Wahlpflichtfaches an Gymnasien in NRW

Die Basis dieser Studie bildet eine Schulfachkonzipierung, die in den Schulunterricht an Gymnasien in NRW eingebettet werden soll, um ausgehend von der Einführung eines neuen MINT-Schulfaches weitere Untersuchungen vornehmen zu können. Die schuljuristische Ausgangslage für eine Implementierung eines neuen Unterrichtsfaches an Gymnasien in NRW findet sich in der

„Bereinigten Amtlichen Sammlung der Schulvorschriften Nordrhein-Westfalens (BASS NRW)“ des MINISTERIUMS FÜR SCHULE UND BILDUNG DES LANDES NRW (MSB NRW 2012/2019), die in Abschnitt 3 der Verordnung über die Ausbildung und die Abschlussprüfungen in der Sek. I (Ausbildungs- und Prüfungsordnung Sekundarstufe I – APO-SI) vom 2. November 2012 mit den Verwaltungsvorschriften zur Verordnung über die Ausbildung und die Abschlussprüfungen in der Sek. I (VVzAPO-SI) vom 28.06.2019 in § 17 zu den entsprechenden Bestimmungen für den Unterricht am Gymnasium Rahmenbedingungen formuliert. Dort findet sich in Absatz 3 folgender Passus zum Unterricht in der Sek. I: „Im Wahlpflichtunterricht der Klassen 8 und 9 bietet die Schule mindestens eine dritte Fremdsprache an. Daneben kann sie Fächer oder Fächerkombinationen im mathematisch-naturwissenschaftlich-technischen und im gesellschaftswissenschaftlich-wirtschaftlichen Schwerpunkt anbieten. Schulen können außerdem Fächer oder Fächerkombinationen im künstlerisch-musischen Schwerpunkt anbieten“ (MSB NRW 2012/2019). Durch diese Rahmenvorgabe ist es möglich, ein neues MINT-Schulfach, das durch das Thema Fernerkundung interdisziplinär angelegt sein soll, als mathematisch-naturwissenschaftlich-technische Fächerkombination mit den Teilbereichen Geographie und Physik im Wahlpflichtbereich der Sek. I an Gymnasien in NRW grundsätzlich einzuführen. Der Passus des genannten Absatzes 3 ergänzt zudem, dass beispielsweise das Fach Physik aus dem mathematisch-naturwissenschaftlich-technischen Bereich und das Fach Erdkunde, das durch die bereits erläuterte Zuordnung zum gesellschaftswissenschaftlich-wirtschaftlichen Zweig in der Schulgeographie gehört, in Fächerkombinationen übergreifend angeboten werden kann. Hinzugefügt wird, dass die Schwerpunkte der Wahlpflichtfächer so zu setzen sind, dass keine inhaltlichen Doppelungen mit den Fächern des Pflichtbereichs entstehen. Bei der Schwerpunktsetzung kann jedoch zu Beginn der Jahrgangsstufe 9 ein Wechsel des inhaltlichen Schwerpunktes erfolgen oder ein Wechsel des entsprechenden Kombinationsfaches (MSB NRW 2012/2019). Durch diese Rahmenvorgaben kann ein fächerübergreifendes sowie -verbindendes Wahlpflichtfach mit der Fächerkombination Geographie bzw. Erdkunde und Physik mit der Schwerpunktsetzung auf das Thema Fernerkundung – in Grundlagen und Anwendung – an Gymnasien in NRW entwickelt werden. Die schulformalistischen Rahmenbedingungen für die Konzipierung des neuen MINT-Wahlpflichtfaches „Geographie-Physik“ sind in Anlehnung an die erläuterten Bestimmungen für den Unterricht der Sek. I an Gymnasien in NRW schuljuristisch konform. Die beigefügte Stundentafel des achtjährigen Bildungsgangs (G8) konkretisiert, dass der Wahlpflichtunterricht in den Klassen 8 und 9 stattfinden muss. Dabei soll die dritte Fremdsprache in den Jahrgangsstufen 8 und 9 mit mindestens drei Wochenstunden unterrichtet werden, während andere Fächer oder fachübergreifende Angebote jeweils mit mindestens zwei Wochenstunden angeboten werden sollen (MSB NRW 2012/2019). Dementsprechend kann die Einführung eines

neuen MINT-Wahlpflichtfaches mit mindestens zwei Wochenstunden erfolgen, wenn die Schule, an der das Fach eingerichtet werden soll, nicht noch eine entsprechende Ergänzungsstunde für den Wahlpflichtbereich vorsieht. Mithilfe der schuljuristischen Bestimmungen durch die BASS NRW wird deutlich, dass Gymnasien in diesem Bundesland grundsätzlich bei ihrem Fächerangebot im Wahlpflichtbereich hinsichtlich der Kombination der Fächer aus dem jeweiligen Schwerpunkt und der Anzahl der Wochenstunden bis auf die Mindeststundenwochenzahl kreativ agieren können. Allerdings müssen laut dem Schulgesetz für das Land NRW (Schulgesetz NRW – SchulG), Absatz 2, schulinterne Mitwirkungsorgane, die auf Schulebene Unterrichtsentwicklungen mitbestimmen, in hierarchischer Form berücksichtigt werden. Beginnend mit der Konzipierung eines neuen Wahlpflichtfaches berät initiiierend die jeweilige Fachkonferenz über alle das Fach oder die Fachrichtung betreffenden Angelegenheiten, einschließlich der Zusammenarbeit mit anderen Fächern. Zudem liegt es in der Verantwortung der Fachkonferenz, die schulinterne Qualitätssicherung und -entwicklung der fachlichen Arbeit zu sichern und über Ziele, Arbeitspläne sowie Evaluationsmaßnahmen mit entsprechenden Ergebnisse Rechenschaft zu leisten (MSB NRW 2005/2020). Das bedeutet für die Entwicklung eines neuen Wahlpflichtfaches, dass alle Lehrkräfte einer Fachschaft die Entwicklung eines neuen Schulfaches im Differenzierungsbereich befürworten und die fachliche Arbeit dazu – im besten Fall – unterstützen müssen. Mindestens einmal im Schuljahr muss eine Fachkonferenz mit mindestens einem Vertreter der Eltern- sowie der Schülerschaft zusammenkommen, um entsprechende Entscheidungen hinsichtlich der fachlichen Arbeit mehrheitlich beschließen zu können (MSB NRW 2005/2020). Bei einer Initiierung eines fächerübergreifenden Wahlpflichtfaches müssen entsprechend alle beteiligten fachspezifischen Fachschaften – in diesem Fall der Geographie und der Physik – der Einführung des neuen Wahlpflichtfaches zustimmen, um einen entsprechenden schriftlichen Antrag an das nächsthöhere Schulgremium, der Lehrerkonferenz, zu stellen. Die Lehrerkonferenz, der alle Lehrkräfte einer Schule angehören, berät grundsätzlich über alle wichtigen Angelegenheiten einer Schule und kann Anträge an das oberste Schulgremium, die Schulkonferenz, weiterleiten. Als höchstes schulisches Mitwirkungsorgan, das sich aus den Vertreterinnen und Vertretern der Lehrkräfte, Eltern sowie der Schüler und der Schulleitung zusammensetzt, müssen Maßnahmen der Qualitätsentwicklung und Qualitätssicherung sowie des Abschlusses von Vereinbarungen über Kooperationen von Schulen genehmigt werden (MSB 2005/2020). Wenn – in hierarchischer Abfolge – alle Schulgremien der Einführung eines Wahlpflichtfaches zugestimmt haben, kann das neue Wahlpflichtfach in den Schulfachkanon des Differenzierungsbereiches eines Gymnasiums in der Sek. I in NRW aufgenommen werden. Auch wenn in diesem explorativen Forschungsschritt die schuljuristischen Schritte im Kontext der Einführung des neuen MINT-Differenzierungsfaches „Geographie-Physik“ beschrieben wur-

den, gelten die beschriebenen Verordnungen für den Differenzierungsbereich der Sek. I in NRW für alle neu entwickelten Wahlpflichtfächer in den entsprechenden Fächerkombinationen.

Festzuhalten bleibt, dass eine fächerübergreifende Kombination der Schulfächer Geographie und Physik im Differenzierungsbereich der Sek. I in NRW gemäß den schulischen Vorgaben möglich ist. Grundsätzlich kann die Einführung eines neuen Schulfaches lediglich im Wahlpflichtbereich in Anlehnung an die Schulfachvorgaben im Schulunterricht der Sek. I in NRW erfolgen, wenn alle mittelbar und unmittelbar Beteiligten einer Schule der Einführung in den Schulunterricht zustimmen.

In der folgenden Abbildung 7.1 wird die hierarchische Abfolge der Schulgremien in NRW – aufbauend auf dem Schulgesetz und der „Bereinigten Amtlichen Sammlung der Schulvorschriften in NRW“ (BASS) – zusammengefasst, die einer Implementierung des neuen MINT-Wahlpflichtfaches „Geographie-Physik“ im Schulunterricht der Sek. I zustimmen müssen.

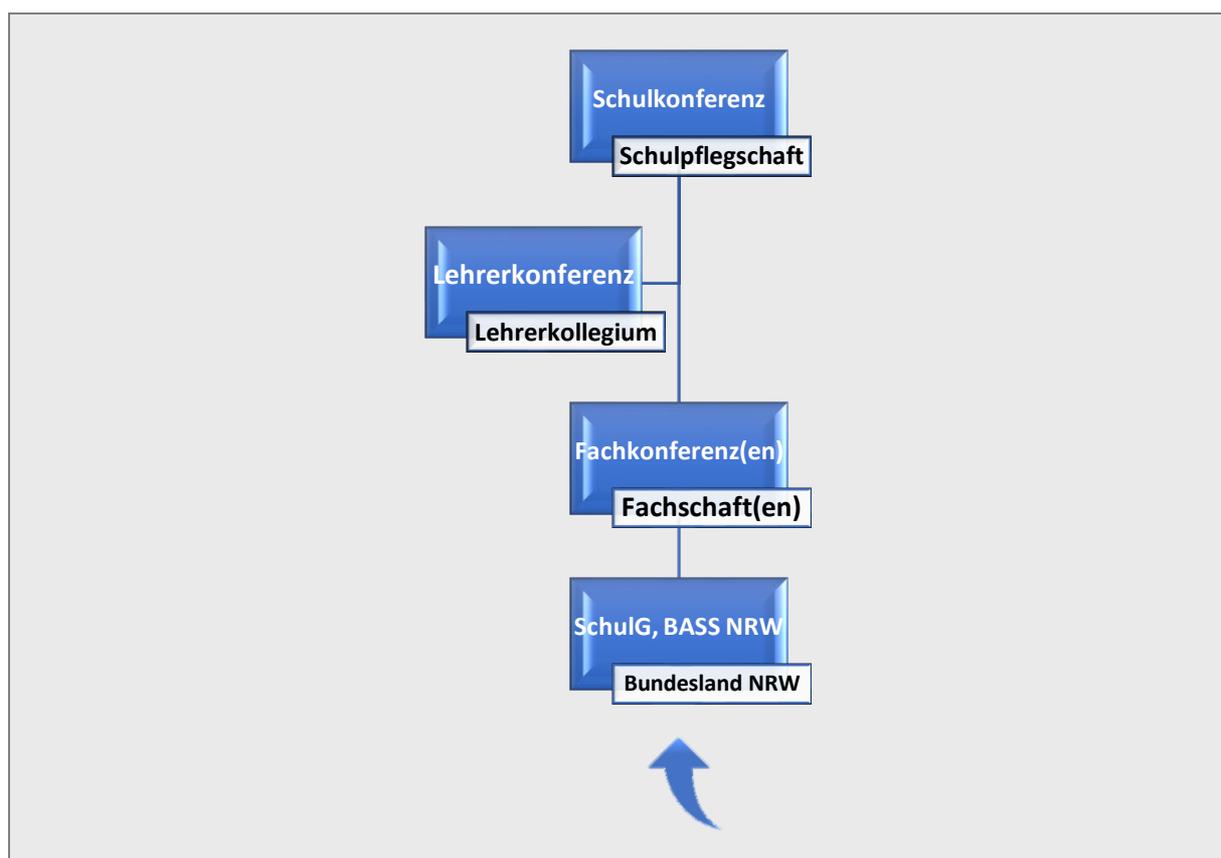


Abbildung 7.1: Hierarchische Berücksichtigung der Schulvorschriften sowie der gymnasialen Schulgremien in NRW bei der Einführung eines neuen Wahlpflichtfaches in den Schulunterricht der Sek. I, eigener Entwurf.

Auf dieser Grundlage ist ein enger Austausch – auch im Sinne des gemeinsamen Unterrichtens bzw. *Team Teaching* (KIRCHBERG 1998) – über angestrebte Lernziele und -inhalte sowie eine zeitliche Planung von ineinandergreifenden Unterrichtseinheiten erforderlich, um Überschneidungen oder Wiederholungen zu vermeiden (KÖCK 2000, RINSCHÉDE & SIEGMUND 2020). Diese Notwendigkeit gilt zumindest dann, wenn die Lehrkraft nur das Schulfach Geographie oder das Schulfach Physik unterrichtet und somit nur einen Teilbereich des interdisziplinären Schulfaches fachlich abdecken kann.

7.3 Entwicklung des neuen MINT-Schulfaches „Geographie-Physik“ im Differenzierungsbereich der Sekundarstufe I an Gymnasien in NRW

Auf der Grundlage der schulrechtlichen Vorgaben in NRW werden im Folgenden die erforderlichen Entwicklungsschritte der Einführung des neuen MINT-Wahlpflichtfaches „Geographie-Physik“ in Verbindung mit dem Themenkomplex der Fernerkundung erläutert, die in Kombination mit dem Einsatz der digitalen Lerneinheiten der Projekte FIS, Columbus Eye und KEPLER ISS in der Schulpraxis – am Beispiel des GSA – zu berücksichtigen sind.

Das vorliegende Entwicklungskonzept zeigt dabei konkret die notwendigen und aufeinander aufbauenden Vorgehensweisen in der Schulpraxis auf, die bei der Einführung des neuen MINT-Differenzierungsfaches beachtet werden müssen, um eine nachhaltige Implementierung der neuen MINT-Fächerkombination in den Wahlpflichtfachkanon in der Sek. I in NRW zu ermöglichen.

7.3.1 Entwicklung eines Curriculums durch die Fachschaften Geographie und Physik

Der Begriff „Curriculum“ wird oft als Synonym zum Begriff des „Lehrplans“ verwendet, obwohl sich das Curriculum per Definition des Bildungsgesamtplans 1973 als System für die Durchführung von Lernprozessen versteht, das sich auf bestimmte und operationalisierte Lernziele bezieht, die mithilfe geeigneter und stetig evaluierten Methoden erreicht werden können (KÖCK 2000).

In Anlehnung an die aufgezeigten curricularen Möglichkeiten in NRW (vgl. dazu Kapitel 7.1), das Thema Fernerkundung in Verbindung mit einer fächerübergreifenden und fächerverbindenden Kombination der Schulfächer Geographie und Physik in den Schulunterricht durch ein neues MINT-Wahlpflichtfach zu integrieren, sollte beachtet werden, dass jede schulinterne Fachschaft verschiedene Schwerpunktsetzungen in den möglichen Inhaltsfeldern vornehmen kann. Die Entwicklung eines gemeinsamen Curriculums muss jedoch in Abstimmung mit den Fachschaften

Geographie und Physik erfolgen, um ein aufeinander aufbauendes Themenfeld in Verbindung mit dem Komplex Fernerkundung mit den digitalen Lerneinheiten der Projekte FIS, Columbus Eye und KEPLER ISS aus der jeweiligen Fachperspektive konzipieren zu können. Hierbei kann die Fachschaft auch Vertreter der jeweiligen Fachgruppe – die im besten Fall das neue Wahlpflichtfach auch unterrichten möchten – beauftragen, einen Vorentwurf zu entwickeln, der im Konsens aller beteiligten Fachschaften in den jeweiligen Fachkonferenzen möglicherweise modifiziert und in jedem Fall bewilligt werden muss.

Bei der Konzipierung eines fächerübergreifenden Curriculums ist zu beachten, dass sich die Entwicklung eines neuen MINT-Schulfaches an dem Konzept des sogenannten „offenen Curriculums“ (STEINDORF 2000) orientieren sollte, da es einen größeren Handlungsspielraum für Lehrende und Lernende vorsieht. Unter Anwendung der didaktisch-methodischen und medialen Gestaltung des neuen MINT-Unterrichtskonzeptes (vgl. Kapitel 5) eignet sich das Konzept des offenen Curriculums geradezu optimal durch seine Nähe zum schülerorientierten Unterricht in Verbindung mit dem entdeckenden Lernen und Projektunterricht (STEINDORF 2000). Für die konkrete Realisierung eines Curriculums bedeutet das Konzept konkret, dass die Angaben zur Organisation und Überprüfung des Unterrichts zwar eher den Charakter von Empfehlungen haben, aber dennoch als Legitimierungsgegenstand der inhaltlichen, methodischen und medialen Unterrichtsarbeit bei regelmäßig erfolgreicher Evaluation zu begründen sind (KÖCK 2000).

Als Hilfestellungen bei der gemeinsamen Entwicklung eines fächerübergreifenden Curriculums in Kombination mit dem Themenkomplex Fernerkundung sollten die Bildungsstandards und die Kerncurricula des jeweiligen Schulfaches herangezogen werden, um die inhaltlichen Themengebiete der digitalen Lernarrangements der universitären Projekte fächerübergreifend einbeziehen zu können. Aufgrund der schulrechtlichen Vorgabe, inhaltliche Überschneidungen im Wahlpflichtunterricht mit den parallel laufenden Kerncurricula des jeweiligen Schulfaches zu vermeiden, müssen genaue inhaltliche Abstimmungen mit dem regulären fachspezifischen Unterricht getroffen werden. Dabei muss angemerkt werden, dass inhaltliche Überschneidungen grundsätzlich möglich sind, wenn sie eine neue fachliche Perspektive mit einbeziehen und/oder nach der Durchführung im regulären Fachunterricht zur inhaltlichen und methodischen Vertiefung im Sinne des Spiralcurriculums (RICHTER 1997) eingeplant werden.

Grundsätzlich ist darauf zu achten, dass nach der ersten praktischen Erprobung des erarbeiteten Curriculums ein Evaluationstreffen mit beiden Fachschaften erfolgen sollte, um – wie auch im regulären Schulfachunterricht in den Fachschaften üblich – Praxiserfahrungen mit den konzipierten Inhalten, Methoden und Medien auszutauschen und notwendig werdende Modifikationen vornehmen zu können.

Neben der Entwicklung eines gemeinsamen fächerübergreifenden Curriculums müssen sich beide Fachschaften ebenfalls über die Form der Leistungsbewertung im neuen Wahlpflichtfach abstimmen. Die formaljuristischen Rahmenbedingungen sind durch die Verordnung über die Ausbildung und die Abschlussprüfungen in der Sek. I (APO-SI) von 2012 und der Verwaltungsvorschriften zur Verordnung über die Ausbildung und Abschlussprüfungen in der Sek. I (VVzAPO-SI) vom 28.06.2019 zu entnehmen, die im Wahlpflichtfach der Klassen 8 und 9 je vier Klassenarbeiten pro Schuljahr mit dem Bearbeitungszeitraum von einer bis zwei Unterrichtsstunden vorschreiben. Diese Vorgabe wird jedoch durch die Möglichkeit ergänzt, dass einmal im Schuljahr pro Fach eine Klassenarbeit durch eine andere Form der Leistungsüberprüfung ersetzt werden kann (MSB 2012/2019), sodass die Fachschaften darüber abstimmen können, eine Klassenarbeit durch ein Referat mit digitaler Präsentation o. Ä. zu ersetzen. Durch die didaktisch-methodische Gestaltung des Unterrichtskonzeptes in Kombination mit den digitalen Lerneinheiten der universitären Projekte bietet sich pro Schulfachteilbereich – auch durch die Empfehlung eines offenen Curriculums – eine ergänzende Leistungsüberprüfung durch eine vorzubereitende Projektarbeit mit digitaler Präsentation an, um nicht nur die Medienkompetenz der Schüler vertiefend zu fördern, sondern auch die didaktisch-methodische Grundstruktur der Schulfachkonzeption in der Leistungsbewertung fortzuführen.

Die Abstimmungen zur Leistungsbewertung im jeweiligen Schulfach erfolgen – wie die Entscheidungen zum Aufbau eines gemeinsamen Curriculums – durch demokratischen Beschluss der entsprechenden Mitglieder einer Fachschaft. Sowohl die Konzeption eines gemeinsamen Curriculums als auch die beschlossene Form der Leistungsüberprüfungen, sollte – wie im regulären Fachunterricht – mindestens einmal im Schuljahr durch die Fachschaften evaluiert und überprüft werden.

Die Fachschaften Geographie und Physik am GSA haben nach den beschriebenen Vorgaben sowie Vorgehensweisen ein gemeinsames Curriculum für das neue MINT-Wahlpflichtfach „Geographie-Physik“ vor der Einführung des neuen Faches in der Theorie entwickelt und sich eingangs auf den Ersatz einer Klassenarbeit durch eine Projektarbeit mit digitaler Präsentation (*PowerPoint*-Präsentation/*Prezi*-Präsentation oder Gestaltung einer Homepage) im Teilbereich Geographie geeinigt, während im Teilbereich Physik durchgängig jeweils zwei Klassenarbeiten pro Halbjahr als Leistungsüberprüfung angesetzt wurden. Durch die Praxiserprobung wurde von den unterrichtenden Lehrkräften im Teilbereich Physik im Laufe der Schuljahre der Antrag auf Ersatz einer Klassenarbeit durch eine Projektarbeit gefordert, dem durch Beschluss der Fachkonferenz des Schulfaches Physik im Schuljahr 2019/20 stattgegeben wurde.

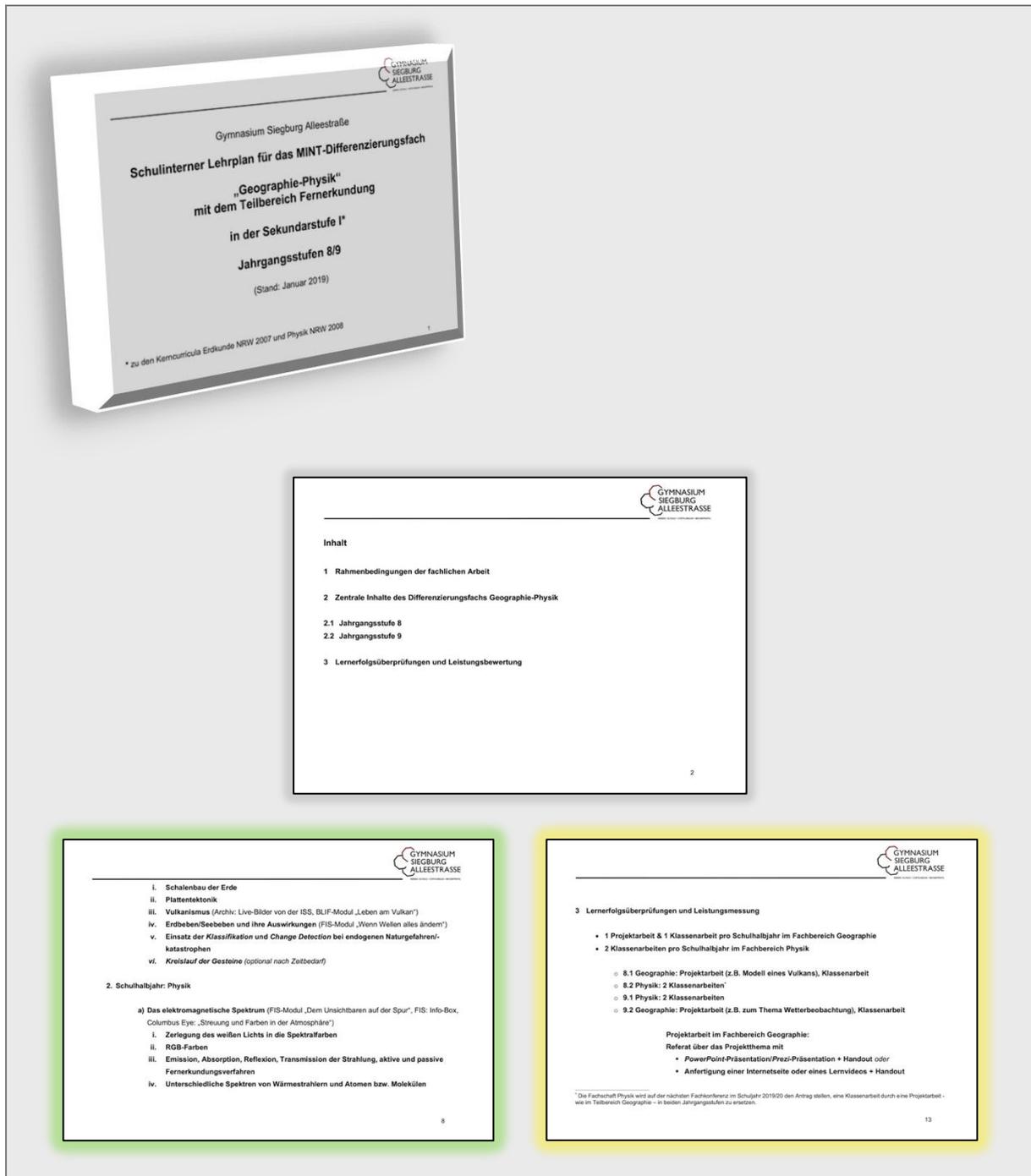


Abbildung 7.2: Beispielseiten des entwickelten fächerübergreifenden Curriculums durch die Fachschaften Geographie und Physik am GSA (Hinweis: vollständiges Curriculum (13 Seiten) im Anhang C); grau: Struktur des Curriculums, grün: Inhaltsfelder in Kombination mit verbindlichen Lernmodulen, gelb: Leistungsüberprüfung und Leistungsmessung, eigener Entwurf.

Der Abbildung 7.2 (und im Anhang C dieser Arbeit der kompletten Version) kann die Struktur des entwickelten Curriculums des neuen MINT-Wahlpflichtfaches „Geographie-Physik“ am GSA entnommen werden, die – in Anlehnung an das offene Curriculum – neben dem Hintergrundwissen zur kooperativen Zusammenarbeit mit den universitären Partnern den festen Ein-

satz einiger digitaler Lernmodule der Projekte FIS und Columbus Eye zwar vorgibt, jedoch genügend Freiraum bietet, neu entwickelte Unterrichtsmaterialien der universitären Projekte und darüber hinaus mit einzubinden. Die fächerübergreifenden Inhaltsfelder haben sich seit der ersten schriftlichen Ausarbeitung des gemeinsamen Curriculums in den Fachschaften am GSA im Verlauf der Schuljahre dabei nicht verändert, während Modifikationen beim Einsatz einzelner Lerneinheiten sowie bei der Leistungsbewertung im Laufe der Praxiserprobung im Teilbereich Physik erforderlich wurden (vgl. dazu Kapitel 8).

7.3.2 Rahmenbedingungen für Lehrkräfte

Wie bereits in den in Kapitel 3 angeführten Nachweisen zur Integration des Themas Fernerkundung in den Schulunterricht deutlich wurde, geht der Einsatz von Satellitenbildern im Unterricht in der Regel nicht über eine (analoge) Echtfarbdarstellung in Schulbüchern hinaus, während weiterführende Möglichkeiten einer aktiven Auseinandersetzung mit digitalen bzw. originalen Satellitenbilddaten ungenutzt bleiben. Viele Lehrkräfte können im Lehreralltag eine zeitaufwendige Einarbeitung in komplexe und oft kostenintensive Fernerkundungs- und GIS-Software nicht leisten (WOLF et al. 2015, LINDNER et al. 2018b) oder äußern Vorbehalte hinsichtlich ihres eigenen Fachwissens gegenüber der Komplexität des Themas Fernerkundung (STÜMPER 2009), wie durch die Initiierung des neuen MINT-Schulfaches am GSA erneut deutlich wurde.

Die entwickelten Unterrichtsmaterialien der Projekte FIS, Columbus Eye und KEPLER ISS ermöglichen den Lehrkräften die Thematik Fernerkundung mit entsprechenden Geomedien digital bzw. interaktiv und ohne großen Vorbereitungsaufwand in den Unterricht zu integrieren und gleichzeitig die Eigenaktivität und Selbstverantwortung der Schüler zu fördern (LINDNER et al. 2018a, 2018b). Die digitalen Lernmodule des Projektes FIS beinhalten aus diesem Grund vereinfachte GIS-Tools. „So gibt es nicht nur vorgefertigte Ergebnisse, die freigeschaltet werden, sondern auch die Möglichkeit, selbst Untersuchungen und Berechnungen mit den bereitgestellten Satellitenbildern und Karten durchzuführen – und die Möglichkeit, etwas falsch zu machen und aus den eigenen Fehlern zu lernen“ (LINDNER et al. 2018a:118). Zu jedem einzelnen Lernmodul des FIS-Projektes wurde ein didaktischer Kommentar mit Musterlösungen konzipiert, der als Stundenplanungshilfe für die Lehrkräfte dient und Hintergrundinformationen zu den Aufgaben, Lernzielen, zum Thema Fernerkundung und eine Einordnung in die Lehrpläne in Deutschland bereithält. Zusätzliche Informationen zu jedem Abschnitt eines Lernmoduls ermöglichen den Lehrkräften zudem einen detaillierten Einblick in die Funktionen der digitalen Lerneinheiten. Die *E-Learning* Plattform bzw. das webbasierte Lernportal des Projektes FIS ergänzt vielfältige Recherchertools für Anfänger bis Fortgeschrittene, die zusätzliche Hintergrundinformati-

onen in Form von Info-Boxen, eine Bildergalerie, eine interaktive Einführung in Satellitensysteme sowie eine weiterführende Linksammlung enthalten und dadurch eine differenzierte interaktive Einbindung in den neuen MINT-Unterricht im Wahlpflichtfach „Geographie-Physik“ möglich machen. Eine optionale Klassenverwaltung auf dem Lernportal bietet Lehrern darüber hinaus die Möglichkeit an, die Lernfortschritte ihrer Lerngruppen nachvollziehbar zu bewerten (LINDNER et al. 2018a).

Das Lernportal des Projektes Columbus Eye bzw. des Folgeprojektes KEPLER ISS, das – angelehnt an die Struktur von FIS – zudem die HDEV-Bilddaten bzw. Live-Bilder/-Videos von der ISS für schülerorientierten Analysen der Erdbeobachtung in interaktiven Lerntools in einem sogenannten „Observatorium“ integriert, bietet eine inhaltliche Weiterführung zur bemannten Raumfahrt in Verbindung mit der Mission „*Blue Dot – Shaping the Future*“ des ESA-Astronauten Alexander Gerst auf der ISS (RIENOW et al. 2015b). Die im Verlauf des neuen MINT-Differenzierungsfaches entwickelten digitalen Unterrichtsmaterialien dieses Projektes erweitern die Lernmodule von FIS um eine praktische Einbindung von Smartphone basierten Lernapps mit *Augmented-Reality*-Elementen (vgl. Kapitel 4.2), die ebenfalls mit didaktisch aufbereiteten Stundenplanungshilfen und ergänzenden Hintergrundinformationen eine zeitlich angemessene Vorbereitung vorsehen und dadurch einen problemlosen Einsatz in den neuen MINT-Unterricht ermöglichen.

Die Arbeitsgruppen der universitären Kooperationspartner bieten darüber hinaus deutschlandweit Lehrerfortbildungen zum Einsatz der entwickelten Unterrichtsmaterialien an, sodass theoretisch jede Schule in Deutschland die Materialien entweder im Fachunterricht oder im dafür eigens konzipierten neuen MINT-Wahlpflichtfach „Geographie-Physik“ einsetzen kann.

Zusätzliche digitale und interaktive Lernmaterialien zum Thema Fernerkundung – für den Teilbereich Geographie – können der Lernplattform „Geo:spektiv“ des Projektes „*Space4Geography*“ der PH Heidelberg entnommen werden, die durch zehn interaktiv aufbereitete Lernmodule für das Schulfach Geographie das Thema Fernerkundung vornehmlich für geographisch relevante Fragestellungen in den Schulunterricht integriert. Die Lernmodule beinhalten praktische Anwendungen der webbasierten Fernerkundungssoftware „BLIF – Blickpunkt Fernerkundung“, die eine schülerorientierte Handhabung vorsieht (WOLF et al. 2015, SCHALLER 2018).

Neben den angeführten digitalen Lernarrangements sollte jede Lehrkraft des Teilbereiches Geographie und Physik (oder beider Teilbereiche) über eine zusätzliche Materialsammlung verfügen, um alle erforderlichen oder integrierten Inhaltsfelder der Teilbereiche vervollständigen zu können. Als „analoges“ Themenheft mit einigen klassischen und digitalen Unterrichtsmateria-

lien eignet sich beispielsweise die Praxis-Geographie-Ausgabe zum Thema Fernerkundung (H.3/2017) des Westermann-Verlages.

Mit Rückgriff auf die Ergebnisse der Studie von HILLMAYR et al. (2017) sollte die Einbindung klassischer Unterrichtsmaterialien in einem ausgewogenen Verhältnis zu den digitalen Materialien stehen, wenn über den Verlauf von zwei Schuljahren die positiven Effekte des digitalen und multimedialen Lernens deutlich überwiegen sollen (vgl. dazu Kapitel 5).

Für die Fallschule konnten für alle Lehrkräfte der Fachschaften Geographie und Physik vor der Initiierung des neuen MINT-Wahlpflichtfaches Fortbildungen der universitären Partner an der Schule organisiert werden, die seitdem regelmäßig für die Fachschaften – auch zur Ergänzung neuer Unterrichtsmaterialien – angeboten werden, um den Lehrkräften, die das neue MINT-Fach unterrichten wollen, nicht nur eine praktische Einführung in die digitale Arbeit anzubieten, sondern auch eine Integration der digitalen Lernarrangements im Fachunterricht zu ermöglichen (LINDNER et al. 2018b).

Hinzuzufügen ist der Hinweis, dass sich die Lehrkräfte des neuen MINT-Wahlpflichtfaches darüber bewusst sein sollten, dass – wie grundsätzlich in allen Wahlpflichtfächern in der Sek. I in NRW – Klassenarbeiten für die Dauer von ein bis zwei Schulstunden konzipiert werden müssen, was im regulären Erdkunde- und Physikunterricht in der Sek. I nicht erforderlich ist.

7.3.3 Technische Voraussetzungen an die Lernumgebung

Auch wenn die IT-Ausstattung der Schulen in Deutschland bzw. in NRW in den letzten Jahren deutlich ausgebaut und verbessert wurde, stellt der regelmäßige Einsatz von digitalen Unterrichtsmaterialien die Lehrkräfte immer wieder vor „technische Schulalltagsprobleme“. Auch wenn zeitliche Komplettausfälle des schulinternen Internets in den letzten Jahren deutlich zurückgegangen sind, bleibt die Wartung der digitalen Medien und die Leistungskapazität der Internetverbindung auch in Zukunft eine Herausforderung (STÜMPER 2013, LINDNER et al. 2019b). Während der Einsatz von digitalen Unterrichtsmaterialien vor einigen Jahren noch lediglich in den wenigen Computerräumen einer Schule vorgenommen werden konnte, die vornehmlich für den Informatikunterricht vorreserviert wurden, ermöglichte die Anschaffung von mobilen Laptop-Wagen eine deutlich regelmäßigere Anwendung im Unterricht. Durch die jüngste Einführung von Tablet-Klassen an Schulen können Lehrkräfte mittlerweile die Vorteile der digitalen Medien in ihren Unterrichtsalltag vergleichsweise mühelos integrieren.

Die digitalen Lernmodule des Projektes FIS wurden seit ihrer Entwicklung ab 2006 bereits so konzipiert und überarbeitet, dass sie – trotz möglicher technischer Probleme – in den Schulun-

terricht integriert werden können. So laufen beispielsweise sämtliche Tools auch auf leistungsschwächeren Rechnern. Zudem sind alle digitalen Lernmodule von FIS auch als Offline-Anwendung möglich, sodass im Fall einer nicht ausreichenden Internet-Kapazität auf die Online-Version verzichtet werden kann, was insbesondere zu Beginn der Einführung der Lernmodule in den Schulunterricht erforderlich war. Die Programmierung der GIS-Tools in Flash, das ab 2020 durch den Hersteller ADOBE nicht mehr unterstützt wird, macht eine aktuelle Überarbeitung der FIS-Module in das HTML5/JavaScript-Format notwendig, die jedoch durch die zusätzliche Entwicklung sogenannter Mini-MOOCs (*Massive Open Online Courses*) komplettiert werden (LINDNER et al. 2018a) (vgl. dazu Kapitel 4).

Durch die feste Integration der FIS-Lernmodule und der interaktiven Tools sowie Lerninhalte der webbasierten Lernplattform des Projektes Columbus Eye in das entwickelte Schulfachkonzept – auch in Kombination mit zwei webbasierten Lernmodulen des „*Space4Geography*“-Projektes – macht den Zugang zu festen Computern, mobilen Laptops oder Tablets mit Internetverbindung notwendig, auch wenn die ergänzenden digitalen Unterrichtsmaterialien in Form von Apps oder Mini-MOOCs der Folgeprojekte die Einbindung der Smartphone der Schüler als erforderliches Endgerät mit sich bringt.

Der vergleichsweise schnelle technische Fortschritt von digitalen Bildungsmedien erfordert in Anlehnung an das in Kapitel 5.4.2 erläuterte „magische Viereck mediendidaktischer Innovation“ (KERRES 2001) eine stetige Überprüfung der vier relevanten Elemente Infrastruktur, didaktische Reform, Entwicklung und Medien.

Das durch dieses Forschungsvorhaben entwickelte Schulfach- und Unterrichtskonzept des neuen MINT-Wahlpflichtfachs deckt bereits die Teilelemente der didaktischen Reform sowie der Medien ab, wodurch bei einer Adaption des Konzeptes die Infrastruktur sowie die Entwicklung durch die jeweiligen Lehrkräfte innerhalb der organisatorischen Schulstruktur beachtet werden müssen.

Die Umsetzung des entwickelten Schulfachkonzeptes kann dementsprechend nur unter der Grundvoraussetzung einer funktionierenden Schul-IT-Ausstattung erfolgen. Das bedeutet für die praktische Realisierung, dass entsprechend ausgestattete Klassen- oder Fachräume für den Wahlpflichtunterricht – der stundenplanorganisatorisch parallel zum Informatikdifferenzierungskurs in der jeweiligen Jahrgangsstufe unterrichtet wird – zur Verfügung stehen müssen.

Durch die offizielle Kooperationsvereinbarung mit den universitären Partnern und der Beispielschule GSA in Verbindung mit dem neuen MINT-Differenzierungsfach „Geographie-Physik“

erfolgte auch die Einbindung des Schulträgers, der für die Instandhaltung der digitalen Infrastruktur einer Schule von Bedeutung ist. Die Stadt Siegburg verwaltet mit einer eigenen IT-Arbeitsgruppe die technische Ausstattung des GSA, was eine Zusammenarbeit hinsichtlich technischer Hilfestellungen erforderlich macht. Die Einbindung des neuen Wahlpflichtfaches am GSA konnte durch entsprechend ausgestattete Fachräume der Geographie und der Physik sowie der Informatik umgesetzt werden. Der Teilbereich der Geographie wird grundsätzlich im Erdkundefachraum, der mit PC-Arbeitsplätzen und einem *Active-Board* ausgestattet ist, unterrichtet, während der Teilbereich Physik in verschiedenen Fachräumen mit digitaler Ausstattung am GSA stattfindet.

7.3.4 Vorstellung des neuen MINT-Wahlpflichtfaches bei Eltern und Schülern

In NRW – wie auch in anderen Bundesländern – werden die Schulen in der Sek. I schulrechtlich verpflichtet, die Schüler in den Klassen 5 bis 8 zum Angebot von Wahlpflichtunterricht zu beraten (MSB 2012/2020). Zu diesem Zweck werden an Schulen in der Regel Informationsbroschüren an Eltern und Schüler der Jahrgangsstufe 7 (G8) durch die Mittelstufenkoordination weitergeleitet, die von den jeweiligen Fachschaften zur Information über das entsprechende Differenzierungsfach aufgesetzt werden. Darüber hinaus sind Schulen dazu verpflichtet, vor den Wahlen des Wahlpflichtfaches, die bereits im zweiten Schulhalbjahr der Jahrgangsstufe 7 stattfinden müssen, einen Informationsabend für Eltern und Schüler anzubieten. Dabei bleibt es den Schulen überlassen, inwiefern sie ihr Beratungsangebot zur Wahl bzw. Auswahl eines Wahlpflichtfaches ausdifferenzieren. In diesem Zusammenhang sollten die Schulen jedoch ihrer Beratungsfunktion nachkommen, um die Schüler adäquat auf das Angebot an Wahlpflichtmöglichkeiten der jeweiligen Schule vorzubereiten. Dabei ist es wichtig, dass Schülern und ihren Eltern die Tragweite der Entscheidung zu einem Wahlpflichtfach bewusst werden, da das Fach über die Dauer von zwei Schuljahren unterrichtet wird und nur in genehmigten Ausnahmefällen ein Kurstausch bis zum Ende des ersten Schulhalbjahres in der Jahrgangsstufe 8 ermöglicht werden kann (MSB 2012/2020).

Auf der Grundlage der schulrechtlichen Bestimmungen hinsichtlich einer adäquaten Beratung von Schülern wie Eltern zum Angebot an Wahlpflichtfächern mit einer verbindlichen Wahl wird jede Schule neben mindestens einer klassischen Fremdsprache wie Latein oder Spanisch ein schulspezifisches Schulfachangebot mit mathematisch-naturwissenschaftlich-technischen, gesellschaftswissenschaftlich-wirtschaftlichen oder künstlerisch-musischen Schwerpunkt in NRW anbieten (MSB 2012/2020).

Der Kanon der Differenzierungsfächer an der Beispielschule, dem GSA, bietet neben den klassischen Fremdsprachen Latein und Spanisch (als dritte Fremdsprache) im gesellschaftswissenschaftlich-wirtschaftlichen Bereich das Fach „Politik-Wirtschaft“ an, während für den MINT-Bereich ein breites Spektrum – insbesondere durch das neue Differenzierungsfach „Geographie-Physik“ – angeboten wird. In diesen Bereich fallen das Fach Informatik sowie die Fächerkombination „Biologie-Chemie mit dem Schwerpunkt Ernährungslehre“.

Mit der Ausarbeitung eines gemeinsamen Curriculums für das neue Wahlpflichtfach durch die Fachschaften wurde ebenfalls ein Informationstext für die Wahlpflichtfachbroschüre am GSA aufgesetzt, um über die Inhalte und Methoden in Verbindung mit den universitären Kooperationspartnern aufzuklären. Bei dem regelmäßig stattfindenden Informationsabend zur Wahl des Differenzierungsfaches für die Jahrgangsstufe 7 am GSA stellen die unterrichtenden Lehrkräfte das jeweilige Wahlpflichtfach vor und können Fragen vonseiten der Schüler oder Eltern beantworten.

Die Vorstellung des neuen MINT-Faches erfolgt durch eine digitale Präsentation und wird nach den ersten beiden Jahrgängen gemeinsam mit der Vertreterin der universitären Arbeitsgruppen vorgestellt. In diesem Rahmen werden die möglichen Wähler mit ihren Erziehungsberechtigten auch über das wissenschaftliche Vorgehen im Rahmen dieser Forschungsarbeit aufgeklärt.

Anzumerken bleibt, dass die schriftliche, digitale und persönliche Präsentation – insbesondere bei der Implementierung eines neuen Wahlpflichtfaches – nicht unerheblich ist, um einen ersten Eindruck über die Fächerkombination zu erhalten. Aus diesem Grund wird sowohl im Informationstext der Differenzierungsbroschüre als auch bei der Präsentation im Rahmen des Informationsabends das neue Fach in Kombination mit dem Teilbereich Fernerkundung vorgestellt, da die Benennung der Fächerkombination nicht direkt auf den Themenkomplex hinweist. Dementsprechend wichtig ist die erste Präsentation der Fachinitiiierung, da nur bei einer quantitativ ausreichenden Anzahl von Schülern der Wahlpflichtkurs eingerichtet werden kann.

Das GSA informiert über das Angebot an Wahlpflichtfächern zusätzlich auf der Schulhomepage, wodurch sich hierdurch die Möglichkeit bot, die Inhalte und Ziele des neuen MINT-Wahlpflichtfaches in Kooperation mit den außerschulischen Partnern vorzustellen.

Um die kooperative Zusammenarbeit – auch schon bedingt durch das fächerübergreifende Wahlpflichtfachkonzept in Verbindung mit der universitären Kooperation – für Schüler und Eltern deutlich zum Ausdruck zu bringen, erfolgt die Vorstellung während des Informations-

abends im besten Fall gemeinsam mit den unterrichtenden Lehrkräften und einem Vertreter der Kooperation.

Anhand der folgenden Abbildungen 7.3 und 7.4 erfolgt ein kurzer Überblick über die ausgearbeiteten (digitalen) Präsentationen des MINT-Differenzierungsfaches „Geographie-Physik“ – mit dem Teilbereich Fernerkundung –, die über die Schulhomepage abgerufen sowie im Rahmen des Informationsabends mittels *PowerPoint*-Präsentation am GSA eingesetzt werden.

The screenshot displays the website for 'Geographie-Physik' at the Gymnasium Siegburg. The top navigation bar includes links for Home, Unsere Schule, Profil, Schulprogramm, Fachbereiche, Aktuelles, Schulleben, Ganztags, Für unsere Neuen, and GSA shop. The main content area is titled 'Geographie-Physik' and features a section 'Das neue MINT-Fach „Geographie-Physik“' with introductory text and a 'Warum „Geographie-Physik“?' section. The sidebar on the left contains 'Der schnelle Weg' (with links like Kalender, Speiseplan, Download) and 'Sonstiges' (with links like Kontakt, Anfahrt). The right sidebar lists 'Auszeichnungen' with various logos including 'Schule ohne Rassismus', 'DIGITALE SCHULEN', 'MINT FACHLEHRER SCHULE', and 'Cambridge Assessment English'. The main content area includes several photographs of students and teachers, each with a caption describing an event or activity related to the subject.

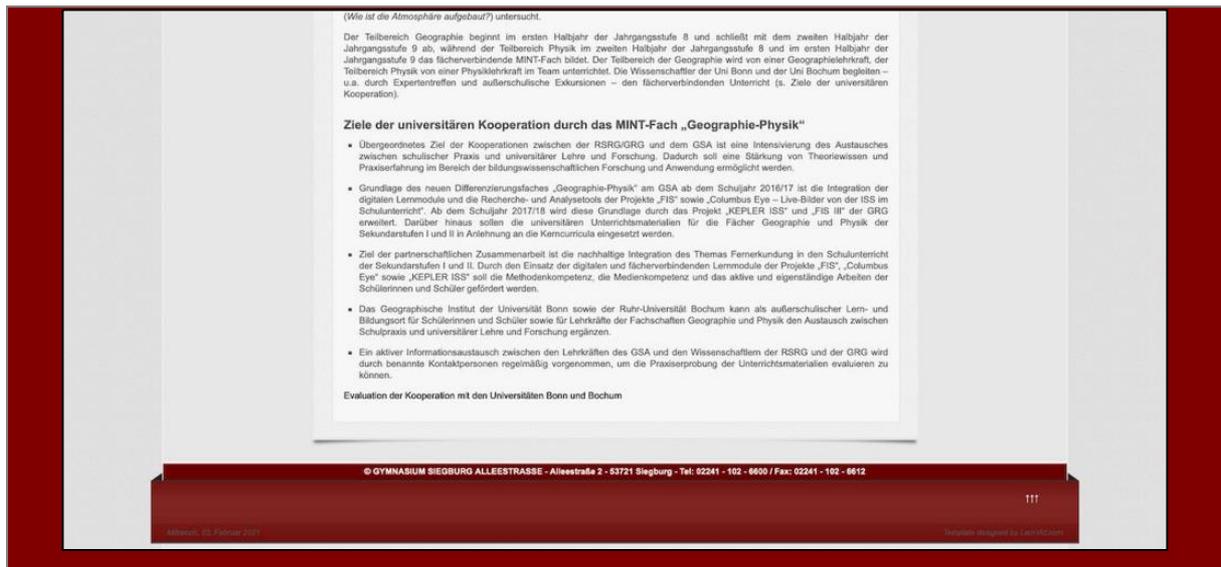


Abbildung 7.3: Information über das neue MINT-Differenzierungsfach „Geographie-Physik“ am GSA, auf der Schulhomepage, abrufbar unter: <https://www.gymnasium-alleestrassen.de/fachbereiche/mint-faecher/geographie-mit-physik.html> (Stand: 15.12.20).



Abbildung 7.4: Auszüge der PowerPoint-Präsentation für den Informationsabend zur Wahl des Differenzierungsfaches, eigener Entwurf.

7.4 Bewertung der aktuellen Rahmenbedingungen für die Implementierung des neuen MINT-Differenzierungsfaches „Geographie-Physik“ an Gymnasien in NRW

Auf der theoretisch ausgearbeiteten Grundlage der Schulfachkonzipierung „Geographie-Physik“, die mit den schuljuristischen Vorgaben in NRW konform und dadurch auch ermöglicht wird, versteht sich das erläuterte MINT-Schulfachkonzept – auch retrospektiv – als ein Handlungskonzept für Lehrkräfte bzw. Fachschaften, die das Thema Fernerkundung durch das neue Wahlpflichtfach in den Fächerkanon des Differenzierungsbereiches der Sek. I in ihrer Schule integrieren möchten. Dieses Handlungskonzept basiert mit Rückgriff auf die didaktisch-methodisch wie mediendidaktisch erläuterten Grundlagen des Unterrichtskonzeptes auf „offenen“ und erweiterbaren Möglichkeiten der unterrichtspraktischen Einbindung.

Festzuhalten bleibt, dass es möglich ist, durch das neue MINT-Schulfachkonzept „Geographie-Physik“ das Thema Fernerkundung in Verbindung mit den digitalen Unterrichtsmaterialien der universitären Projekte in den Schulunterricht der Sek. I zu integrieren, wenn alle in diesem Kapitel beschriebenen schuljuristischen Vorgaben in NRW sowie die digitale Schul-IT-Ausstattung in Verbindung mit der schulspezifischen Personalentwicklung beachtet werden.

Dass bei einer praktischen Umsetzung auch schulinterne Rahmenbedingungen wie das Schulprofil, das Schulprogramm, das Einzugsgebiet und die Zusammensetzung der „Schulgemeinde“ wesentliche Teilaspekte bilden, sollte bei diesem Handlungskonzept nicht außer Acht gelassen werden. Diese Teilaspekte werden im gesamten Implementationsprozess auf Schulentwicklungsebene schulpraktisch im folgenden Kapitel reflektiert.

**III PRAKTISCHE IMPLEMENTIERUNG DER FERNERKUNDUNG
DURCH DAS NEUE MINT-WAHLPFLICHTFACH „GEOGRAPHIE-
PHYSIK“ AM GYMNASIUM SIEGBURG ALLEESTRAßE (GSA)**

8 Die Implementierung von Fernerkundung in den Schulunterricht am Gymnasium Siegburg Alleestraße (GSA) durch die Einführung des neuen MINT-Wahlpflichtfachs „Geographie-Physik“ in der Sek. I

Die Entwicklungen, die – ausgehend von dem erläuterten Handlungskonzept in Kombination mit dem konzipierten Unterrichts- und Schulfachkonzept für die Sek. I in NRW – im Rahmen der Praxiserprobung im Verlauf dieses langjährigen Forschungsvorhabens an der Fallschule beobachtet werden konnten, werden in diesem Kapitel auf der Grundlage des angewendeten Evaluationskonzeptes dargestellt und zusätzlich die Ebene der Schulentwicklung ergänzt, um alle relevanten Ebenen des Implementationsprozesses in Verbindung mit dem CEval-Evaluationsleitfaden nach STOCKMANN (2014) sowie des schulspezifischen Schulqualitätsmodells von DITTON (2000) zu berücksichtigen und darüber hinaus den schulischen Gesamtkontext zu integrieren.

Nachfolgend werden in diesem Kapitel die Rahmenbedingungen am GSA beschrieben, die den Implementationsprozess des neuen MINT-Wahlpflichtfaches und damit eine Schulinnovation ermöglicht und aus der Perspektive der Schulentwicklung bis zum aktuellen Stand die Institution Schule in verschiedenen zeitlichen Phasen mitgeprägt haben. In diesen Rahmenkontext eingebunden werden die Ziele der Kooperationsvereinbarungen mit der AG Fernerkundung des GIUB und der AG Geomatik der RUB dargestellt, um die Triangulation zwischen universitärer Lehre und Forschung in Verbindung mit der Schulpraxis zu verdeutlichen. Da der Implementationsprozess in verschiedene Entwicklungsphasen unterteilt werden kann und sich stetig – auch über diese Studie hinaus – weiterentwickelt, können abschließend die multiperspektivischen Erkenntnisse von Schulentwicklung durch ein neues MINT-Wahlpflichtfach bis zum aktuellen Bearbeitungsstand von knapp fünf Schuljahren für die Fallschule formuliert und durch die visuelle Darstellung des strukturierten Forschungslogbuchs verdeutlicht werden.

8.1 Rahmenbedingungen am GSA

Das im Zentrum der Kreisstadt Siegburg liegende GSA blickt bereits auf eine mehr als 150-jährige Schultradition zurück. Am Ende des 19. Jahrhunderts noch als reine Mädchenschule verortet, ist das öffentliche Gymnasium – von insgesamt zwei öffentlichen Gymnasien der Stadt Siegburg – zu Beginn des Forschungsvorhabens (Schuljahr 2014/15) eine vierzügige Schule

mit ca. 1000 Schülern, die von 100 Lehrern unterrichtet werden. Das GSA zeichnet sich durch ein bilingual deutsch-französisches Bildungsprofil ab der Erprobungsstufe aus, das in der Oberstufe mit dem nur an einigen Schulen in NRW möglichen Doppelabschluss, dem deutsch-französischen Abitur (AbiBac), abschließt. Neben dem sprachlichen Schwerpunkt wird am GSA ein Musikprofil von der Erprobungs- bis zur Oberstufe angeboten, das den musisch-künstlerischen Schwerpunkt der Schule hervorhebt (GSA Schulhomepage – Archiv).

Ausgehend von der Zuordnung durch den Vorbereitungsdienst am GSA durch die bilinguale Fächerkombination mit den Fächern Geographie und Französisch, war es mir als forschende Lehrkraft ein Anliegen, das Projekt FIS durch die Tätigkeit als studentische Hilfskraft in der AG Fernerkundung des GIUB an der Ausbildungsschule zu integrieren. Durch den damaligen Schulleiter, der als Geographielehrer mit Abschluss am GIUB dem Institut sehr nahestand, konnte der Einsatz der digitalen Lernmodule im Schulunterricht am GSA offiziell eingeführt werden.

Aus diesem Grund kooperiert das GSA als akkreditierte FIS-Zertifikat-Schule mit der universitären Arbeitsgruppe bereits ab Oktober 2009, wobei sich die Kooperation vorerst auf den Geographieunterricht beschränkte und ausgehend von diesem Fachunterricht die fächerübergreifenden Lernmodule von FIS auch in den entsprechenden MINT-Fachschaften beworben wurden. Durch das Folgeprojekt Columbus Eye konnte das GSA mit der AG Fernerkundung des GIUB sowie Partnern beim DLR, der US-amerikanischen Luft- und Raumfahrtbehörde NASA und des Deutschen Amateur- und Radioclubs (DARC) e. V. am 1. September 2014 in der Aula des GSA einen erfolgreichen *Live-Call* zwischen 20 Schülern zum ESA-Astronauten Alexander Gerst auf der ISS realisieren. Für dieses Schulevent wurde im Schuljahr 2013/14 bereits eine Arbeitsgruppe gemeinsam mit der stellvertretenden Schulleiterin eingerichtet. In dieser ISS-AG konnten sich die Schüler bereits mithilfe der Lernplattform des Projektes Columbus Eye rund um das Thema der bemannten Raumfahrt in Verbindung mit der Mission „*Blue Dot – Shaping the Future*“ des Astronauten Alexander Gerst auf der ISS informieren und Fragen für den *Live-Call* zusammentragen. Dazu wurde auch eine Expertin vom DLR in Oberkassel in die AG eingeladen, um weiterführende Informationen über die Mission von Alexander Gerst auf der ISS im Experteninterview zu erhalten.

Das Schulevent des *Live-Calls* mit Alexander Gerst auf der ISS brachte dem GSA nicht nur eine mediale Aufmerksamkeit in Presse, Funk und Fernsehen (s. Anlage A) über den Rhein-Sieg-Kreis hinaus, sondern löste einen deutlich spürbaren „Astrohype“ der Schulgemeinde aus. Die zunehmende Begeisterung für das Thema Raumfahrt – auch für den für viele Schüler sympathisch wirkenden Astronauten Alexander Gerst – konnte ich persönlich als Klassenlehrerin

in meiner damaligen bilingualen Klasse 6 deutlich im Unterrichtsalltag miterleben. Einige Schüler legten freiwillig Portfolios zum Thema Raumfahrt an oder stellten vermehrt Fragen zur Erdbeobachtung.

Um diesen Synergieeffekt der gemeinsamen Kooperation auf der Grundlage einer umfassenden Bildungs- und Erziehungsarbeit in der Schulpraxis sowie in der universitären Lehre und Forschung zu nutzen und das Thema Fernerkundung und Raumfahrt nachhaltig in den Schulunterricht am GSA zu integrieren, bot sich die Möglichkeit an, nicht nur eine entsprechende AG, die AG Fernerkundung, für die Sek. I im Ganztagsangebot zu integrieren, sondern auch nach möglichen Optionen einer neuen Schulfachinitiierung in der entsprechenden Sekundarstufe zu recherchieren. Durch die Unterstützung der stellvertretenden Schulleitung hinsichtlich formjuristischer Rahmenbedingungen für die Einführung eines neuen Schulfachs im Differenzierungsbereich begann im Schuljahr 2014/15 – eingangs im *Top-Down*-Verfahren – der gemeinsame Austausch der Fachschaften Geographie und Physik, um die Fernerkundung als neues Wahlpflichtfach für das Schuljahr 2015/16 in den Differenzierungsbereich am GSA zu integrieren. Die Ausarbeitung eines gemeinsamen Curriculums für ein neues Wahlpflichtfach mit der Bezeichnung Fernerkundung erfolgte auf den in Kapitel 7 erläuterten Grundlagen, allerdings noch nicht in der entsprechenden inhaltlichen und medialen Ausdifferenzierung. Die Ergebnisse der Wahlpflichtwahl im Schuljahr 2014/15 für das darauffolgende Schuljahr verzeichneten jedoch der hohen Erwartungen zum Trotz eine nicht ausreichende Anzahl von Wählern, sodass der Wahlpflichtkurs im Schuljahr 2015/16 nicht in den Fächerkanon des Differenzierungsbereichs am GSA aufgenommen werden konnte. Abgesehen davon wurde der gemeinsame Austausch zwischen den Fachschaften Geographie und Physik im Schuljahr 2015/16 im *Bottom-up*-Verfahren intensiviert und die Struktur des Differenzierungsfaches modifiziert, da u.a. einige Schüler anmerkten, dass sie mit dem Begriff Fernerkundung keine inhaltlichen Assoziationen verbinden konnten. Dementsprechend wurde die Bezeichnung des Faches durch die im Zuge der im Schuljahr 2015/16 erfolgten Überarbeitung eines gemeinsamen Curriculums mit Vertretern der Fachschaften Geographie und Physik zu „Geographie-Physik“ verändert. Durch die Bezeichnung der umgesetzten Fächerkombination in Verbindung mit einer ergänzenden Darstellung zur Integration der fächerverbindenden Thematik der Fernerkundung in der Wahlpflichtbroschüre des GSA sowie am Informationsabend konnte im Schuljahr nicht nur das neue Wahlpflichtfach „Geographie-Physik“ als eingerichteter Kurs im Fächerkanon am GSA integriert werden, sondern es hätte nach Aussage der Schulleitung sogar noch ein zusätzlicher Kurs aufgrund der hohen Anmeldezahlen eingerichtet werden können. Auf Nachfrage nach der genauen Anzahl der Erst- und Zweitwünsche für das neue Wahlpflichtfach konnten aus Datenschutz-

gründen allerdings keine konkreteren Angaben gemacht werden. Der Differenzierungskurs „Geographie-Physik“ startete mit insgesamt 25 Schülern mit einer Zusammensetzung von 8 Mädchen und 17 Jungen.

An dieser Stelle muss angemerkt werden, dass die Wahlen zu den Differenzierungskursen am GSA in der Regel bis zu den Osterferien des davorliegenden Schuljahres von der Mittelstufenkoordination durchgeführt werden. Jeder Schüler hat die Möglichkeit einen Erst- sowie Zweitwunsch auf seinem Wahlzettel zu äußern, um bei einer möglichen Überbelegung von mehr als 30 Schülern oder bei einer zu geringen Anwahl eines Kurses den Zweitwunsch ermöglichen zu können. Bei der Recherche nach verbindlichen Vorgaben für den Wahlvorgang in der Sek. I in NRW konnten keine formjuristischen Anhaltspunkte in der BASS oder im Schulgesetz in NRW gefunden werden. Auf Nachfrage bei der Mittelstufenkoordination bei der Schulfachinitiierung wurde ein fairer Ablauf des Wahlvorgangs unter Berücksichtigung der Schülerwünsche persisteriert.

Basierend auf einer initiierenden Zusammenarbeit im Oktober 2009 mit der AG Fernerkundung im Schulfach Erdkunde bzw. Geographie am GSA durch das Projekt FIS konnten – ausgelöst durch das effektvolle Schulevent des *Live-Calls* zur ISS im September 2014 im Rahmen des Folgeprojektes Columbus Eye – die erforderlichen Rahmenbedingungen, trotz anfänglicher Startschwierigkeiten, für eine Implementierung des Themas Fernerkundung in den Wahlpflichtunterricht der Sek. I am GSA im Schuljahr 2016/17 an einem Gymnasium mit sprachlichen und musisch-künstlerischen Bildungsprofil geschaffen werden.

8.1.1 Kooperation mit der AG Fernerkundung der Universität Bonn

Ausgehend von den erläuterten Rahmenbedingungen am GSA wurde mit der Einführung des neuen MINT-Wahlpflichtfaches „Geographie-Physik“ eine offizielle Kooperationsvereinbarung mit der AG Fernerkundung des GIUB und der Schulleitung des GSA in Verbindung mit dem Schulträger, der Stadt Siegburg, im Juli 2016 unterzeichnet. Der zwischen den Institutionen aufgesetzte Kooperationsvertrag wurde im Anhang B 1 dieser Arbeit vollständig angefügt.

Das übergeordnete Ziel der Kooperationsvereinbarung stellt die Intensivierung des Austausches zwischen schulischer Praxis und universitärer Lehre und Forschung dar. Durch den gemeinsamen Austausch – im Sinne einer Triangulation – soll eine Stärkung von Theoriewissen und Praxiserfahrung im Bereich der bildungswissenschaftlichen Forschung und Anwendung ermöglicht werden. Die Grundlage für diesen Austausch bildet die Einführung des neuen MINT-Differenzierungsfaches „Geographie-Physik“ am GSA und die damit verbindliche Integration der digi-

talent Lernmodule sowie der Recherche- und Analysetools der Lernplattform FIS in den neuen Wahlpflichtunterricht, um gleichermaßen auch die Einführung der digitalen Unterrichtsmaterialien des Projektes in den regulären MINT-Schulfächern am GSA voranzuführen. Die motivationale Intention und das damit verbundene Ziel dieser Kooperation stellt hierbei die nachhaltige Integration des Themas Fernerkundung in den Schulunterricht der Sek. I und im weiteren Schritt der Sek. II dar. Durch den Einsatz der digitalen Unterrichtsmaterialien sollen mit Rückgriff auf das entwickelte Unterrichts- und Schulfachkonzept im Rahmen dieses Forschungsvorhabens die Methoden- und Medienkompetenz sowie das selbstständige Arbeiten der Schüler gefördert werden. In Anlehnung an die Empfehlungen der KMK (2009) zur Förderung des fächerübergreifenden Unterrichts in der Sek. I und der schüler- und handlungsorientierten Prinzipien des entwickelten Unterrichtskonzeptes, wird das GIUB als außerschulischer Bildungs- und Lernort für Schüler und Lehrkräfte des GSA in die Kooperation integriert. Als verbindliches Element des Kooperationsrahmens dient der regelmäßige Austausch zwischen den Vertretern der Kooperation, um den Einsatz der Unterrichtsmaterialien der vorgestellten Projekte FIS und Columbus Eye evaluieren zu können und Planungen für Schulhalbjahre mit Exkursionen, wie beispielsweise ein fest integriertes Geocaching am GIUB vornehmen zu können. Als zusätzlich ergänzende und unterstützende Austauschangebote werden Expertengespräche mit den Wissenschaftlern in das Schulfachkonzept eingebunden, um auch eine Studien- und Berufsberatung – insbesondere für die MINT-Fächer – zu ermöglichen. Um die Lehrkräfte der Fächer Geographie und Physik für den Einsatz der digitalen Unterrichtsmaterialien der Projekte FIS und Columbus Eye zu schulen und weiterzubilden, werden regelmäßige Lehrfortbildungen seitens der Arbeitsgruppe als verbindliche Vereinbarung mit aufgenommen. Um mögliche „Ausstrahlungseffekte“ der Unterrichtsarbeit für die Sek. II zu unterstützen, kann die Betreuung von Facharbeiten im Schulfach Geographie durch die Arbeitsgruppe bei Bedarf ergänzt und die damit einhergehende Nutzung der Bibliothek des GIUB ermöglicht werden. Im Gegenzug wird eine regelmäßige und verbindliche Evaluation des Einsatzes der Unterrichtsmaterialien im MINT-Wahlpflichtunterricht „Geographie-Physik“ festgelegt, die durch regelmäßige Rückmeldungen erfolgen soll. Zusätzlich ermöglicht das GSA durch benannte Mentoren die Ausbildung im neuen Differenzierungsfach für Lehramtsstudentinnen und Lehramtsstudenten der AG Fernerkundung bzw. des GIUB. Die zeitliche Dauer der Kooperationsvereinbarung wurde für den ersten Probeturnus des neu eingeführten Wahlpflichtkurses auf die Dauer von mindestens zwei vollständigen Schuljahren angesetzt, um eine Gewährleistung der gemeinsamen Vereinbarungen für mindestens zwei Schuljahre für den ersten Jahrgang garantieren zu können (s. Anhang B 1: Kooperationsvereinbarung GSA & AG FERNERKUNDUNG DER UNIVERSITÄT BONN).

Durch die offiziell akkreditierte Kooperationsvereinbarung zwischen dem GSA und der AG Fernerkundung der Universität Bonn wurde die im methodischen Forschungsdesign dieser Arbeit zugrundeliegende Triangulation schriftlich fixiert und durch den Einbezug des Schulträgers die Grundlagen für eine Unterstützung der digitalen Infrastruktur am GSA gebildet.

8.1.2 Kooperation mit der AG Geomatik der Ruhr-Universität Bochum

Um die digitalen Unterrichtsmaterialien der Nachfolgeprojekte KEPLER ISS und FIS in der dritten Phase des Projektes im Differenzierungsunterricht „Geographie-Physik“ ab dem Schuljahr 2017/18 erproben und anwenden zu können, wurde im September 2017 mit der AG Geomatik des Geographischen Instituts der RUB eine ergänzende Kooperationsvereinbarung mit der Schulleitung des GSA sowie mit benannten Kontaktpersonen abgeschlossen, die ebenfalls den Schulträger miteinbezog.

Das übergeordnete Ziel dieser Kooperationsvereinbarung bindet – wie auch schon mit der AG Fernerkundung formuliert – die Intensivierung des Austausches zwischen schulischer Praxis und universitärer Lehre und Forschung zur nachhaltigen Integration des Themas Fernerkundung sowie der Erdbeobachtung von der ISS durch den Einsatz der entwickelten Unterrichtsmaterialien mit ein. Die getroffenen Vereinbarungen hinsichtlich der jeweiligen Angebote bei der Kooperationspartner bleiben mit zusätzlichen Ergänzungen weitestgehend gleich. So wird beispielsweise das Geographische Institut der RUB als zusätzlicher Lern- und Bildungsort für die Lehrkräfte und Schüler des GSA integriert. Darüber hinaus wird das Angebot seitens der AG Geomatik um die Lernorte des *Zeiss* Planetarium sowie der Sternwarte in Bochum erweitert. Die Betreuung von Facharbeiten in der Oberstufe wird zudem um den Zusatz der Unterstützung bei der Recherche von Geobasis- und Copernicusdaten der AG Geomatik ergänzt. Das GSA komplettiert *ex aequo* die Ausbildung von Lehramtsstudentinnen und Lehramtsstudenten des Geographischen Instituts der RUB im neuen MINT-Differenzierungsfach am GSA (s. Anhang B 2: Kooperationsvereinbarung GSA – AG GEOMATIK DER RUB).

Durch die Akkreditierung der Kooperationsvereinbarung mit der AG Geomatik können die Folgeprojekte von FIS I-II sowie Columbus Eye der AG Fernerkundung der Universität Bonn in den Schulunterricht am GSA integriert werden. Die Lerngruppen des neuen MINT-Wahlpflichtfaches werden in diesem Kooperationskontext zu Pilotgruppen der weiterentwickelten digitalen Lernarrangements zur Fernerkundung sowie zur Erdbeobachtung von der ISS durch FIS III und durch das zu diesem Zeitpunkt der Kooperation vergleichsweise neue Projekt KEPLER ISS, das für „Kompetenzorientiertes, erfahrungsbasiertes und praktisches Lernen mit

Erdbeobachtung von der ISS“ steht. Basierend auf den Videos des NASA HDEV-Experiments verfolgt dieses Projekt das primäre Ziel, das Videomaterial für den Schulunterricht aufzubereiten und in digitale Unterrichtsmaterialien zu integrieren (SCHULTZ et al. 2018).

Durch die ergänzende Kooperationsvereinbarung zwischen dem GSA und der AG Geomatik der RUB wurde die in diesem Forschungsvorhaben zugrundeliegende Triangulation schriftlich erweitert. Der Schulträger erfährt zudem durch die erneute Erweiterung der Kooperation mit einer Hochschule aus dem Ruhrgebiet die Bedeutung dieser Studie, um unterstützend auf die digitale Infrastruktur des GSA zu achten.

8.2 Schulentwicklung durch die Einführung des neuen MINT-Wahlpflichtfaches

Der gesellschaftliche Wandel im Zusammenhang mit globalen Verflechtungen und Digitalisierungsprozessen lassen Fragestellungen hinsichtlich der zukünftigen Rolle der Institution Schule und dem damit verknüpften Lernen und der Bedeutung von Bildung aufkommen. HAUN (2008:573) nennt in diesem Zusammenhang vier Grundmotive der Schulentwicklung:

- *„Die systematische Qualitätsentwicklung von Schule und Unterricht,*
- *die zunehmende Eigenständigkeit der Schulen und deren Profilbildung,*
- *der Wandel der Lernkultur und*
- *die Umsetzung der Bildungsstandards und die Kompetenzorientierung“.*

Als zusätzliches Grundmotiv kann derweil der Digitalisierungsprozess von Gesellschaft und Schule hinzugefügt werden. Die Umsetzung des Medienkompetenzrahmens in NRW mit der fordernden Entwicklung eines schulspezifischen Medienkonzeptes an allen Schulen in NRW kann als zwingend notwendig gewordenes Teilelement von Schulentwicklung verstanden werden (vgl. dazu Kapitel 3.5).

Der Begriff „Schulentwicklung“ scheint terminologisch im deutschsprachigen Raum nicht klar definiert zu sein (FISCHER 2016), auch wenn der Umbau des Schulsystems nicht erst seit PISA zu einem dringlichen Ziel der Bildungspolitik wurde und unter Schulentwicklung die Notwendigkeit verstanden wurde, Reformen im Bildungswesen voranzutreiben. Tatsache ist, dass in den letzten Jahren die Fragen der Schulqualität sowie der systematischen Qualitätsentwicklung verstärkt im Zentrum der Schulentwicklung stehen und dadurch Fragen zur Verbesserung von Unterricht und Schule (HAUN 2008, FISCHER 2016).

Die Organisation Schule versteht sich hierbei als eine lernende und sich entwickelnde Organisation (FULLAN 1999), weshalb hier insbesondere die Erforschung organisationaler Praxis mit dem Grundrezept der Aktions-Reflexions-Schleifen – hier in Form von Entwicklungs-Evaluations-Schleifen – bei der Aktionsforschung wie bei der Entwicklung zu einer lernenden Organisation im Zentrum stehen (ALTRICHTER et al. 2018). Unter Einbezug des Forschungsvorhabens wurde auf ein Modell der Schulentwicklungsforschung zurückgegriffen, das den Gesamtprozess der Implementation des neuen MINT-Wahlpflichtfaches nicht nur auf Organisationsebene, sondern durch mehrere bedeutende Teilelemente bzw. Ebenen erfasst.

In Anlehnung an das in Abbildung 8.1 dargestellte „Drei-Wege-Modell der Schulentwicklung“ von ROLFF (2007) wird im vorliegenden Fall der Begriff Schulentwicklung als ein Systemzusammenhang von Unterrichtsentwicklung, Organisationsentwicklung und Personalentwicklung mit Rückkopplungseffekten – auch durch und auf das Umfeld der Schule – verstanden. Die Weiterentwicklung schulischer Lern- und Unterrichtskultur muss ein wesentliches – wenn nicht sogar das wichtigste – Element der Schulentwicklung sein (ROLFF 2007, HAUN 2008). „Die von einer Schule angegangenen Veränderungen der Methoden in Richtung Schülerzentrierung und vermehrte Selbsttätigkeit ebenso wie die Einführung von Freiarbeit und offenen Unterrichtsformen sind hierfür typische Beispiele“ (HAUN 2008:577). Das in diesen Kontext fallende entwickelte Unterrichts- und Schulfachkonzept des neuen MINT-Wahlpflichtfaches erfasst dementsprechend die Ebene der Unterrichtsentwicklung im Systemzusammenhang von Schulentwicklung. Ein weiteres dezisives Teilelement von Schulentwicklung stellt die Organisationsentwicklung dar, die zur Bildung von Arbeits- und Projektgruppen sowie einer Steuergruppe beitragen soll (ROLFF 2001). Die Personalentwicklung wird als ergänzender und zentraler Baustein von Schulentwicklungsprozessen aufgeführt und als eine systematische Förderung und Entwicklung des Personals bzw. der Lehrkräfte einer Schule durch die Schulleitung bestimmt. Die beschriebenen drei Bestandteile müssen stets im Systemzusammenhang von Schulentwicklung beachtet werden, um die Institution Schule als Ganzes erfassen zu können. Nach dem Drei-Wege-Modell von ROLFF (2007) kann die Wirksamkeit von getroffenen Maßnahmen zur Schulentwicklung nur dann als erfüllt betrachtet werden, wenn die Schule als Gesamtgefüge von einer Veränderung berührt wird (ROLFF 2007, HAUN 2008).

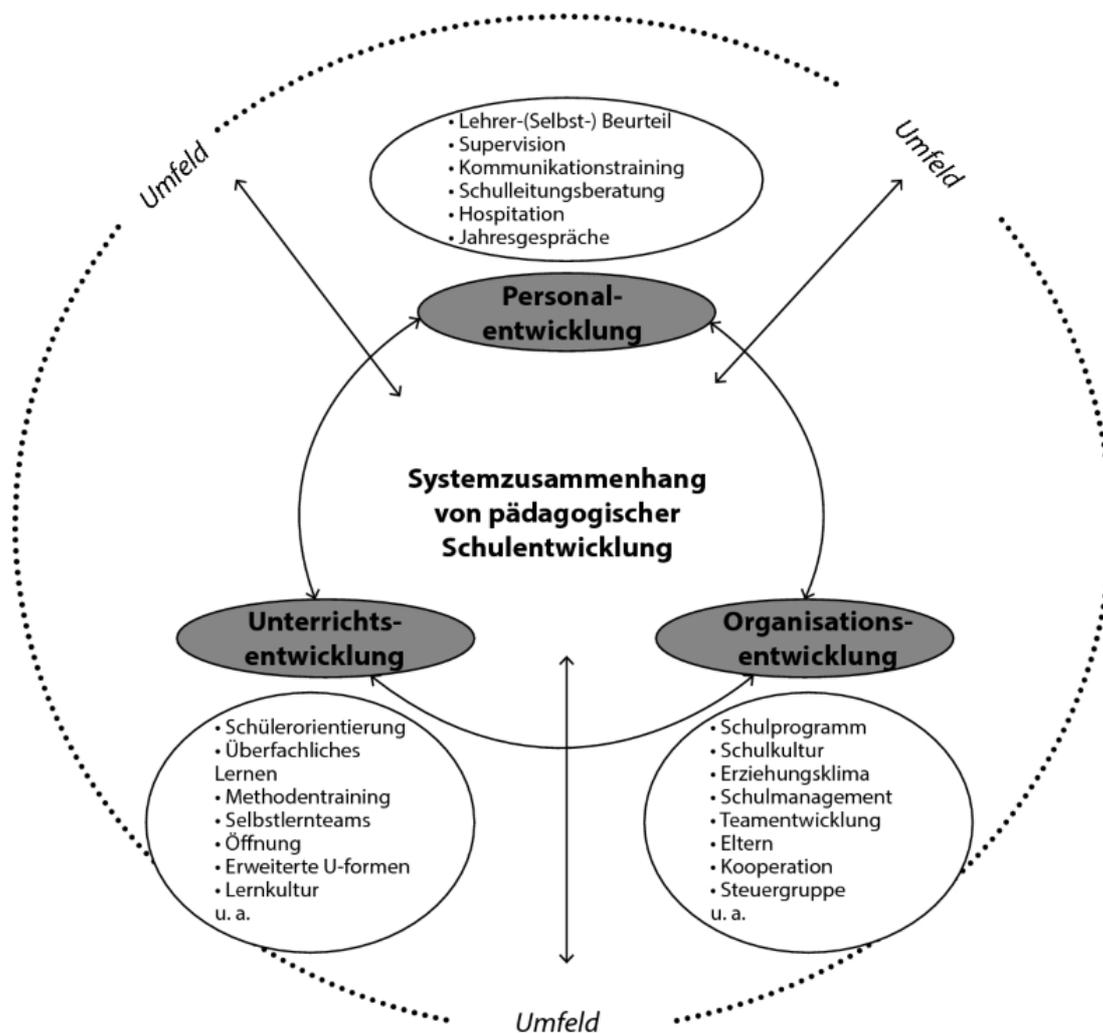


Abbildung 8.1: Drei-Wege-Modell der Schulentwicklung nach ROLFF (2007:30).

Mit Blick auf das entwickelte Modell von ROLFF (2007) muss die Einführung des neuen MINT-Wahlpflichtfaches „Geographie-Physik“ – unter Berücksichtigung aller Teilelemente im System Schule – Veränderungsbewegungen auf allen Ebenen des GSA hervorrufen. Daran angelehnt kann die Implementation des neuen MINT-Faches auf Schulentwicklungsebene als eine erfolgreiche Innovation bezeichnet werden, wenn sie im langjährigen Entwicklungsprozess auf das Gesamtsystem GSA verändernd einwirkt, was gleichermaßen auch die im Rahmen dieser Arbeit angewendeten Evaluationskonzepte widerspiegeln, wenn beispielsweise die Nachhaltigkeit eines Programms (STOCKMANN 2014) bestimmt werden soll, oder Wirkungen sowie langfristige Wirkungen untersucht werden sollen (DITTON 2010).

Grundsätzlich kann die Einführung des neuen MINT-Wahlpflichtfaches „Geographie-Physik“ in der Sek. I am GSA in Verbindung mit zwei parallelen und sich ergänzenden Kooperationen mit zwei Universitäten in NRW als eine Maßnahme zur Schulentwicklung verstanden werden, die auf der Ebene der Unterrichtsentwicklung neue Methoden des Lehrens und Lernens fördert

und auf der Ebene der Organisationsentwicklung durch die bestehenden Kooperationsangebote als außerschulischer Partner beispielsweise neue Lern- und Bildungsorte in den Schulunterricht am GSA integriert. Die Ebene der Personalentwicklung wird ebenfalls durch den Implementationsprozess des neuen MINT-Wahlpflichtfaches berührt, da eine systematische Förderung der Lehrkräfte durch die Schulleitung erfolgt, die in diesen Entwicklungsprozess durch das Unterrichten des neuen MINT-Fachs und der Organisation von Kooperationsaktivitäten mit eingebunden sind, um auch die Vorgaben der gemeinsamen Vereinbarungen aufrechterhalten zu können.

In diesen Kontext von Schulentwicklung fällt die bereits benannte systematische Qualitätssicherung, die als Prozess kontinuierlicher Verbesserung verstanden wird, da Qualität nach KEMPFERT & ROLFF (2005) nicht nur mit Tests und damit produktorientiert – wie beispielsweise durch die Qualitätsanalyse (QA) in NRW – abgeprüft werden kann. Der Begriff Qualität in Verbindung mit dem Verständnis von Qualitätssicherung beinhaltet demzufolge nicht nur den Produktaspekt, sondern auch den Prozess- und den Entwicklungsaspekt. Qualitätsentwicklung kann dadurch nur auf Evaluation basieren, da prinzipiell Daten als Grundlage für die IST-Diagnose und die Steuerung benötigt werden. Somit wird Evaluation zu einem Instrument von systematischer Qualitätsentwicklung (KEMPFERT & ROLFF 2005, HAUN 2008).

Das in dieser Forschungsarbeit umgesetzte methodische Evaluationskonzept kann im Kontext von Schulentwicklung als steuerndes Element von systematischer Qualitätssicherung für den neuen MINT-Unterricht am GSA dienen und durch die regelmäßigen Evaluationstreffen mit den Kooperationspartnern Entwicklungen auf verschiedenen Ebenen – auch die Schulentwicklung betreffend – festhalten und dadurch Produkt-, Prozess- und Entwicklungsaspekte berücksichtigen. In diesem Kontext wird deutlich, dass die in diesem Forschungsvorhaben integrierten Methoden der Aktionsforschung nicht nur für die Unterrichtsentwicklung – am Beispiel des neuen MINT-Unterrichts im Wahlpflichtfach –, sondern auch für die Schulentwicklung von Bedeutung sind (ALTRICHTER et al. 2018).

Schulentwicklungsprozesse benötigen darüber hinaus Zielformulierungen, die in Form von Leitbildern, Schulprofilen und Schulprogrammen schriftlich fixiert werden. Schulprofile enthalten beispielsweise konkrete inhaltlich-fachliche oder überfachliche Schwerpunkte, die im Verlauf der Jahre an einer Schule herangewachsen sind. Die Schule kann sich durch ihr Schulprofil in der Außenwirkung somit von einer Nachbarschule unterscheiden. Das Leitbild einer Schule beinhaltet dagegen den Zukunftswillen einer Schule. In dem Leitbild einer Schule werden einzelne Grundideen ausformuliert, die als oberste Zielebene für die Ausführung weiterer Ziele und damit Entwicklungsschwerpunkte ableiten können (ROLFF 2000). Im Schulprogramm

einer Schule wird dem gegenüber die pädagogische Grundausrichtung eines Kollegiums aufgeführt. Im Unterschied zum Schulprofil hat es sich nicht über die Jahre an einer Schule entwickelt, sondern muss in regelmäßigen zeitlichen Abständen erarbeitet werden. Hierzu werden bereits vorhandene schulische Aktivitäten in Form einer pädagogischen Landkarte verzeichnet, auf der die Auflistung bereits erfolgter Aktivitäten einen Gesamtüberblick ermöglichen und dadurch als Voraussetzung für die Verständigung weiterer Vorgehensweisen dienen soll (BASTIAN 1998, HAUN 2008). Schulprogramme und Leitbilder können mittlerweile in Kurz- und Langversion durch die zunehmend stärker werdende Öffentlichkeitsarbeit an Schulen auf den jeweiligen Internetseiten der Schulen abgerufen werden. „Ihr Gegenstandsbereich umfasst Aktivitäten des Schullebens, der Kooperation mit inner- und außerschulischen Partnern und Initiativen“ (HAUN 2008:582).

Die erläuterte begriffliche Abgrenzung von Schulprofil, Leitbild und Schulprogramm in der Literatur zur Schulentwicklung wird in den unterschiedlichen Bundesländern in der Praxis nicht immer trennscharf umgesetzt. Ungeachtet dessen liegt allen Begriffen die pädagogische Zielsetzung einer Schule zugrunde und dient demnach als Grundlage für die – bereits verdeutlichte – systematische Qualitätsentwicklung als Kernprozess von Schulentwicklung (HAUN 2008).

Als IST-Analyse bzw. Bestandsanalyse zur Erfassung der Ausgangslage (ROLFF 1999, HAUN 2008, ALTRICHTER et al. 2018) bei der Einführung des MINT-Wahlpflichtfaches „Geographie-Physik“ im Differenzierungsbereich der Sek. I am GSA zum Schuljahr 2016/17 kann festgehalten werden, dass sich die Fallschule durch ihr Schulprofil mit sprachlichem Schwerpunkt durch das bilinguale Sprachenprofil mit dem Abschluss des deutsch-französischen Abiturs (AbiBac) in Kombination mit einem musisch-künstlerischen Profil durch die Einführung von Musikklassen bereits ab der Erprobungsstufe auszeichnet. Auf den Schulstandort der Kreisstadt Siegburg bezogen unterscheidet sich das GSA durch sein Schulprofil von dem zweiten städtischen Gymnasium durch die Schwerpunktsetzung im sprachlichen sowie musisch-künstlerischen Bildungsbereich. Aus diesem Grund wird in der Außenwahrnehmung von Eltern und Schülern das GSA als sprachlich-musisches Gymnasium wahrgenommen, während das zweite städtische Gymnasium durch eine schwerpunktmäßige Förderung der Naturwissenschaften häufig als klassische MINT-Schule betrachtet wird, was für die Einführung eines neuen MINT-Wahlpflichtfaches im Schulentwicklungsprozess nicht unerheblich zu sein scheint.

Auch wenn die Kooperation mit der AG Fernerkundung der Universität Bonn initiiert mit dem Fachbereich der Geographie am GSA bereits im Schulprogramm der Schule integriert wurde, erfuhr der MINT-Bereich der Fallschule – auch schulintern – nicht die Aufmerksamkeit,

die beispielsweise den Fachschaften der Sprachen zuteilwurde. Durch die effektvolle Umsetzung des *Live-Calls* mit dem ESA-Astronauten Alexander Gerst auf der ISS mit außerschulischen Partnern im Schuljahr 2014/15 – als mutmaßlich nachhaltiges Schulevent – konnte der MINT-Bereich am GSA jedoch schulinterne Entwicklungsprozesse in Gang bringen.

Aus der Perspektive von Schulentwicklungsforschung beinhaltet der Entwicklungsprozess der Wahlpflichtfachimplementierung im MINT-Bereich am GSA nicht nur mögliche Chancen, das GSA hinsichtlich der Förderung der MINT-Schulfächer wieder verstärkt in der Außen- und Innenwirkung wahrzunehmen, sondern auch die stetige Weiterentwicklung der Lern- und Unterrichtskultur am GSA zu fördern.

Diese IST-Bestandsanalyse stellt mit Rückgriff auf den Programm-Evaluationsleitfaden des CEval von STOCKMANN (2014) den primären Baustein Programm und Umwelt dar, in dem das situative Umfeld zum Evaluationsgegenstand, dem Programm in Form des neuen MINT-Wahlpflichtfaches „Geographie-Physik“, beachtet werden muss. Zudem beinhaltet diese Bestandsaufnahme bereits interne wie externe Wirkungsfelder, die bei der Einführung des neuen MINT-Faches berücksichtigt werden müssen, da eine Zielakzeptanz schließlich nicht nur bei den Lehrkräften vorhanden sein muss, sondern auch die potenzielle Zielakzeptanz und Zielerreichung der eigentlichen Zielgruppe, den Schülern in den für das Wahlpflichtfach relevanten Jahrgangsstufen. Die internen Wirkungsfelder wurden bereits durch die Bewilligung der Einführung des neuen Differenzierungsfaches in den erforderlichen Schulgremien und der Zusammenarbeit der Fachschaften Geographie und Physik am GSA beachtet. Die ersten externen Wirkungen konnten bei der Einführung von „Geographie-Physik“ im ersten Wahljahrgang nur für den Moment beschrieben werden. Die Grundlagen der Organisationsstruktur wurden durch die Kooperationsvereinbarungen gelegt, in der auch der Schulträger die erforderliche Bedeutung der digitalen IT-Schulausstattung deutlich zur Kenntnis nehmen konnte und unterstützend auf den Programmverlauf bzw. den Implementationsprozess einwirken kann. Die Steuerung und Planung des Entwicklungsprozesses wird durch fixierte Zielsetzungen in den Kooperationsvereinbarungen durch beauftragte Kontaktpersonen der Institutionen Gymnasium und Universität festgehalten und in regelmäßig zeitlichen Abständen evaluiert, wodurch insgesamt für alle Kooperationspartner eine Verbindlichkeit geschaffen werden konnte, die für den Implementationsprozess des neuen MINT-Wahlpflichtfaches von hoher Relevanz ist.

8.3 Bewertung des aktuellen Entwicklungsstandes des neuen MINT-Wahlpflichtfaches „Geographie-Physik“ am GSA

Die Bewertung des aktuellen Entwicklungsstandes des neuen MINT-Wahlpflichtfaches „Geographie-Physik“ an der Beispielschule erfolgt in Anlehnung an das Forschungsdesign dieser Studie im qualitativen Teil gemäß der Aktionsforschung, die ebenfalls – wie in Kapitel 8.2 erläutert – für Schulentwicklungsprozesse angewendet werden kann, in zusammenfassender Darstellung nach dem angewendeten Evaluierungskonzept. Hierzu wird eine visuelle Darstellungsform der Ergebnisse verwendet, die in Verbindung mit der durchgeführten Triangulation im Verlauf der letzten vier Schuljahre erhoben und dokumentiert wurde. Durch das verwendete Evaluierungskonzept können alle relevanten Perspektiven und Ebenen des Implementationsprozesses, der zusätzlich in verschiedene zeitliche Phasen – gemäß dem CEval-Ansatz von STOCKMANN (2014) – eingeteilt werden kann, berücksichtigt. Die Ergebnisse der qualitativen Forschungsmethoden können dadurch inhaltlich und zeitlich zusammenfassend in einer strukturierten Übersicht die *Milestones* der Entwicklung des neuen MINT-Schulfach- und Unterrichtskonzeptes am GSA zur Integration des Themas Fernerkundung in der Sek. I in NRW wiedergeben, um im anknüpfenden Kapitel 9 in Kombination mit den quantitativen Ergebnissen gemäß des *Mixed-Methods*-Ansatzes die Ergebnisse zusammenzuführen und daraus fernerkundungsdidaktische Rückschlüsse ableiten zu können.

Als Grundlage der Ergebnisdarstellung dieses Forschungsteils wurden im Sinne der Daten-, Perspektiven-, und Forscher-Triangulation die erhobenen Daten:

- der schuljuristischen Vorgaben in NRW (SchulG, BASS),
- der Kerncurricula der Schulfächer Geographie und Physik in NRW,
- der nationalen Bildungsstandards für das Fach Geographie,
- der offiziellen Kooperationsvereinbarungen,
- des Forschungslogbuches,
- der leitfadengestützten Gruppendiskussionen,
- der offenen Fragen des standardisierten Fragebogens (*Between-Method-Triangulation*),
- der Unterrichtsbeobachtungen,
- der regelmäßig stattfindenden Evaluationstreffen der Kooperationspartner, aber auch
- der Presseberichte am bzw. über das GSA in Verbindung mit dem neuen Wahlpflichtfach „Geographie-Physik“ herangezogen.

Das in dieser Arbeit entwickelte Wahlpflichtfachkonzept zur nachhaltigen Integration des Themas Fernerkundung in den Schulunterricht der Sek. I musste in diesem Forschungsvorhaben auf der Basis der Kerncurricula in NRW sowie der schulformalistischen Vorgaben explorativ erarbeitet werden, um das darauf aufbauende Forschungsvorhaben zu ermöglichen. Durch den eingangs im *Top-Down*-Prinzip gestarteten Versuch der Einführung eines neuen Wahlpflichtfaches mit der Benennung „Fernerkundung“ konnten Erfahrungen in der Vorgehensweise von Implementationsprogrammen gesammelt werden, um einen erneuten Versuch – im *Bottom-up*-Verfahren – mit deutlich ausgearbeiteten inhaltlichen wie methodischen Planungen vornehmen zu können. Das Forschungsvorhaben hing jedoch grundsätzlich immer von dem Wahlverhalten der Schüler der Jahrgangsstufe 7 am GSA ab, sodass etwaige Risiken bei der Durchführung dieser Studie von vorneherein mit einkalkuliert werden mussten. Die Tatsache, dass das neue MINT-Wahlpflichtfach „Geographie-Physik“ seit der Einführung im Schuljahr 2016/17 bis zum aktuellen Stand im Schuljahr 2020/21 – seit nunmehr fünf Schuljahren – ein fester Bestandteil des Fächerkanons des Differenzierungsbereichs der Sek. I am GSA ist, spricht gleichwohl für ein umsetzbares Schulfach- und Unterrichtskonzept, das die Schüler anzusprechen scheint.

Mit Rückgriff auf den CEval-Evaluationsansatz von STOCKMANN (2014) verlaufen Programme – wie in dieser Arbeit das neue MINT-Wahlpflichtfach „Geographie-Physik“ – in zeitlichen Phasenmustern, die dem Lebensverlauf von Individuen gleichen, wodurch die konzeptionellen Annahmen der Lebensverlaufsforschung verwendet werden können, um die Entwicklung von Programmen sichtbar machen zu können. Aus diesem Grund wurde die Darstellung der Initiierungs- und Implementationsprozesse an der Fallschule anhand einer Zeitachse (s. Abb. 8.2) dargestellt, um die zeitliche Dimension in Kombination mit den *Milestones* der Fachintegration am GSA im Kontext der Kooperationsvereinbarungen zu verdeutlichen.

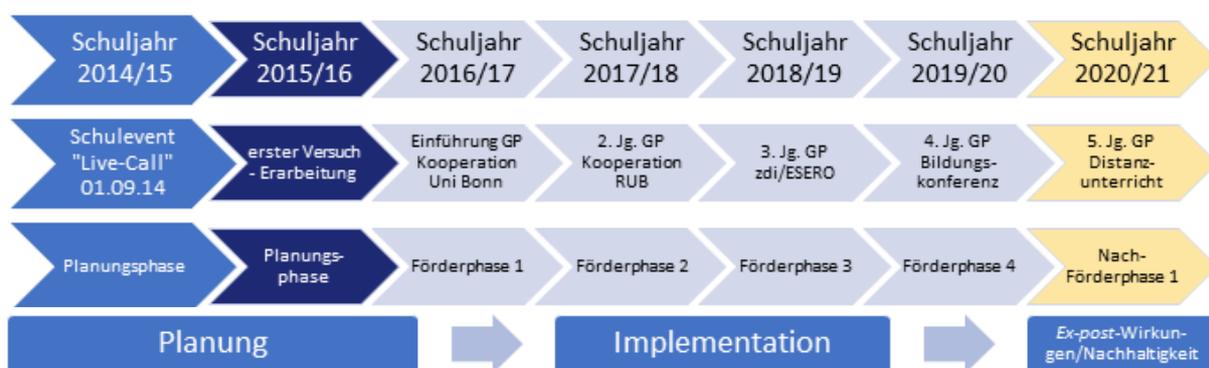


Abbildung 8.2: Zeitachse des Implementationsprozesses des neuen MINT-Wahlpflichtfaches „Geographie-Physik“ am GSA in Anlehnung an das Lebensverlaufsmodell des CEval-Ansatzes nach STOCKMANN (2014), eigener Entwurf.

Mithilfe dieser visuellen Zeitachse – nach (Lebens-)Phasen unterteilt – wird der Gesamtprozess der Studie gemäß des CEval-Evaluationsansatzes nach STOCKMANN (2014) anschaulich verdeutlicht. Der Anfangspunkt des aktionsforschenden Ansatzes dieser Arbeit wird mit dem effektvollen Schulevent des *Live-Calls* mit dem ESA-Astronauten Alexander Gerst begründet, da dieses Event als Schlüsselauslöser für die aufkommenden Fragestellungen hinsichtlich einer festen Integration des Themas Fernerkundung in Verbindung mit der bemannten Raumfahrt im Schulunterricht am GSA bewirkte. Aus der Idee wurde durch die bereits bestehende Zusammenarbeit mit der AG Fernerkundung des GIUB im Geographieunterricht am GSA und der erfolgreichen kooperativen Realisierung des Schlüssevents „*Live-Call*“ eine Basis geschaffen, die weitere Konkretisierungsvorhaben ermöglichte. Durch einen Fehlversuch im *Top-Down*-Verfahren konnten gemeinsam Erfahrungen gesammelt werden, um ein Unterrichts- wie Schulfachkonzept vertiefend auszuarbeiten. Das Schuljahr 2016/17 bildet für das aufbauende Forschungsvorhaben das „Startschuljahr“ der Datenerhebungen.

Auf der Zeitachse der Abbildung 8.2 können – ausgehend von diesem Schulevent – alle daran anschließenden Planungs- und Implementationsphasen mit parallel zusammenhängenden Organisationen in Verbindung mit dem Wahlpflichtfach an der Fallschule kombiniert werden.

Ausgehend von STOCKMANNs (2014) Ansatz, dass Programme und Projekte in der Regel von Organisationen durchgeführt werden, können organisationstheoretische Ansätze für die Analyse von Kausalitäten zwischen Programmen und ihren Wirkungsfeldern herangezogen werden. So kann die Entwicklung des neuen MINT-Wahlpflichtfaches „Geographie-Physik“ in Verbindung mit den beteiligten Organisationen analysiert werden.

Ausgehend von der Einführung des neuen Wahlpflichtfaches in Verbindung mit der offiziellen Kooperationsvereinbarung mit der AG Fernerkundung des GIUB, können die darauffolgenden Schuljahre mit weiteren Organisationen, die innerhalb des Implementationsprozesses an der Schulpraxis des Wahlpflichtfaches Anteil nehmen, benannt werden.

Im zweiten Schuljahr 2017/18 konnte durch eine weitere – akkreditierte – Kooperationsvereinbarung mit der AG Geomatik der RUB die Triangulation erweitert und eine weitere Hochschule in das Forschungsvorhaben involviert werden. Durch die vergleichsweise weite räumliche Entfernung des Geographischen Instituts der RUB und die damit in Verbindung stehenden Fahrtkosten möglicher Exkursionen erforderte die Beantragung finanzieller Mittel, die zuerst an den Förderverein der Schule gerichtet wurde. Durch weiterführende Recherchen und der Besuch von zdi-Fortbildungen des Bildungsbüros in Siegburg konnten Informationen über sogenannte „zdi-BSO-MINT-Maßnahmen“ des zdi-Netzwerkes des Rhein-Sieg-Kreises eingeholt werden.

Die Gemeinschaftsoffensive „Zukunft durch Innovation.NRW (kurz: zdi) ist ein Zusammenschluss von mehreren Akteuren aus Politik, Schulen, Hochschulen, Unternehmen und weiteren Bildungspartner, um den naturwissenschaftlich-technischen Nachwuchs in NRW zu fördern (LANDESGESCHÄFTSSTELLE DER GEMEINSCHAFTSOFFENSIVE ZENTRUM DURCH INNOVATION.NRW 2021). Die zdi-BSO-MINT-Maßnahmen ermöglichen Schulen im Rahmen von beantragten Lernarrangements, wie beispielsweise an eingerichteten zdi-Schülerlaboren, eine finanzielle Förderung, wenn sich die Maßnahmen durch eine Berufs- und Studienorientierung (BSO) im MINT-Bereich auszeichnen. In Verbindung mit den kooperativ geplanten Exkursionen im neuen MINT-Wahlpflichtfach zwischen Schule und Universitäten konnten entsprechende Maßnahmenförderungen erarbeitet werden, um auch von zusätzlichen Angeboten des zdi-Netzwerkes in NRW profitieren zu können. Durch Fortbildungen des zdi-Netzwerkes durch das Bildungsbüro in Siegburg wurde der Autorin als forschende Lehrkraft die Möglichkeit zuteil, dass im Rahmen von Unterrichtshospitationen im neuen MINT-Differenzierungsfach durch Koordinatoren des Bildungsbüros weitere sogenannte „Diffusionseffekte“ erzeugt werden konnten. In diesen Kontext eingebettet fällt auch die Institutionalisierung des *European Space Education Resource Office* (ESERO) an der RUB durch die Anbindung an die AG Geomatik.

ESERO ist ein gemeinsames Projekt der ESA und des DLR. Das übergeordnete Ziel von ESERO ist die Förderung der MINT-Fächer durch die Integration des Themas Raumfahrt in den Schulunterricht. Dadurch, dass ESERO mit einem Konsortium aus zehn Institutionen in NRW verbunden ist (ESERO 2020), wie ebenfalls dem zdi-Netzwerk in NRW, konnten kooperative Synergieeffekte in Verbindung mit der Einführung des neuen MINT-Wahlpflichtfaches im Rahmen der bereits bestehenden Kooperationen erzeugt werden. Ein deutlicher Verbreitungseffekt, der im Kontext des CEval-Ansatzes nach STOCKMANN (2014) die Diffusion einer Innovation bewerten kann, ist das Angebot der Vorstellung des neuen MINT-Differenzierungsfaches „Geographie-Physik“ in Verbindung mit ESERO auf der Bildungskonferenz des Rhein-Sieg-Kreises im November 2019. Aufgrund der Tatsache, dass im dritten Schuljahr der Implementationsphase bereits zusätzliche Unterrichtsmaterialien von ESERO, die an die Forschungsarbeit der AG Geomatik der RUB thematisch angebunden sind, in den Unterricht des neuen MINT-Faches eingesetzt und erprobt wurden, komplementierten nicht nur den Einsatz von digitalen Unterrichtsmaterialien im neuen MINT-Fach, sondern erweiterten darüber hinaus auch das Angebot von möglichen MINT-Veranstaltungen für Schüler des neuen Differenzierungsfaches.

Eine offizielle Akkreditierung der ESERO-Kooperation steht für das aktuell laufende Schuljahr 2020/21 noch aus. Aufgrund der zwingenden Umstände durch die Pandemie konnte eine

konkrete Planung der offiziellen Beurkundung bisher noch nicht mit Sicherheit terminiert werden.

Auf der Organisationsebene kann bilanziert werden, dass innerhalb von vier Förderphasen bzw. Schuljahren im Rahmen des Implementationsprozesses zwei Institutionen bzw. Hochschulen auf den Prozess mit eingewirkt haben und weiterwirken werden, während die im Prozess mit integrierten Organisationen des zdi-Netzwerkes und ESERO zusätzliche Effekte herbeigefügt haben und in Zukunft noch in Aussicht stellen.

In diesem organisatorischen Zusammenhang verweist STOCKMANN (2014) in seinem CEval-Evaluationskonzept auf das Diffusionsmodell von MOHR (1977), das besagt, dass eine Innovation dann übernommen wird, „[...] je relativ vorteilhafter, je mehr vereinbar mit den vorhandenen Produktionsbedingungen, je weniger komplex, je besser erprobbar und betrachtbar die Innovation dem Anwender erschien“ (MOHR 1977:60). Organisationen werden hierbei als dynamisch-komplexe Gebilde verstanden, die eine Symbiose mit ihrer Umwelt bilden und wiederum in Beziehung mit anderen Organisationen, Netzwerken und sozialen Gebilden sowie Systemen bestehen (MOHR 1977, STOCKMANN 2014). Aus diesem Grund werden in STOCKMANNs Evaluationsleitfaden auch die organisations-externen Variablen als externe Wirkungsfelder integriert. Als eine Organisation werden in diesem Kontext Personen verstanden, „die eine Innovation aufgreifen, durchsetzen und an ihrer Realisierung arbeiten [und] als Mitglieder von Organisationen behandelt“ (STOCKMANN 2014:104).

Ausgehend von diesen Wirkungsfeldern kann festgestellt werden, dass in diesen vier vollständig abgeschlossenen Schuljahren externe Wirkungen der Innovation des neuen MINT-Wahlpflichtfaches „Geographie-Physik“ im sogenannten Politikfeld des Programms in Kombination mit den beteiligten Organisationen erzielt werden konnten, da beispielsweise durch die Durchführung eines Workshops auf der Bildungskonferenz im November 2019 zielgruppenübergreifende Diffusionseffekte angebahnt werden konnten.

Auf der Organisationsebene im Verlauf der ersten Förderphase im Rahmen dieser Studie konnten zudem – ausgehend von einer universitären Arbeitsgruppe – drei weitere außerschulische Partner für das praktische Schulfachkonzept im Verlauf der vier Schuljahre gewonnen werden. Diese Organisationen sind – wie in Anlehnung an die beschriebenen Diffusionstheorie – an andere Organisationen und Netzwerke gekoppelt und in dem konkreten Fall im Implementationsprozess miteinander vernetzt.

Das wichtigste externe Wirkungsfeld – die Zielgruppe der Schüler im Differenzierungsbereich der Sek. I am GSA – kann durch die bereits beschriebene kontinuierlich ausreichende Anwahl von Schülern – bis zum aktuell fünften Jahrgang – als Zielakzeptanz gedeutet werden. Inwiefern in diesem Zusammenhang neben der Integration von digitalen Geomedien und interaktiven Lernarrangements im Unterricht eine Zielgruppenerreichung durch außerunterrichtliche Aktivitäten mit den Organisationen gefördert wurde, wird anhand der Abbildung 8.3 deutlich.

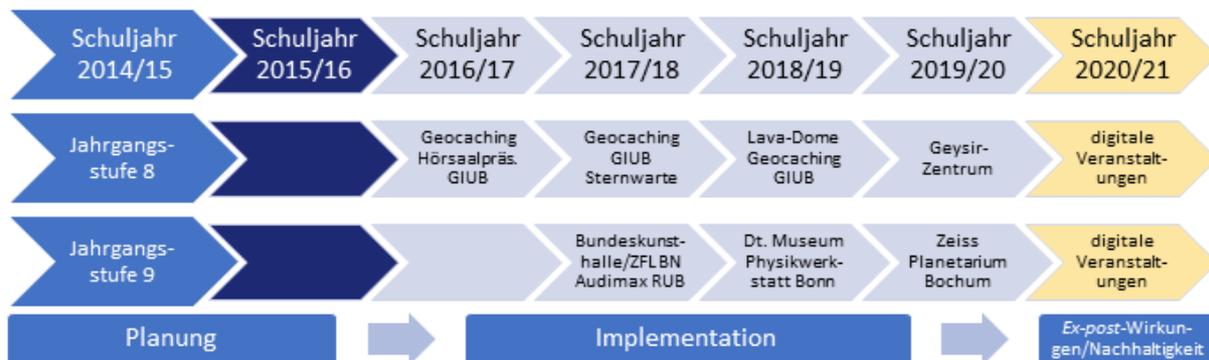


Abbildung 8.3: Zeitachse der außerunterrichtlichen Kooperationsveranstaltungen der Durchführungsorganisationen zum Nutzen der Zielgruppe in Anlehnung an das Lebensverlaufsmodell des CEval-Ansatzes nach STOCKMANN (2014), eigener Entwurf.

Anhand der Abbildung 8.3 wird deutlich, dass die Kooperationsvereinbarungen hinsichtlich der Durchführung gemeinsamer Exkursionen zu außerschulischen Lernorten stetig fortgeführt – mit Ausnahme des 2. Schulhalbjahres 2019/20 durch die Pandemie – wurden, um den Schülern des neuen MINT-Wahlpflichtfaches den größtmöglichen Nutzen zuteilwerden zu lassen. Durch regelmäßig durchgeführte Exkursionen nach jedem Schulhalbjahr und damit Teilbereich des fächerübergreifenden Schulfachkonzeptes können zusätzliche Erfahrungen mit der Thematik Fernerkundung in Verbindung mit den inhaltlichen Schwerpunkten des Faches vertieft werden. Durch das integrierte Exkursionskonzept, das mit regelmäßig geplanten Expertengesprächen – außerschulisch wie vor Ort – ergänzt wird, wird der Nutzen für die Zielgruppe voll ausgeschöpft und eine zusätzliche Zielgruppenerreichung in Aussicht gestellt. Durch die „zdi-BSO-MINT-Maßnahmen“ können seit der Einbindung des zdi-Netzwerkes finanzielle Fördermittel beantragt werden, die wiederum einen finanziellen Nutzen für die Zielgruppe beinhalten. Darüber hinaus erfährt das Schulfachkonzept durch die außerunterrichtlichen Erfahrungen in Begleitung von Wissenschaftlern bzw. Wissenschaftlerinnen in der Funktion als sogenannte „MINT-Role-Models“ innerhalb der „zdi-BSO-MINT-Maßnahmen“ eine zusätzliche Bedeutung bei der Förderung von Mädchen in MINT-Fächern.

Für die Fallschule wurde im Verlauf von vier Schuljahren ein Exkursionskonzept ausgearbeitet, das seit Beginn des Wahlpflichtfaches ein fest integriertes Geocaching mit variierenden Bausteinen (Stationenlernen, Schülerpräsentationen im Hörsaal o. Ä.) am GIUB vorsieht. Zudem wurden thematisch passende Ausstellungen, wie beispielsweise zur Thematik Klima(wandel) in der Bundeskunsthalle in Bonn oder zur Raumfahrt („All“täglich) im Deutschen Museum in Bonn gewählt. Das Zentrum für Fernerkundung der Landoberfläche (ZFL) in Bonn wurde zum Start einer schulhalbjahresübergreifenden Projektarbeit zum Thema „Dem Klimawandel mit Satellitenbildern auf der Spur“ eingebunden, um zusätzliche Fernerkundungsexperten für die Vorbereitung der Projektarbeit mit einzubinden, die schließlich zur passenden Hörsaalvorlesungsreihe im Audimax der RUB mit anderen Schülergruppen aus dem Ruhrgebiet präsentiert wurde. An der Sternwarte in Bochum, die als zusätzlicher Lernort in die Kooperationsvereinbarung integriert wurde, konnte ein Workshop zur geometrischen Optik mit dem Bau eines Linsenfernrohres im integrierten zdi-Schülerlabor für den Teilbereich Physik durchgeführt werden und die Ausstellung „Kosmos, Kommunismus, Kalter Krieg“ mit einem zuständigen Experten besucht werden. Die Physikwerkstatt Rheinland des Physikalischen Instituts der Universität Bonn konnte den Schülern Forschungsexperimente rund um den Treibhauseffekt und eine zusätzliche Führung durch die Forschungslabore der Experimentalphysik der Universität Bonn anbieten. Für den geowissenschaftlichen Part des Teilbereiches Geographie in der Jahrgangsstufe 8 wurden Exkursionsstandorte des Vulkanparks Eifel, wie der Lava-Dome in Mendig – einschließlich der Besichtigung des Lava-Kellers – und das Geysir-Zentrum in Andernach gewählt. Das bereits in der Kooperationsvereinbarung mit der AG Geomatik der RUB eingebundene *Zeiss* Planetarium in Bochum wurde als Einstieg für eine weiterführende Projektarbeit zum Thema „Terraforming“ mit verschiedenen Expertinnen und Experten integriert. Alle aufgeführten Exkursionen wurden – neben den Lehrkräften des MINT-Faches – von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Universitäten und mitunter auch zusätzlichen Experten zur jeweiligen Thematik begleitet. Hierbei erfolgten im Sinne einer Berufs- und Studienorientierung thematische Schwerpunkte in den MINT-Fächern, insbesondere in dem vergleichswisen jungen Forschungsgebiet der Geomatik. Die Geographie als verbindende und fächerübergreifende Wissenschaft im Fachbereich der Fernerkundung konnte den Schülern durch die Fachexpertinnen und Fachexperten bzw. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, aber auch studentische Hilfskräfte des Fachbereichs, besonders anschaulich erläutert werden. Die geplanten Exkursionsvorhaben für das zweite Schulhalbjahr im Schuljahr 2019/20 konnten aufgrund des bundesweiten „Schullockdown“ nicht planmäßig durchgeführt werden. Für das entsprechende Schulhalbjahr war das fest implementierte Geocaching am GIUB für die Jahrgangsstufe 8 vor-

gesehen, während für die Jahrgangsstufe 9 im Rahmen der klimageographischen Fragestellungen eine Exkursion zur Hochwasserthematik bzw. zum Hochwasserschutz am Beispielraum Köln vorgesehen wurden. Aufgrund der Tatsache, dass im aktuellen Schuljahr 2020/21 – in der Nach-Förderphase (vgl. Abb. 8.3) – die schulrechtlichen Vorgaben vor dem Hintergrund der Pandemie nur unsichere Planungsvorhaben ermöglichen und eine weitere Schulschließung durchgeführt werden musste, können aktuell lediglich digitale Expertengespräche bzw. digitale Veranstaltungen durchgeführt werden. Eine von der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Bonn angebotene digitale Wissenschaftsrallye konnte den Kursen am Ende des ersten Schulhalbjahres angeboten werden. Durch die Terminierung dieser digitalen Veranstaltung an einem Samstagvormittag konnte dieses Angebot jedoch nur nach freiwilliger Zusage erfolgen. Kurz vor dem zweiten „Schullockdown“ war es jedoch möglich, ein digitales Expertengespräch mit der zuständigen Wissenschaftlerin der AG Geomatik der RUB zum thematisch neu integrierten Lernmodul der Arbeitsgruppe „Vulkane auf dem Mars“ mithilfe des Videokonferenzsystems ZOOM am GSA für die Jahrgangsstufe 8 durchzuführen. Wenn es die äußeren Gegebenheiten wieder zulassen, sind Exkursionen in das ESA-Satellitenkontrollzentrum in Darmstadt und das ESA-Weltraumforschungs- und Technologiezentrum in Noordwijk in den Niederlanden geplant.

Das Exkursionskonzept orientiert sich didaktisch-methodisch an den Grundlagen der fächerübergreifenden Schulfach- und Unterrichtskonzipierung „Geographie-Physik“ (vgl. dazu Kapitel 5 und Kapitel 7) sowie an die in den Kooperationsvereinbarungen integrierten außerschulischen Lern- und Ausbildungsorte. Nach Abschluss der in dieser Studie untersuchten Förderphase kann resümiert werden, dass neben fest integrierten „Exkursions-Bausteinen“, wie beispielsweise das Geocaching am GIUB, saisonal thematisch passende Exkursionsstandorte, wie beispielsweise die Ausstellung „All“täglich“ des DLR im Deutschen Museum der Stadt Bonn, das Exkursionskonzept dynamisch offen gestalten. Bei der festen Integration des Lernstandortes des *Zeiss* Planetarium in Bochum können zudem saisonal unterschiedliche Veranstaltungen zur Erdbeobachtung sowie zur Weltraumerforschung gewählt werden. Die feste Verankerung von Expertengesprächen der kooperierenden Organisationen bei der Durchführung von Exkursionen erhöht den Nutzen der Zielgruppe der Schüler und erfährt durch veröffentlichte Exkursionsberichte auf der Schulhomepage des GSA entsprechende Wirkungen im schulinternen wie schulexternen Politikfeld des Programms.

Durch die Beantragung von zdi-Fördermitteln im Rahmen der „zdi-BSO-MINT-Maßnahmen“ können auch mehrtägige Kooperationsveranstaltungen, wie das im Schuljahr 2019/20 geplante

Projektvorhaben zum Thema „Terraforming“ beantragt werden, die schulexterne wie schulinterne Lernorte integrieren. Bezogen auf die internen Wirkungsfelder des CEval-Evaluationsleitfadens von STOCKMANN (2014) muss jedoch auch kritisch angemerkt werden, dass die Beantragung entsprechender Fördermittel des zdi-Netzwerkes der Rhein-Sieg-Kreises auf organisatorischer Ebene für die kooperierenden Durchführungsorganisationen einen besonders hohen zeitlichen Mehraufwand beinhaltet, da die bürokratischen Vorgaben bisher in jedem Schuljahr von der entsprechenden Behörde modifiziert wurden und dazu regelmäßig zusätzliche Informationsveranstaltungen besucht werden mussten.

Der CEval-Evaluationsleitfaden nach STOCKMANN (2014) sieht zudem ein Nachhaltigkeitsmodell vor, das für die in dieser Arbeit umgesetzten formativen wie summativen Evaluation angewendet werden kann. Dabei wird zwischen der Nachhaltigkeit auf Makroebene und auf der Programmebene unterschieden. Der Evaluationsansatz orientiert sich auf der Makroebene an dem Konzept der „nachhaltigen Entwicklung“ (*sustainable development*), das ökonomische, soziale und ökologische Entwicklungsprozesse miteinander verbindet, um die natürlichen Lebensgrundlagen für nachfolgende Generationen nicht zu gefährden (MEYER 2005, STOCKMANN & MEYER 2014). In der folgenden Abbildung 8.4 werden die dazu erarbeiteten Dimensionen der Nachhaltigkeit auf der Makroebene verdeutlicht.

Zielgröße	Operationalisierung	Kriterium erfüllt, wenn...
ökonomisch	Effizienz	mit einem möglichst geringen Mitteleinsatz (Input) ein Optimum an Leistungen (Output) und möglichst alle intendierten Wirkungen (Outcome) erzielt werden.
sozial	gesellschaftspolitische Relevanz	die durch die erbrachten Leistungen entstandenen (intendierten wie nicht-intendierten) Wirkungen insgesamt als gesellschaftspolitisch relevant und nützlich eingestuft werden.
ökologisch	Umweltverträglichkeit	mit den Ressourcen zur Leistungserstellung umweltschonend umgegangen wird und wenn die erbrachten Leistungen und die daraus entstandenen (intendierten wie nicht-intendierten) Wirkungen umweltverträglich sind.

Abbildung 8.4: Dimensionen der Nachhaltigkeit auf Makroebene (STOCKMANN & MEYER 2014: 106).

Bezogen auf dieses Nachhaltigkeitskonzept auf der Makroebene kann für das entwickelte Schulfach- und Unterrichtskonzept grundsätzlich festgehalten werden, dass durch das sich stetig erweiternde Angebot an digitalen Unterrichtsmaterialien der universitären Arbeitsgruppen mit einem vergleichsweise geringen Mitteleinsatz (Input) eine nachhaltige Integration des Themas Fernerkundung im Schulunterricht (Output) erfolgen kann. Um alle zusätzlichen Leistungen wie intendierten Wirkungen (Outcome) auch im Sinne des Schulqualitätsmodell von DITTON (2010)

abschließend bewerten zu können, müssen nicht nur die Nachhaltigkeitsaspekte auf Programmebene, sondern auch die quantitativen Ergebnisse (vgl. Kapitel 9) mit einbezogen werden.

Die gesellschaftspolitische Relevanz ist jedoch eindeutig durch die Aufwertung des Schulfaches Erdkunde durch die fächerübergreifende Wahlpflichtfachkombination in NRW gegeben, da das Fach nicht nur unter Nachhaltigkeitsaspekten als „Kernfach des 21. Jahrhunderts“ (HOFFMANN 2019:1) für die gesellschaftlichen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts relevant ist – und in NRW trotzdem durch die G9-Studentenafel um eine Unterrichtsstunde in der Sek. I gekürzt wurde –, sondern auch durch die fächerverbindende und -übergreifende Kombination das Interesse für die MINT-Fächer fördern kann, um dem bestehenden Fachkräftemangel im MINT-Bereich (ANGER et al. 2020) entgegenwirken zu können. Die ökologische Ebene wird durch die thematischen Schwerpunktsetzungen zur Problematik des Klimawandels sowie der damit verbundenen Naturgefahren präventiv mit eingebunden, um die erforderlichen Kompetenzen im Umgang mit den Ressourcen der Erde zu fördern. Die eingesetzten Materialien der digitalen Lernmodule sind zudem ressourcenschonend konzipiert, sodass durch den Einsatz im Unterricht ein erheblicher Verbrauch von Papier in Form von analogen Arbeitsblättern eingespart werden kann.

Auf der Programmebene wird Nachhaltigkeit nach dem CEval-Ansatz (STOCKMANN 2014) in vier unterschiedlichen Dimensionen (vgl. Abb. 8.5) betrachtet, die sich grundsätzlich auf die Fragestellung beziehen, „[...] ob Maßnahmen nur so lange wirksam sind, wie sie mit Finanzmitteln gefördert werden, oder ob Strukturen geschaffen und Verhaltensveränderungen herbeigeführt werden können, die eine Problemsituation dauerhaft verändern. Nachhaltigkeit ist dann gegeben, wenn die neuen organisatorischen Strukturen und Verhaltensveränderungen das Förderende von Maßnahmen überdauern“ (STOCKMANN & MEYER 2014:106). In diesen Kontext werden die Nachhaltigkeitsdimensionen auf Programmebene wie in Abbildung 8.4 kategorisiert.

Dimension	Typ	Merkmal
I	projekt-/programmorientiert	Die Zielgruppe und/oder Trägerorganisation führt die Innovationen im eigenen Interesse und zum eigenen Nutzen fort.
II	output-/leistungsorientiert	Andere Gruppen/Organisationen haben die Innovationen in ihrem eigenen Interesse und zum eigenen Nutzen dauerhaft übernommen.
III	systemorientiert	Die Innovationen führen über Diffusionsprozesse zu einer Leistungssteigerung des gesamten Systems (z.B. des Gesundheits- oder Bildungssystems).
IV	innovationsorientiert	Die Zielgruppe/die Trägerorganisation verfügt über ein Innovationspotential, um auf veränderte Umweltbedingungen flexibel und angemessen zu reagieren.

Abbildung 8.5: Dimension der Nachhaltigkeit auf Programmebene (STOCKMANN & MEYER 2014:106).

Mit der Übertragung der Einführung des neuen MINT-Wahlpflichtfaches „Geographie-Physik“ am GSA auf diesen Ansatz muss prinzipiell beachtet werden, dass das Wahlpflichtfach weiter besteht, jedoch die initiierten Kooperationsvereinbarungen im Kontext der Einführung des neuen MINT-Faches am GSA auf die Mindestdauer von jeweils zwei Schuljahren terminiert wurde, falls das Fach nicht dauerhaft in den Fächerkanon des GSA integriert werden kann. Da aktuell – im Schuljahr 2020/21 – bereits der 5. Wahljahrgang mit positiven Anmeldezahlen (vgl. Kapitel 9) stattfindet und sogar noch zwei zusätzliche Schüler durch einen Wahlpflichtfachwechsel aus der Informatik in den Wahljahrgang „Geographie-Physik“ integriert wurden, spricht zunächst einmal für eine programmorientierte und im weiteren Sinne auch für eine outputorientierte Dimension der Nachhaltigkeit, wobei – auch mit Blick auf schulentwicklungstheoretische Fragestellungen – weitere Wirkungen der Einführung des neuen MINT-Wahlpflichtfaches an der Beispielschule betrachtet werden müssen. Bis zum aktuellen Stand kann auf der outputorientierten Nachhaltigkeitsdimension ergänzt werden, dass auch andere Organisationen, wie beispielsweise das zdi-Netzwerk des Rhein-Sieg-Kreises, das neue MINT-Wahlpflichtfach für ihren Nutzen integrieren, ohne dass jedoch damit eine dauerhafte Umsetzung durch die Organisation an sich erfolgt, aber Diffusionsprozesse durch andere Gruppen bzw. Organisationen angeregt werden konnten. Ergänzend kann an dieser Stelle auch die Anfrage an die Umsetzung der Schulfachkonzipierung durch einen ehemaligen Mitarbeiter der AG Fernerkundung der Universität Bonn erwähnt werden, der im Zuge des Seiteneinstiegs in den Lehrerberuf das neue MINT-Wahlpflichtfachkonzept für die gymnasiale Sek. I im Bundesland Schleswig-Holstein übertragen möchte.

Auch wenn für die dritte Dimension der Nachhaltigkeit auf Programmebene im Verlauf des Zeitrahmens dieser Studie keine Ergebnisse eruiert werden können, die zu einer Veränderung des Bildungssystems geführt haben, bleibt anzumerken, dass die digitalen Unterrichtsmaterialien der universitären Projekte für den im Schuljahr 2019/20 und im aktuellen Schuljahr 2020/21 erforderlich werdenden Distanzunterricht ein innovationsorientiertes Potenzial – der vierten Dimension entsprechend – besitzen. Durch die notwendige Umstellung des Schulunterrichtes auf digitale Formen des Lehrens und Lernens, war die Unterrichtsvorbereitung für das Wahlpflichtfach aus der Lehrerperspektive mithilfe der digitalen Lernarrangements wesentlich leichter als in anderen Lerngruppen. Entsprechende Schülerevaluationen zur Handhabung im Distanzunterricht wurden zwar schon ansatzweise durchgeführt, konnten aber unter den grundsätzlich sich verändernden Bedingungen durch die eingeführte Kollaborationsplattform TEAMS von MICROSOFT im Verlauf des aktuellen Schuljahres am GSA noch nicht voll erfasst werden.

Aus Sicht der Schulentwicklung und mit Rückgriff auf das im vorherigen Kapitel erläuterte Drei-Wege-Modell von ROLFF (2007) kann die Wirksamkeit des neuen MINT-Wahlpflichtfachkonzepts zur Schulentwicklung nur dann als erfüllt betrachtet werden, wenn die Schule als Gesamtgefüge von einer Veränderung berührt wird (ROLFF 2007, HAUN 2008). Ausgehend von dieser Betrachtung, die in Anlehnung an den CEval-Ansatz von STOCKMANN (2014) mit der Erfassung von Nachhaltigkeit auf Programmebene verglichen werden kann, aber die Organisation Schule spezifischer als dynamisches System untersucht, werden nachfolgend die einhergehenden Wirkungen auf Schulentwicklungsebene am GSA im Verlauf der Zeitachsen deutlich.



Abbildung 8.6.1: Zeitachse der schulinternen und zielgruppenübergreifenden Wirkungen der Einführung des neuen MINT-Differenzierungsfaches „Geographie-Physik“ in Verbindung mit den universitären Kooperationen in Anlehnung an das Lebensverlaufsmodell des CEval-Ansatzes nach STOCKMANN (2014), eigener Entwurf.

Mithilfe der Abbildung 8.6.1 können schulinterne Entwicklungsprozesse, die in Verbindung mit der Einführung des neuen MINT-Wahlpflichtfaches und den Kooperationspartnern stehen, sichtbar werden. Durch die Einführung der ISS-AG am GSA zur Vorbereitung des im Schuljahr 2014/15 geplanten Schulevents des „Live-Calls“, wurde diese AG im Konzept des Ganztagsunterrichtes am GSA als AG Fernerkundung in der Planungsphase des neuen MINT-Wahlpflichtfaches neu eingerichtet. Als forschende Lehrkraft war es mir ein Anliegen, den „Astrotyp“ des vorausgehenden Schulevents am GSA für das im allgemeinen Schulunterricht nur rudimentär behandelte Thema der Fernerkundung sowie der bemannten Raumfahrt stärker in den Schulunterricht zu integrieren, was von der Schulleitung sehr begrüßt wurde. Neben der anfänglichen Erprobung der digitalen Unterrichtsmaterialien der universitären Projekte der AG Fernerkundung des GIUB, spezialisierte sich das einstündige AG-Unterrichtskonzept auf die Vorbereitung von Wettbewerben zur Luft- und Raumfahrt. Seit der Einführung der AG ab dem Schuljahr 2015/16 wurden zwei Projektarbeiten der Lerngruppe für das Finale im Deutschen Technikmuseum in Berlin im Rahmen des Schülerwettbewerbes „Ideenflug“ der Airbus-Group

zum Thema Luft- und Raumfahrt nominiert. Die Nominierung zum Finale beinhaltete jeweils eine dreitägige von der Airbus-Group gesponserte Reise nach Berlin mit einem für die Schüler vorbereiteten Programm – einschließlich Verpflegung und Unterkunft – sowie der einmaligen Möglichkeit, das Deutsche Technikmuseum in Berlin ohne Besuchsverkehr besichtigen zu können. Im Dezember 2016 wurde das selbst konstruierte Raketenmodul der fünfköpfigen Mädchengruppe einer Expertenjury im Deutschen Technikmuseum präsentiert. Im Schuljahr 2018/19 konnte sich eine andere fünfköpfige Lerngruppe, die sich aus vier Mädchen und einem Jungen zusammensetzte, erneut für das Finale des Schülerwettbewerbes „Ideenflug“ der Airbus-Group in Berlin mit dem konstruierten „Space-Recycle-Garbage“-Modell zur Beseitigung von Weltraumschrott nominieren. Dazu hatte die Lerngruppe im Vorfeld eine Schülerbefragung am GSA zur Abfrage über das vorhandene Wissen über die Problematik des Weltraumschrottes durchgeführt. Laut der Umfrageergebnisse war die Lerngruppe überrascht, dass nur etwas mehr als die Hälfte der befragten Schüler über die Problematik informiert war.

Leider wurde der Schülerwettbewerb der Airbus-Group im Schuljahr 2019/20 nicht mehr angeboten, sodass im entsprechenden Schuljahr die Schüler der AG, die sich fast jedes Schuljahr neu zusammensetzt, die Moon-Camp-Challenge der ESA aus dem vorhandenen Angebot der Homepage der kooperierenden Organisation ESERO auswählten. Dieser Wettbewerb sieht die 3D-Modellierung einer Mondstation vor, die mit der entsprechenden 3D-Software TINKERCAD vorgenommen werden kann. Die verschiedenen Tandemgruppen der AG kreierten teilweise sehr aufwendig konzipierten Mondstationen, die jedoch durch den „Schullockdown“ nicht fristgerecht eingereicht werden konnten. In Verbindung mit ESERO konnte stattdessen aber ein sogenannter „Inflight-Call“ mit dem entsprechenden Kommandanten der ISS, Luca Parmitano, mit den Schülern der AG vorbereitet werden, der – auch mit Blick auf die Organisationsentwicklung am GSA – in der Abbildung 8.7 weiterführend erläutert wird.

Die Schülergruppe der aktuellen – wieder durch eine erneute Schulschließung betroffene – AG hat sich auf die Erforschung der physikalischen Theorien zur Erforschung des Weltraumes spezialisiert und möchte den wissenschaftlichen Erkenntnissen des Astrophysikers STEPHEN HAWKING nachgehen.

Die Thematik Weltraum und bemannte Raumfahrt ist – wie die Arbeit in der AG der letzten Schuljahre deutlich gemacht hat – für viele Schüler der Sek. I ein spannendes Forschungsfeld, das jedoch grundsätzlich im Schulunterricht in NRW nur ansatzweise integriert wird. Aus diesem Grund wurde diese Thematik – in Verbindung mit den universitären Projekten – auch in die Unterrichtskonzeption des neuen MINT-Wahlpflichtfaches fest integriert. Die Einrichtung

der AG Fernerkundung mit einer Wochenstunde im Ganztagsunterricht ab dem Schuljahr 2015/16 beeinflusste nicht nur die Unterrichtsentwicklung am GSA durch gekoppelte Unterrichtsplanungen im neuen MINT-Differenzierungsfach „Geographie-Physik“, sondern erweiterte die Unterrichtsplanung – auch auf Organisationsebene durch die Schülerangebote der kooperativen Zusammenarbeit mit ESERO – um die feste Implementierung von Schülerwettbewerben zum Thema Luft- und Raumfahrt, was insgesamt den MINT-Bereich des GSA um eine zusätzliche Schwerpunktsetzung erweitern konnte.

Durch die Kooperationen mit den universitären Arbeitsgruppen konnten auf Organisationsebene weitere Synergieeffekte für Schulentwicklungsprozesse am GSA im Verlauf der letzten vier Schuljahre – das fünfte, aktuell laufende, Schuljahr integriert – erzielt werden, die sich als zielgruppenübergreifende Wirkungen darstellen. Durch eine durch die AG Fernerkundung des GIUB durchgeführte Veranstaltung zum Thema Erdbeobachtung im Rahmen der Vorlesungsreihe der Kinder-Uni Bonn, profitierten die Schüler der Erprobungsstufe des GSA durch die kooperative Zusammenarbeit. Im Gegenzug bot sich für eine Studentin des GIUB die Möglichkeit an, in Unterrichtshospitationen im neuen MINT-Wahlpflichtfach Schülerbefragungen für ihr Studienprojekt vornehmen zu können.

Die in jedem Schuljahr am GSA für Grundschüler angebotene „Schnupperunterrichtsstunde der kleinen Forscher“ im Schulfach Geographie, die den Einsatz von FIS-Lernmodulen für die Erprobungsstufe vorsieht, wurde im Schuljahr 2018/19 von einer Wissenschaftlerin und einem Wissenschaftler der universitären Projekte zum Thema Fernerkundung ausgerichtet. Durch die Ausrichtung der Veranstaltung für Grundschüler kann der inhaltliche Schwerpunkt im MINT-Bereich am GSA bereits an zukünftige Schüler und Eltern – auch im Sinne der Öffentlichkeitsarbeit einer Schule – präsentiert werden.

Die ab dem Schuljahr 2019/20 regelmäßig stattfindenden Orientierungsseminare der Fachdidaktik des GIUB am GSA bilden zudem für die Organisationsentwicklung des GSA mit Bezug zum Drei-Wege-Modell von ROLFF (2007) (s. Abb. 8.1) weitere Synergieeffekte auf Schulentwicklungsebene. Mit zwei thematisch unterschiedlich ausgerichteten Seminarveranstaltungen für Lehramtsstudierende des GIUB im Schuljahr 2019/20 wurde nicht nur die Einführung des neuen MINT-Wahlpflichtfaches „Geographie-Physik“ am Beispiel des GSA vorgestellt, sondern auch vor dem Hintergrund der ersten pandemiebedingten nationalen Schulschließungen digitale Veranstaltungen im Austausch mit Studierenden und Schülern des Leistungskurses im Schulfach Geographie vorgenommen. Die Lehramtsstudierenden erstellten für die in der Qualifikationsphase relevanten Themenbereiche in NRW Lernvideos, um eine zusätzliche digitale

Lernhilfe den Schülern anbieten zu können und zum Aufbau der Videos Rückmeldungen zu erfahren. Auch im Schuljahr 2020/21 konnte das Orientierungsseminar am GSA – in digitaler Form über das Videokonferenzsystem ZOOM – im Austausch mit Schülern der Leistungskurse Geographie und Lehramtsstudierenden stattfinden. Ein weiteres digitales Seminar ist für das aktuell laufende Schuljahr noch in Planung.

Die Einführung des neuen MINT-Schulfaches konnte im Rahmen der Kooperationsvereinbarung mit der AG Fernerkundung des GIUB und der damit einhergehenden Bekanntmachung am gleichnamigen Institut zielgruppenübergreifende Wirkungen ermöglichen, die wiederum Diffusionseffekte für das neue MINT-Wahlpflichtfach in Kombination mit den digitalen Lernarrangements der universitären Projekte möglich machen. Darüber hinaus erfahren die Schüler der Sek. II in den Leistungskursen Vorteile der Kooperationen, die sich nicht nur auf die Unterrichtsentwicklung im Schulfach Geographie am GSA auswirken, sondern auch generell eine wissenschaftspropädeutische Förderung bereithalten und auf Schulentwicklungsebene die Organisationsentwicklung am GSA durch eine weitere kooperative Zusammenarbeit profitiert. In der folgenden Abbildung 8.6.2 werden die ersten Ansätze dieser kooperativen Zusammenarbeit mit der Fachdidaktik des GIUB deutlich, die in Kombination mit der institutzugehörigen AG Fernerkundung und der angegliederten AG Geomatik der RUB für die Sek. II im Schulfach Geographie erfasst werden konnten.

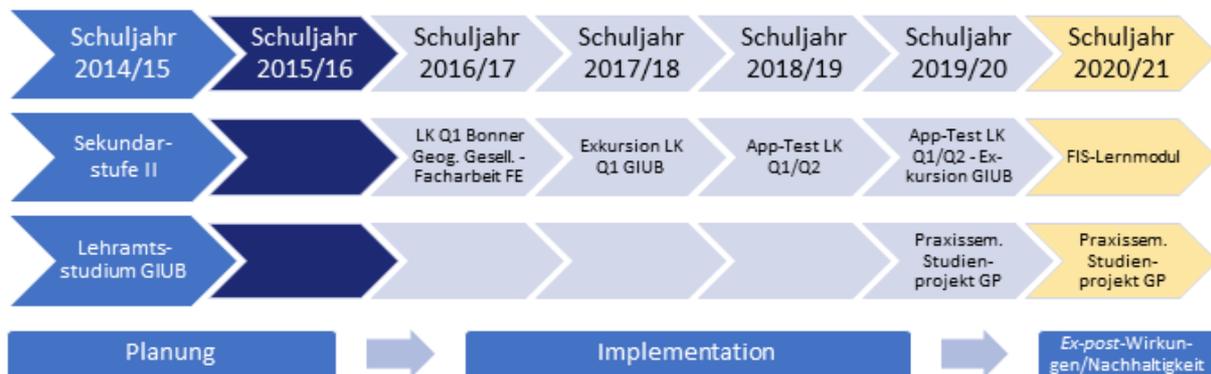


Abbildung 8.6.2: Zeitachse II der schulinternen und zielgruppenübergreifenden Wirkungen der Einführung des neuen MINT-Differenzierungsfaches „Geographie-Physik“ in Verbindung mit den universitären Kooperationen in Anlehnung an das Lebensverlaufsmo- dell des CEval-Ansatzes nach STOCKMANN (2014), eigener Entwurf.

Durch die Kooperationsvereinbarungen können neu entwickelte Lernapps für die Sek. II in den Leistungskursen am GSA getestet werden und Exkursionen zu den Vortragsreihen der Bonner Geographischen Gesellschaft durchgeführt werden. Zusätzlich ermöglichte die AG Fernerkundung der Universität Bonn auch Exkursionen in die Institutsbüros, um den Schülern eine pra-

xisnahe Vorstellung des wissenschaftlichen Arbeitens zu vermitteln und auch im Sinne einer Berufs- und Studienorientierung Möglichkeiten in der Fachwissenschaft Geographie aufzuzeigen. Dadurch wurde auch schon von dem Angebot Gebrauch gemacht, eine geographische Facharbeit zum Thema Fernerkundung mit der Beratung durch die forschende Arbeitsgruppe miteinzubinden.

Eine weitere zielgruppenübergreifende Wirkung konnte durch die Durchführung der Orientierungsseminare der Fachdidaktik Geographie erreicht werden, da – ausgelöst durch die Seminarveranstaltungen – bereits zwei Praxissemesterstudenten ihre Studienarbeit über das neue MINT-Wahlpflichtfach „Geographie-Physik“ am GSA absolviert haben. Durch die Eingliederung der fachdidaktischen Orientierungsseminare am GSA erhält die neue Generation der Geographielehrenden die Möglichkeit, das Schulfach Geographie in der Praxis in NRW zu erleben und praxisorientierte Handlungsmöglichkeiten für die Entwicklung eines neuen MINT-Wahlpflichtfaches kennenzulernen. Aus dieser Form der kooperativen Zusammenarbeit können neue Diffusionseffekte generiert werden.

Durch die Angliederung des ESERO-Büros an die kooperierende AG Geomatik der RUB im Verlauf der Implementationsphase des neuen MINT-Wahlpflichtfaches konnten zusätzliche und öffentlichkeitswirksame Veranstaltungen für Schüler und Lehrende des GSA angeboten werden, die in der folgenden Abbildung 8.7 erfasst werden.



Abbildung 8.7: Zeitachse der Zielgruppenerreichung mit zielgruppenübergreifenden Wirkungen der Einführung des neuen MINT-Wahlpflichtfaches „Geographie-Physik“ in Verbindung mit den universitären Kooperationen und in Anlehnung an das Lebensverlaufsmodell des CEval-Ansatzes nach STOCKMANN (2014), eigener Entwurf.

Die von ESERO im Hörsaal der RUB – anlässlich des 50. Jahrestages der ersten Mondlandung – ausgerichtete Veranstaltung bot den Schülern des neuen MINT-Differenzierungsfachs beider Jahrgangsstufen sowie der AG Fernerkundung des GSA die Möglichkeit, mit Professor Dr. Harald Lesch und der Astronautin Dr. Insa Thiele-Eich die wissenschaftlichen Erkenntnisse seit diesem bedeutenden Schritt für die Menschheit Revue passieren zu lassen und weiterfüh-

rende Informationen über die bemannte Raumfahrt der ersten deutschen Astronautin und ihrem Forschungsprojekt auf der ISS zu erfahren. Darüber hinaus konnte durch den von ESERO in Deutschland ausgerichteten sogenannten Inflight-Call mit dem entsprechenden Kommandanten der ISS, dem italienischen ESA-Astronauten Luca Parmitano, ein öffentlichkeitswirksames Event im Hörsaal der RUB durchgeführt werden, bei dem sich die Möglichkeit anbot, das GSA mit einer einführenden Präsentation des neuen MINT-Wahlpflichtfaches „Geographie-Physik“ für die Schulen in Deutschland zu vertreten. Dieser Inflight-Call wurde digital für Schulen mit jeweils vier teilnehmenden Lehrkräften in Deutschland, Spanien und Italien parallel durchgeführt. Die für den Inflight-Call vorzubereitenden Schülerfragen wurden im Vorfeld mit der Lerngruppe der AG Fernerkundung am GSA ausgearbeitet. Leider wurde das ESERO-Event in der ersten Woche der Herbstferien im Schuljahr 2019/20 angeboten, sodass eine verbindliche Deklaration als Schulevent in den Ferien und damit eine Fahrtorganisation nicht vorgenommen werden konnte und der Besuch der RUB lediglich als freiwilliges Angebot wahrgenommen werden konnte. Nichtsdestotrotz reisten ehemalige Schüler der Sek. II des GSA zu diesem Ereignis an die RUB.

Durch die Einbindung der ESERO-Veranstaltungen erweitert sich das Angebot im MINT-Bereich des GSA und neben dem Nutzen der Zielgruppe können zielgruppenübergreifende Wirkungen, wie durch den Inflight-Call, bereits nach kurzer Zeit festgestellt werden.

Anhand der dargestellten Zeitachsen in Anlehnung an den CEval-Ansatz von STOCKMANN (2014) wird deutlich sichtbar, dass das Gesamtgefüge des GSA durch die Einführung des neuen MINT-Wahlpflichtfaches „Geographie-Physik“ in Kombination mit den kooperierenden Organisationen beeinflusst wurde, da nicht nur zielgruppenorientierte, sondern auch zielgruppenübergreifende Wirkungen erreicht werden konnten, die gemäß des Drei-Wege-Modells von ROLFF (2007) für die Unterrichtsentwicklung, Organisationsentwicklung sowie Personalentwicklung am GSA Synergieeffekte generiert haben. Insbesondere die Auswirkungen im MINT-Bereich sind im Verlauf der Schuljahre nach der Einführung des neuen MINT-Wahlpflichtfaches am GSA sichtbar. An dieser Stelle muss hinzugefügt werden, dass die im Rahmen der Kooperationsvereinbarungen fest integrierten Präsentationen der universitären Partner am Tag der offenen Tür der Schule an einem in der Pausenhalle eingerichteten Informationsstand seit der Wahlpflichtfachinitiierung stattgefunden haben, die entsprechende Außenwirkungen hinsichtlich der Öffentlichkeitsarbeit des GSA beinhalteten. Zudem erfolgten regelmäßige Lehrerfortbildungen zum Einsatz der digitalen Lernarrangements in den Fachschaften Geogra-

phie und Physik, was für die Personalentwicklung im MINT-Bereich am GSA laut ROLFF (2007) (vgl. dazu Abb. 8.1) entsprechende Effekte ermöglichte.

In der folgenden Abbildung 8.8 werden alle erläuterten Synergieeffekte der Einführung des neuen MINT-Wahlpflichtfaches „Geographie-Physik“ am GSA auf der Organisationsebene der Institution Schule deutlich.



Abbildung 8.8: Zeitachse der nachhaltig programmorientierten Wirkungen im Politikfeld Schule am Beispiel des GSA in Anlehnung an das Lebensverlaufsmodell des CEval-Ansatzes nach STOCKMANN (2014), eigener Entwurf.

Durch die Zeitachse (s. Abb. 8.8) werden die Veränderungen des Gesamtgebildes Schule durch die schulpraktische Umsetzung des neuen MINT-Schulfachkonzeptes in Kombination mit den universitären Partnern konkret sichtbar. Das im initiierenden Schuljahr 2015/16 vorliegende Schulprogramm und Schulprofil des GSA konnte keine Profilauszeichnung im MINT-Bereich vorweisen. Im Verlauf der Schuljahre konnten in entsprechenden Steuerfachgruppen am GSA, der Medien- und der MINT-Fachgruppe, die Erkenntnisse der Forschungsarbeit für Schulentwicklungsprozesse geteilt werden, was auf Schulentwicklungsebene im MINT-Bereich am GSA positive Wirkungen erzielen konnte. Bei einem Überblick über die bereits stattgefundenen MINT-Aktivitäten an der Fallschule konnte innerhalb der MINT-Entwicklungsgruppe am GSA der standardisierte MINT-Kriterienkatalog der Bildungsinitiative „MINT Zukunft schaffen!“ mit Sitz in Berlin zur Zertifizierung der Schulauszeichnung „MINT-freundliche Schule“, die unter der Schirmherrschaft der KMK steht (MINT ZUKUNFT e.V. 2020), gemeinsam zusammengetragen werden. Die Bildungsinitiative erhofft, dass durch die landesweit mögliche Ehrung von Schulen – anhand eines standardisierten MINT-Kriterienkatalogs für den MINT-Bereich – die MINT-Schulfächer auf nationaler Ebene gestärkt werden können, um einen Beitrag zur Erhöhung des Anteils der MINT-Studiengänge – insbesondere der Anteil der Frauen – zu leisten (MINT ZUKUNFT e.V. 2020). Die erste Bewerbung des GSA konnte mit der erfolgreichen Auszeichnung „MINT-freundliche Schule“ im Schuljahr 2018/19 bestätigt werden. Im darauffolgenden Schuljahr konnte die ergänzende Zusatzauszeichnung „Digitale Schule“ der gleichnamigen Bildungsinitiative – unter der Schirmherrschaft der Staatsministerin für Digita-

les – (MINT ZUKUNFT e.V. 2020) für das GSA erworben werden. Im aktuell laufenden Schuljahr muss das Zertifikat „MINT-freundliche Schule“ in Anlehnung an den standardisierten MINT-Kriterienkatalog rezertifiziert werden. Die vorbereitenden Zusammenstellungen der letzten MINT-Aktivitäten am GSA erfolgten in der MINT-Fachgruppe am GSA zu Beginn des aktuell laufenden Schuljahres.

Festzuhalten bleibt, dass durch die praktische Erprobung des neuen MINT-Wahlpflichtfachkonzeptes in Kooperation mit den universitären Partnern der MINT-Bereich des GSA gestärkt wurde und die damit einhergehenden Effekte das Gesamtgebilde GSA nachhaltig beeinflusst haben. Aus diesem Grund kann im Sinne von ROLFF (2007) von einem erfolgreichen Schulentwicklungsprozess am GSA durch die Einführung des neuen MINT-Wahlpflichtfaches „Geographie-Physik“ gesprochen werden.

Ein weiterer – jedoch aufgrund der Datenlage noch nicht ausreichend evaluierter – Zusatzeffekt am GSA ist die im Schuljahr 2019/20 vorgenommene Einbindung der Begabtenförderung am GSA in die Aktivitäten des Wahlpflichtfaches „Geographie-Physik“. Die sich daraus möglicherweise ergebenden Effekte aus der Perspektive der Schulentwicklung stehen noch aus.

Um abschließend alle Wirkungsfelder – auf Schulentwicklungsebene nach ROLFF (2007) sowie auf konkreter Programmebene nach STOCKMANN (2014) und Schulqualitätsebene nach DITTON (2010) – bewerten zu können, erfolgt im folgenden Kapitel 9 die Zusammenführung der qualitativen Ergebnisse mit den quantitativ erhobenen Daten des an die Einführung des neuen MINT-Wahlpflichtfaches „Geographie-Physik“ an der Fallschule aufbauenden analytischen Forschungsparts nach genderspezifischer Interessen und Motivationen im neuen MINT-Unterrichtskonzept.

**IV ERGEBNISSE DER IMPLEMENTIERUNG VON FERNERKUNDUNG
DURCH DAS NEUE MINT-WAHLPFLICHTFACH „GEOGRAPHIE-
PHYSIK“ AM GSA**

9 Ergebnisse der empirischen Studie

In diesem Kapitel werden gemäß des *Mixed-Methods*-Designs die qualitativen Forschungsergebnisse der Praxiserprobung mit den quantitativ erhobenen und deskriptiv- und inferenzstatistischen Ergebnissen kombiniert, um ein umfassendes Gesamtbild der verschiedenen Auswirkungen des Implementationsprozesses des neuen MINT-Wahlpflichtfaches am GSA und der damit verbundenen Forschungsfragen erhalten zu können und aus den kombinierten Erkenntnissen ein lösungsorientiertes fernerkundungsdidaktisches Unterrichts- und Schulfachkonzept ableiten zu können. Demnach wird auf der Grundlage des explorativen Forschungsvorhabens, ein praxisorientiertes Unterrichts- und Schulfachkonzept zur nachhaltigen Integration des Themas Fernerkundung in den Schulunterricht der Sek. I in NRW zu entwickeln, im weiteren Schritt die Ergebnisse genderspezifischer Effekte durch die aktive Auseinandersetzung mit Satellitenbilddaten in den Studien von DITTER (2014) und DITTER & SIEGMUND (2016) im Unterricht des neuen MINT-Faches hypothesenüberprüfend untersucht, um daraus fernerkundungsdidaktische Schlussfolgerungen in Verbindung mit der Implementierung des neuen MINT-Wahlpflichtfaches in der Sek. I in NRW ableiten zu können.

9.1 Überprüfung der Forschungsfragen

In den folgenden Teilkapiteln werden unter Bezugnahme des dargestellten *Mixed-Methods*-Designs die Ergebnisse der praktischen Erprobung des neuen MINT-Wahlpflichtfaches im Schulunterricht der Sek. I am GSA nach vier vollständig abgeschlossenen Schuljahren und entsprechenden Datenerhebungen mit den eingangs gestellten Forschungsfragen überprüft.

Bei der Überprüfung der Forschungsfragen werden ebenfalls die im Rahmen der Triangulation mit der AG Geomatik der RUB erhobenen Ergebnisse der formativen Evaluation des neuen MINT-Wahlpflichtfachkonzeptes mit einbezogen, die im Verlauf dieser Studie gemeinsam publiziert wurden und den Verlauf des Implementationsprozesses der Schulfachinnovation zur nachhaltigen Integration des Themas Fernerkundung in der Sek. I in NRW für eine summative bzw. abschließende Evaluation komplettieren.

9.1.1 Formale Rahmenbedingungen von Gymnasien in NRW

Die initiale Fragestellung, die sich ausgehend von persönlichen Praxiserfahrungen der Autorin im Schulfach Geographie in NRW und der entsprechenden Untersuchung des aktuellen For-

schungsstandes der Fernerkundungsdidaktik stellte, bildete den Ausgangspunkt dieses explorativen – auf den Grundlagen der Aktionsforschung aufbauenden – Forschungsvorhabens.

Durch bereits vorangehende Untersuchungen in der Schulpraxis in NRW zum Einsatz der digitalen Lernarrangements zum Thema Fernerkundung des universitären Projektes FIS konnte in Verbindung mit dem daran anknüpfenden Folgeprojekt Columbus Eye eine Basis an vorhandenen – thematisch passenden – Unterrichtsmaterialien zur Fernerkundung vorausgesetzt werden, um nach weiterführenden Einbindungsmöglichkeiten in der Schulpraxis zu forschen.

Vor diesem Hintergrund wurde der folgenden Fragestellung in dieser Arbeit nachgegangen.

Fragestellung 1:

Welche Möglichkeiten haben Gymnasien in NRW, das Thema Fernerkundung im Rahmen eines neuen MINT-Schulfaches zu implementieren?

Ausgehend von dieser initiierenden Forschungsfrage war es notwendig, folgenden Fragenstellungen mit einzubeziehen, um einen umfassenden Einblick über konkrete Realisierungsmöglichkeiten in der Schulpraxis in NRW zu erhalten.

Fragestellung 1.1:

Welche Unterrichtsthemen können – mit Berücksichtigung der Kernlehrpläne – durch Fernerkundung erfasst werden?

Fragestellung 1.2:

Welche schulformalistischen Vorgaben müssen bei der Entwicklung eines neuen MINT-Schulfaches – hier am Beispiel des MINT-Differenzierungsfaches „Geographie-Physik – berücksichtigt werden?

Fragestellung 1.3:

Welche schulischen und technischen Voraussetzungen müssen bei der Implementierung eines neuen MINT-Schulfaches zum Thema Fernerkundung im Differenzierungsbereich der Sekundarstufe I berücksichtigt werden?

Auf den Grundlagen der in diesem Forschungsprojekt entwickelten neuen MINT-Schulfachkonzeption „Geographie-Physik“ für den Wahlpflichtbereich der Sek. I in NRW an der Beispielschule kann nach Ablauf von vier vollständigen Schuljahren – unter Bezugnahme des angewendeten Evaluierungskonzeptes – die eingangs formulierte Frage nach insgesamt sechsjähriger Forschungsarbeit beantwortet werden.

Fragestellung 1:

Welche Möglichkeiten haben Gymnasien in NRW das Thema Fernerkundung im Rahmen eines neuen MINT-Schulfaches zu implementieren?

Grundsätzlich haben Gymnasien in NRW auf schuljuristischer Grundlage die Möglichkeit, das Thema Fernerkundung durch die Entwicklung eines fächerübergreifenden Wahlpflichtfachkonzeptes mit den Schulfächern Geographie und Physik in der Sek. I zu integrieren. Die rechtlichen Voraussetzungen wurden in diesem Forschungsvorhaben durch das Schulgesetz und die BASS NRW geprüft und beziehen sich durch den Forschungszeitraum auf den gymnasialen Bildungsgang nach acht Schuljahren (G8). Gleichwohl kann das entwickelte MINT-Wahlpflichtfachkonzept auch für den gymnasialen Bildungsgang nach neun Schuljahren (G9) im Differenzierungsbereich der Sek. I umgesetzt werden. In diesem Fall müssen jedoch die leicht modifizierten Vorgaben der Kerncurricula der Schulfächer Geographie und Physik in NRW beachtet werden. Durch ein erstmaliges Aussetzen der Wahlpflichtfachwahl in diesem Schuljahr 2020/21 an allen Gymnasien in NRW – bedingt durch den Wechsel von G8 zu G9 – wird das im Rahmen dieser Studie entwickelte MINT-Wahlpflichtfachkonzept an die Modifikationen der neuen Kerncurricula Geographie und Physik bis zum Ende dieses Schuljahres angepasst, um im folgenden Schuljahr für die nächste Differenzierungsfachwahl – in diesem Fall in der Jahrgangsstufe 8 – ein angepasstes Curriculum vorweisen zu können. Das erarbeitete Wahlpflichtfachkonzept läuft für die aktuelle Jahrgangsstufe 8 noch bis einschließlich zum Ende des Schuljahres 2021/22. Die Modifikationen in den jeweiligen Kernlehrplänen sind nach bereits erfolgter Durchsicht nicht so bedeutend, da sich die Inhaltsfelder in der Grundstruktur beider Schulfächer nicht verändern, aber zusätzliche Inhaltsfelder – auch unter Einbezug des fortschreitenden gesellschaftlichen Digitalisierungsprozesses – durch die einjährige Verlängerung der Sek. I in NRW hinzugefügt werden. In diesen Kontext fällt die Erweiterung des Inhaltsfeldes im Schulfach Erdkunde um den inhaltlichen Baustein von „Wetter und Klima“ (MSB NRW 2019b:15), der im vorangehenden Kerncurriculum im Zusammenhang mit den Inhaltsfeldern der „naturbedingte[n] und anthropogene[n] bedingte Gefährdung von Lebensräumen“ (MSW NRW

2007:30) thematisch eingeschränkt zusammenfiel. Somit ist für die inhaltliche Modifikation im Teilbereich Geographie der Schulfachkonzeption darauf zu achten, dass das Inhaltsfeld der klimageographischen Fragestellungen für die Jahrgangsstufe 9 nach G8 – um gravierende inhaltliche Überschneidungen zu vermeiden – im Sinne des Spiralcurriculums (RICHTER 1997) und unter Einbezug der Fernerkundung für die Jahrgangsstufe 10 auszuarbeiten ist. Für den Teilbereich Physik ist ähnlich vorzugehen, da das Inhaltsfeld „Sterne und Weltall“ (MSB NRW 2019c:17) als neuer inhaltlicher Themenbereich in die Sek. I gemäß G9 hinzugefügt wurde. Auch wenn die schuljuristischen Vorgaben für die Konzipierung von Wahlpflichtfächern in Form von Fächerkombinationen in NRW ein inhaltliches Vorgehen auf Themen der parallel laufenden Inhaltsfelder der jeweils kombinierten Schulfächer vermeiden möchten, kann eine inhaltliche Vertiefung durch die Einbindung der Thematik Fernerkundung und Raumfahrt im weiteren Sinne legitimiert werden. Vor dem Hintergrund der Wochenstundenzahlverkürzung im Schulfach Erdkunde durch die Umstellung auf den gymnasialen Bildungsgang nach neun Schuljahren, ist die inhaltliche Erweiterung des Kernlehrplans angesichts der zur Verfügung stehenden Wochenstunden ohnehin schon für die Umsetzung in der Schulpraxis zeitlich knapp bemessen konzipiert. Aus diesem Grund kann eine inhaltliche Vertiefung klimageographischer Fragestellungen im Zusammenhang mit dem Themenkomplex Fernerkundung – ohne einen thematischen Vorweggriff des regulären Fachunterrichtes – problemlos in das Curriculum des neuen MINT-Wahlpflichtfaches eingebunden werden. Im Teilbereich Physik kann dahingegen das neu integrierte Inhaltsfeld zum Thema „Sterne und Weltall“ (MSW NRW 2019c:17) mit den zukünftigen Möglichkeiten der bemannten Raumfahrt sowie den damit verbundenen physikalischen und geophysikalischen Fragestellungen zum „Terraforming“ bzw. zur Umwandlung von Planeten in erdähnliche, bewohnbare Himmelskörper, wie am Beispiel des Planeten Mars (GAST 2018), fächerübergreifend vertieft und erweitert werden. Bei den inhaltlichen Modifikationen beider Teilbereiche ist allerdings zu berücksichtigen, dass der Wahlpflichtbereich nach G9 in die Jahrgangsstufen 9 und 10 fällt, sodass auch bei der Anpassung des Curriculums auf die entsprechende Anhebung der inhaltlich-methodischen Komplexität durch die Altersstufe zu achten ist.

Abschließend kann festgehalten werden, dass die Entwicklung eines neuen Schulfaches gemäß der schuljuristischen Ausgangslage in NRW lediglich im Wahlpflichtbereich der Sek. I unter den in der BASS (MSB NRW 2019a) angegebenen inhaltlichen Schwerpunkten möglich ist, während eine Schulfachkonzeption außerhalb des Differenzierungsbereiches sowie in der Sek. II nach den entsprechenden Vorgaben nicht vorgesehen ist. Alternativ kann in der Sek. II in NRW das Thema Fernerkundung in einem – ähnlich wie in der Sek. I – ebenfalls fakultativen

Projektkurs umgesetzt werden, sofern die zahlenmäßige Anwahl in ausreichender Form vorliegt. In Zukunft wird die Möglichkeit der Einrichtung eines entsprechenden Projektkurses in der Sek. II ins Auge gefasst, um – aufbauend auf den Grundlagen der Sek. I – die Inhalte des neuen MINT-Wahlpflichtfaches in der Oberstufe vertiefend aufnehmen zu können. Auf Schulentwicklungsebene könnte das MINT-Profil der Schule in der Sek. II durch die Einführung eines Projektkurses – möglicherweise auch unter Einbindung in die Begabtenförderung des GSA – weiter ausgebaut und eine stetige Verankerung des Themas Fernerkundung in der Sek. II ermöglicht werden.

Mit erneutem Rückgriff auf die schulpjuristischen Rahmenbedingungen für eine mögliche Integration des Themas Fernerkundung in den Schulunterricht der Sek. I in NRW können neben dem in dieser Arbeit entwickelten MINT-Schulfachkonzept „Geographie-Physik“ prinzipiell auch Fächerkombinationen mit den anderen MINT-Schulfächern, wie beispielsweise der Informatik oder der Mathematik, gebildet werden. Dennoch bildet die Fächerkombination „Geographie-Physik“ durch die wesentliche Einbindung der physikalischen Grundlagen der Fernerkundung eine optimale Fächerkombination, um auch fächerübergreifende und fächerverbindende Inhalte der Geographie und der Physik unter dem Gesamtkomplex der Fernerkundung und Erdbeobachtung zu verbinden.

Fragestellung 1.1:

Welche Unterrichtsthemen können – mit Berücksichtigung der Kernlehrpläne – durch Fernerkundung erfasst werden?

In Anlehnung an die vorangehend beschriebenen Möglichkeiten der fächerübergreifenden und fächerverbindenden Inhaltsfelder der MINT-Fächerkombination „Geographie-Physik“ in Verbindung mit dem Themenkomplex Fernerkundung (vgl. dazu auch Kapitel 7.1) und der erforderlich werdenden Anpassungen an die Kernlehrpläne der Fächer Erdkunde und Physik gemäß G9 in NRW ab dem Schuljahr 2020/21 wurden in diesem Schulfachkonzept die physiogeographischen Themenbereiche, wie beispielsweise der fest eingebettete Baustein der „naturbedingte[n] und anthropogene[n] bedingten Gefährdung von Lebensräumen“ (MSW NRW 2007:30) nicht nur mit der Anwendung von Fernerkundungsmethoden, wie der Veränderungsanalyse bzw. *Change Detection*, verbunden, sondern auch die Perspektive des Schulfaches Physik mit integriert. Durch den Themenkomplex Fernerkundung sollen schließlich nicht nur überfachliche, komplexe Zusammenhänge durch die Kombination der Schulfächer Geographie und

Physik erschlossen werden, sondern auch gemeinsame Themen, wie beispielsweise die Geophysik oder die Klimatologie, aus fachspezifischen Blickwinkeln untersucht werden. Zur Beantwortung der Forschungsfrage – unabhängig von der neuen MINT-Schulfachkonzeption „Geographie-Physik“ – können grundsätzlich alle physiogeographischen wie anthropogenen Inhaltsfelder des Kernlehrplans Erdkunde in NRW nach G8 sowie nach G9 in anwendungsbezogenen Fragestellungen mit Fernerkundungsmethoden verbunden werden, wie auch das in den letzten Jahren aufgebaute breite Spektrum an digitalen Unterrichtsmaterialien für die Geographie des Projektes FIS deutlich macht. Durch die im Kerncurriculum des Schulfaches Erdkunde in NRW nach G8 festgestellte Unterrepräsentation physiogeographischer Themengebiete stand für die Entwicklung eines neuen MINT-Wahlpflichtfaches zur nachhaltigen Integration des Themas Fernerkundung nicht nur die Aufwertung der Physischen Geographie in der Schulgeographie in NRW im Fokus, sondern auch das Verständnis des Schulfaches Erdkunde, das durch die physiogeographischen bzw. geowissenschaftlichen Themenbereichen auch zu den MINT-Fächern gezählt werden kann und damit einen wichtigen Beitrag zur naturwissenschaftlichen (Grund-)Bildung, der „*Scientific Literacy*“ (OECD 2007, OTTO 2015), leistet. Neben der Vermittlung von naturwissenschaftlichem Fachwissen durch das Schulfach Geographie leistet das Fach auch durch spezifische methodische Fähigkeiten und Fertigkeiten im naturwissenschaftlichen Bereich einen großen Beitrag zur „*Scientific Literacy*“ (OTTO 2015), wie am Beispiel der Fernerkundung und ihren Methoden deutlich werden kann.

Das entwickelte – offen – gestaltete Curriculum kann dem Anhang dieser Arbeit (s. Anhang C) entnommen werden, um alle, an die entsprechenden Kernlehrpläne angelehnte Themenbereiche der Jahrgangsstufen 8 und 9 gemäß G8 einzusehen.

Mit Rückgriff auf das im Forschungsvorhaben entwickelte MINT-Schulfachkonzept zur Einbindung des Themenkomplexes Fernerkundung bleibt festzuhalten, dass das Thema auf anwendungsbezogener Ebene für geographisch relevante Fragestellungen erarbeitet werden kann, während die Grundlagen der Fernerkundung, wie beispielsweise das elektromagnetische Spektrum, aus der Perspektive der Physik betrachtet werden können. Eine fächerübergreifende Konzipierung mit diesem Themenkomplex lässt sich mithilfe der Kernlehrpläne der entsprechenden Schulfächer in NRW – nach G8 wie G9 – gestalten, ohne dass inhaltliche Kollisionen mit dem Fachunterricht erfolgen. Die inhaltliche Vertiefung von bereits erarbeiteten Inhaltsfeldern des Fachunterrichtes kann ferner durch den Themenkomplex Fernerkundung im Sinne des Spiralcurriculums (RICHTER 1997) legitimiert werden.

Fragestellung 1.2:

Welche schulformalistischen Vorgaben müssen bei der Entwicklung eines neuen MINT-Schulfaches – hier am Beispiel des MINT-Differenzierungsfaches „Geographie-Physik – berücksichtigt werden?

Bei der Einführung eines neuen Wahlpflichtfaches im Differenzierungsbereich der Sek. I in NRW müssen generell mehrere aufeinanderfolgende Entwicklungsschritte für eine erfolgreiche Umsetzung in der Praxis berücksichtigt werden.

In der in Kapitel 7 erläuterten Abbildung 7.1 wird die hierarchische Abfolge der Schulgremien in NRW – aufbauend auf dem Schulgesetz und der „Bereinigten Amtlichen Sammlung der Schulvorschriften in NRW“ (BASS NRW) – zusammengefasst, die einer Implementierung des neuen MINT-Wahlpflichtfaches „Geographie-Physik“ im Schulunterricht der Sek. I zustimmen müssen.

Wie bereits in Kapitel 7.2 ausführlich dargestellt, ermöglichen die schuljuristischen Vorgaben in NRW, Fächer oder Fächerkombinationen im mathematisch-naturwissenschaftlich-technischen Schwerpunkt im Differenzierungsbereich der Sek. I anzubieten (MSB NRW 2012/2019). Durch diese Rahmenvorgabe, die für den gymnasialen Bildungsgang nach acht (G8) sowie nach neun Schuljahren (G9) gilt, ist es möglich, ein neues MINT-Schulfach, das durch das Thema Fernerkundung interdisziplinär angelegt sein soll, als mathematisch-naturwissenschaftlich-technische Fächerkombination mit den Teilbereichen Geographie und Physik im Wahlpflichtbereich der Sek. I an Gymnasien in NRW grundsätzlich einzuführen.

Die in der BASS NRW beigefügte Studentafel des achtjährigen Bildungsgangs (G8) konkretisiert, dass der Wahlpflichtunterricht in den Klassen 8 und 9 stattfinden muss. Dabei soll die dritte Fremdsprache in den Jahrgangsstufen 8 und 9 mit mindestens drei Wochenstunden unterrichtet werden, während andere Fächer oder fachübergreifende Angebote jeweils mit mindestens zwei Wochenstunden angeboten werden sollen (MSB NRW 2012/2019). Dementsprechend kann die Einführung eines neuen MINT-Wahlpflichtfaches mit mindestens zwei Wochenstunden erfolgen, wenn die Schule, an der das Fach eingerichtet werden soll, nicht noch eine entsprechende Ergänzungsstunde für den Wahlpflichtbereich vorsieht. Durch die offizielle Akkreditierung der Kooperationen mit den universitären Arbeitsgruppen in Verbindung mit der Einführung des neuen MINT-Wahlpflichtfaches „Geographie-Physik“ am GSA wurde eine zusätzliche Ergänzungsstunde durch die Schulleitung ermöglicht, wodurch das neue Differenzie-

rungsfach mit insgesamt drei Wochenstunden unterrichtet werden kann. Für die ab dem Schuljahr 2021/22 aufsteigende Mittelstufe nach G9 in NRW gelten für die Einführung eines neuen Wahlpflichtfaches dieselben Schwerpunktsetzungen und Fächerkombinationen, sodass der inhaltliche Aufbau des MINT-Differenzierungsfaches „Geographie-Physik“ für diesen Bildungsgang fortgeführt werden kann. Modifiziert wurden nach G9 indessen die Erhöhung der Altersstufen im Wahlpflichtbereich auf die Jahrgangsstufen 9 und 10 sowie eine allgemeine Stundenerhöhung des regulären Wahlpflichtunterrichtes auf drei Wochenstunden, wobei die dritte Fremdsprache eine zusätzliche Ergänzungsstunde erhalten muss (MSB NRW 2012/2019). Auf dieser Grundlage kann das Differenzierungsfach „Geographie-Physik“ auch weiterhin mit drei Wochenstunden – wenn die Schule keine weitere Ergänzungsstunde für den MINT-Schwerpunkt vorsieht – nach G9 unterrichtet werden.

Allerdings müssen laut dem Schulgesetz für das Land NRW (SchulG NRW Absatz 2), schulinterne Mitwirkungsorgane, die auf Schulebene Unterrichtsentwicklungen mitbestimmen, in hierarchischer Form berücksichtigt werden. Beginnend mit der Konzipierung eines neuen Wahlpflichtfaches berät initiiierend die jeweilige Fachkonferenz über alle das Fach oder die Fachrichtung betreffenden Angelegenheiten, einschließlich der Zusammenarbeit mit anderen Fächern (MSB NRW 2005/2020). Das bedeutet für die Entwicklung eines neuen Wahlpflichtfaches, dass alle Lehrkräfte einer Fachschaft die Entwicklung eines neuen Schulfaches im Differenzierungsbereich befürworten und die fachliche Arbeit dazu – im besten Fall – unterstützen müssen. Mindestens einmal im Schuljahr muss eine Fachkonferenz mit mindestens einem Vertreter der Eltern- sowie der Schülerschaft zusammenkommen, um entsprechende Entscheidungen hinsichtlich der fachlichen Arbeit mehrheitlich beschließen zu können (MSB NRW 2005/2020). Bei einer Initiierung eines fächerübergreifenden Wahlpflichtfaches müssen entsprechend alle beteiligten fachspezifischen Fachschaften – in diesem Fall der Geographie und der Physik – der Einführung des neuen Wahlpflichtfaches zustimmen, um einen entsprechenden schriftlichen Antrag an das nächsthöhere Schulgremium, der Lehrerkonferenz, zu stellen.

Die Lehrerkonferenz, der alle Lehrkräfte einer Schule angehören, berät grundsätzlich über alle wichtigen Angelegenheiten einer Schule und kann Anträge an das oberste Schulgremium, die Schulkonferenz, weiterleiten. Als höchstes schulisches Mitwirkungsorgan, das sich aus den Vertreterinnen und Vertretern der Lehrkräfte, Eltern sowie der Schüler und der Schulleitung zusammensetzt, müssen Maßnahmen der Qualitätsentwicklung und Qualitätssicherung sowie des Abschlusses von Vereinbarungen über Kooperationen von Schulen genehmigt werden (MSB 2005/2020). Wenn – in hierarchischer Abfolge – alle Schulgremien der Einführung eines

Wahlpflichtfaches zugestimmt haben, kann das neue Wahlpflichtfach in den Schulfachkanon des Differenzierungsbereiches eines Gymnasiums in der Sek. I in NRW aufgenommen werden. Auch wenn in diesem explorativen Forschungsschritt die schuljuristischen Schritte im Kontext der Einführung des neuen MINT-Differenzierungsfaches „Geographie-Physik“ beschrieben wurden, gelten die beschriebenen Verordnungen für den Differenzierungsbereich der Sek. I in NRW für alle neu entwickelten Wahlpflichtfächer in den entsprechenden Fächerkombinationen.

Festzuhalten bleibt, dass eine fächerübergreifende Kombination der Schulfächer Geographie und Physik im Differenzierungsbereich der Sek. I in NRW gemäß den schulischen Vorgaben möglich ist. Grundsätzlich kann die Einführung eines neuen Schulfaches lediglich im Wahlpflichtbereich in Anlehnung an die Schulfachvorgaben im Schulunterricht der Sek. I in NRW erfolgen, wenn alle mittelbar und unmittelbar Beteiligten einer Schule der Einführung in den Schulunterricht zustimmen.

Fragestellung 1.3:

Welche schulischen und technischen Voraussetzungen müssen bei der Implementierung eines neuen MINT-Schulfaches zum Thema Fernerkundung im Differenzierungsbereich der Sekundarstufe I berücksichtigt werden?

Mit Blick auf die in dieser Arbeit untersuchten mediendidaktischen und lerntheoretischen Grundlagen zum Einsatz der digitalen Lernarrangements der universitären Projekte FIS, Columbus Eye und KEPLER ISS in Kombination mit digitalen Geomedien bleibt für die neue MINT-Wahlpflichtfach- und MINT-Unterrichtskonzeption „Geographie-Physik“ festzuhalten, dass eine ausgewogene Mischung digitaler und klassischer Medien mit entsprechenden Lehr- und Sozialformen über die Dauer von zwei Schuljahren den größtmöglichen Lerneffekt erzielen kann – was quantitativ in Kapitel 9.3 dargestellt werden kann – und dabei die Anforderungen der KMK (2009) zur Förderung der mathematisch-naturwissenschaftlich-technischen Bildung durch das fächerübergreifende Unterrichtskonzept erfüllt, während gleichzeitig durch den Einsatz fächerübergreifender digitaler Lernmedien die erforderlichen Medienkompetenzen der Schüler im Sinne der „Bildung in der digitalen Welt“ (KMK 2016) angebahnt werden können. Unter Berücksichtigung des „magischen Vierecks mediendidaktischer Innovation“ von KERRES (2001) (vgl. dazu Abb. 5.1) muss der Implementationsprozess des Schulfachkonzeptes mit den im Viereck relevanten schulinternen Elementen stetig evaluiert werden, um eine nachhaltige Integration in den Schulunterricht erreichen zu können. Insbesondere für die Einführung alter-

nativer Lernformen wie die in diesem MINT-Wahlpflichtunterrichtskonzept integrierte handlungsorientierte, konstruktivistische Herangehensweise empfiehlt KERRES (2004) diese Medienstrategie. Die Einführung neuer Formen des Lernens „[...] hat grundsätzlich immer weitreichende Implikationen für die betroffenen Individuen und Organisationen, sie bedeuten letztlich eine Re-Organisation des Umgangs mit Wissen in einer Organisation. Es ist folglich zu fragen, welche Voraussetzungen diese Prozesse begünstigen und wo diese Veränderungsprozesse ansetzen können“ (KERRES 2004:8). Um eine mediendidaktische Innovation – hier am Beispiel des neuen MINT-Wahlpflichtfachkonzeptes „Geographie-Physik“ in Kombination mit den digitalen Unterrichtsmaterialien der universitären Projekte – erzielen zu können, müssen nach KERRES (2001) die im Viereck beschriebenen Aktivitäten in ein ausgewogenes Gleichgewicht gebracht werden.

Ausgehend von einem erfolgreich evaluierten IST-Zustand der schulinternen Rahmenbedingungen in allen erforderlichen Teilbereichen dieses Modells, die Schulen bei der Einführung bzw. einer dauerhaften Implementation des neuen MINT-Wahlpflichtfaches „Geographie-Physik“ in Kombination mit den digitalen Lernarrangements der universitären Projekte zum Thema Fernerkundung berücksichtigten sollten, können Synergieeffekte für den MINT-Bereich auf Schulentwicklungsebene (vgl. dazu Kapitel 8.3) in Aussicht gestellt werden.

Auch wenn die in diesem entwickelten MINT-Schulfachkonzept eingesetzten Lernmodule des Projektes FIS einen Laptop oder einen PC als technische Grundvoraussetzung benötigen, verschiebt sich der Fokus der Projekte Columbus Eye und KEPLER ISS „[...] vom Elektronischen Lernen (E-Learning) hin zu Mobilem Lernen (M-Learning), das HTML5 und Javascript auf Webseiten für die Nutzung auf Desktop-PCs genauso wie auf mobilen Geräten einsetzt, sowie Smartphone-Apps, die klassische Arbeitsblätter mit Augmented-Reality bereichern und auf den Smartphones der SuS laufen, wodurch der Stand der Schul-IT-Infrastruktur für den Einsatz der Lehreinheiten irrelevant wird“ (LINDNER et al. 2019b). Dadurch wird die in den letzten Jahren immer wieder argumentativ angeführte Rechtfertigung einer mangelnden digitalen Ausstattung von Klassenräumen für die Umsetzung des neuen MINT-Schulfachkonzeptes zur nachhaltigen Integration von Fernerkundung in die Sek. I in NRW zukünftig obsolet.

Darüber hinaus fordert der Beschluss der KMK (2016, 2017) zur „Bildung in der digitalen Welt“ für alle Schulformen – integriert mit allen Akteuren des Bildungswesens – eine verbindliche Einbindung und Förderung digitaler Medienkompetenzen. Die „digitale Revolution“ als Prozess im Kontext einer Medienbildung soll demnach nachhaltig in den Bildungs- und Erziehungsauftrag der Schulen integriert werden, was durch die in Kapitel 3.5 erläuterte Einführung

des Medienkompetenzrahmens in NRW und die curriculare Einbindung des Digitalisierungsprozesses in die neuen Kerncurricula in NRW für G9 deutlich wird. Dementsprechend positiv wirkt sich diese schulische Gesamtentwicklung auf eine praxisorientierte Implementation des neuen MINT-Differenzierungsfaches „Geographie-Physik“ in Verbindung mit den digitalen Lernarrangements der universitären Projekte zur nachhaltigen Integration des Themas Fernerkundung in der Sek. I in NRW aus.

9.1.2 Rahmenbedingungen für Lehrkräfte

Fragestellung 2:

Welche Voraussetzungen müssen Lehrkräfte für das Unterrichten des neuen MINT-Differenzierungsfaches „Geographie-Physik“ zum Thema Fernerkundung erfüllen?

Durch die Möglichkeiten digitaler Bildungsmedien verändert sich auch die Rolle der Lehrkraft, insbesondere im Schulfach Geographie, da sie sich dauerhaft mit der Weiterentwicklung digitaler Lern- und Geomedien auseinandersetzen sollte, um notwendige Fertigkeiten und Medienkompetenzen im Unterricht fördern zu können.

Das in dieser Arbeit ausgearbeitete und in der Praxis bereits seit fünf Schuljahren erprobte MINT-Schulfachkonzept „Geographie-Physik“ mit dem Teilbereich Fernerkundung ermöglicht Lehrkräften einen lösungsorientierten Leitfaden zur Umsetzung der durch die KMK (2009) geforderten fächerübergreifenden Unterrichtskonzeptionen zur Unterstützung der MINT-Schulfächer – wozu der Teilbereich Geographie in der curricularen Konzeption physio-geographischer Themen und naturwissenschaftlicher Methoden zählt – sowie gleichermaßen eine praxisorientierte Verwirklichung der im Medienkompetenzrahmen in NRW geforderten Medienkompetenzen (MSB NRW 2018), um eine nachhaltige Integration des Themas Fernerkundung im Schulunterricht der Sek. I in NRW zuwege zu bringen. Die digitalen Unterrichtsmaterialien der universitären Projekte FIS, Columbus Eye und KEPLER ISS sind nicht nur so konzipiert, dass eine zeitlich angemessene Vorbereitung in das jeweilige digitale Lernarrangement möglich ist, sondern in Kombination mit dem in dieser Arbeit entwickelten MINT-Schulfachkonzept eine praxisorientierte Diffusion vorgesehen ist.

Das entwickelte MINT-Wahlpflichtfachkonzept „Geographie-Physik“ kann im Differenzierungsbereich der Gymnasien in NRW nach dem in diesem Forschungsvorhaben entwickelten Leitfaden zu den schuljuristischen Rahmenbedingungen mit entsprechenden Schulgremien in

den Fächerkanon des Differenzierungsbereiches integriert werden. Das entwickelte praxisorientierte Curriculum ermöglicht dabei die Umsetzung der in den Kernlehrplänen der Schulfächer Geographie und Physik und in den nationalen Bildungsstandards geforderten Kompetenzen und verbindet die thematischen Unterrichtseinheiten mit den digitalen Lernarrangements der universitären Projekte (LINDNER et al. 2019a). Ergänzend zum erarbeiteten Curriculum kann der integrierte mediendidaktische Leitfaden für eine nachhaltige Implementation des neuen MINT-Schulfachkonzeptes „Geographie-Physik“ mit den digital-partizipativen Lernarrangements an der jeweiligen Schule als Einführungshilfe für die MINT-Schulfachinnovation übernommen werden. Zusätzliche – auch digitale – Fortbildungen der universitären Arbeitsgruppen in Verbindung mit dem neuen MINT-Wahlpflichtfach „Geographie-Physik“ können als zusätzliche Hilfeleistung einen Implementationsprozess begleiten. Das entwickelte MINT-Differenzierungsfach „Geographie-Physik“ bietet demzufolge ein – seit fünf Schuljahren erprobtes – praxisorientiertes Unterrichtskonzept zur nachhaltigen Integration der Themen Fernerkundung und Raumfahrt in den Schulunterricht der Sek. I in NRW und kann bei einer arrivierten Umsetzung Schulentwicklungsimpulse für das MINT-Profil einer Schule setzen (vgl. Kapitel 8.3).

9.1.3 Auswirkungen auf Interesse und Motivation der Schüler

Aufbauend auf dem Forschungsvorhaben, ein praxisorientiertes Schulfachkonzept zur nachhaltigen Integration des Themas Fernerkundung in den Schulunterricht der Sek. I in NRW am Beispiel des GSA zu entwickeln, wurde die Umsetzung in der Praxis durch eine langjährige Deskription als Panel-Survey von insgesamt fünf Wahlpflichtfachkohorten nach genderspezifische Interessen- und Motivationsunterschiede bei der Wahl des Differenzierungsfaches und der Arbeit mit Satellitenbildern sowie Live-Bildern/Videos von der ISS überprüft.

Die Studie von DITTER (2014) machte deutlich, dass durch die aktive Auseinandersetzung mit Satellitenbildern bildende Lernprozesse angeregt werden können. Durch einen starken Anstieg des sogenannten Selbstbestimmungsindex (SDI), der als bedeutungsvoller Prädiktor für die Qualität von Lernprozessen positive Effekte auf die Lernleistung der Schüler in Aussicht stellt, konnten die bildenden Lernprozesse sichtbar gemacht werden (FUCHSGRUBER et al. 2017). Dabei konnte diese Studie durch vertiefende Untersuchungen zu unterschiedlichen Gender-Effekten bei der aktiven Auseinandersetzung mit Satellitenbilddaten (DITTER & SIEGMUND 2016) belegen, dass insbesondere Schülerinnen signifikante Zugewinne des SDI durch die Auseinandersetzung mit digitalen Fernerkundungsverfahren erreichen. Als Grundlage dieser Untersuchung wurde die pädagogisch-psychologische Motivationstheorie herangezogen, die den beab-

sichtigen Lernerfolg in hohem Maß mit dem Grad erfahrbarer Selbstbestimmung kausal verknüpft (BLES 2002, DECI & RYAN 1993). Auf der Basis dieser Theorie wird durch die entsprechenden Studien deutlich, dass insbesondere bei Schülerinnen die Analyse von Satellitenbildern lernfördernd erscheint und dem Geomedium Satellitenbild dadurch „ein hohes, lernförderndes Potenzial zu bescheinigen“ (FUCHSGRUBER et al. 2017:9) sei, was erreicht werden kann, wenn eine selbstständige Auseinandersetzung mit den Geodaten ermöglicht wird (FUCHSGRUBER et al. 2017).

Vor diesem Hintergrund wurde die genderspezifische Anwahl des neuen MINT-Wahlpflichtfaches an der Fallschule überprüft.

Folgende Forschungsfrage wurde – auf den Erkenntnissen der explizierten Untersuchungen – innerhalb der Praxiserprobung des neuen Differenzierungsfaches am GSA in das Forschungsvorhaben integriert:

Fragestellung 3:

Beeinflusst die Integration des Themas Fernerkundung im Rahmen des neuen MINT-Schulfaches in der Sekundarstufe I das Interesse und die Motivation der Schülerinnen und Schüler bei der Wahl des Differenzierungsfaches?

Diese Fragestellung erfordert eine Differenzierung des weiterführenden Forschungsvorhabens mit Blick auf die Entwicklung einer praxisorientierten Fernerkundungsdidaktik durch ein neues MINT-Schulfachkonzept im Wahlpflichtbereich der Sek. I in NRW:

Fragestellung 3.1:

Können signifikante genderspezifische Interessen- und Motivationsunterschiede in Bezug auf die Wahl des neuen MINT-Schulfaches festgestellt werden?

Fragestellung 3.2:

Können signifikante genderspezifische Interessen- und Motivationsunterschiede in Bezug auf die Arbeit mit Satellitenbildern und Live-Bildern/-Videos von der Internationalen Raumstation (ISS) festgestellt werden?

Fragestellung 3.3:

Können signifikante genderspezifische Interessen- und Motivationsunterschiede in Verbindung mit der Bewertung des neuen MINT-Schulfachkonzeptes festgestellt werden?

Wie bereits im Forschungsdesign dieser wissenschaftlichen Untersuchung dargelegt wurde, erfolgte diese Analyse als Panel-Survey (vgl. Kapitel 6.6.2).

Die Erhebungswellen, die sich aus einer Vorevaluation vor Beginn des Unterrichts und danach kontinuierlich nach jedem Schulhalbjahr des neuen MINT-Wahlpflichtfaches zusammensetzten, wurden für jede Wahlpflichtfachkohorte – auch im Sinne einer formativen Evaluation im Rahmen der intendierten Triangulation – erhoben.

Die Ergebnisse aller Wahlpflichtfachkohorten wurden in dieser Arbeit mit der jeweiligen Panelerhebung verglichen, indem bei dichotomen Antwortformaten der „exakte Test nach Fisher“ mit der *Open-Source*-Statistiksoftware „R“ angewendet wurde. Dieser Test wird speziell bei binären Merkmalen, insbesondere bei kleinen Stichprobenumfängen, als Alternative zum χ^2 -Test durchgeführt, um zuverlässige Resultate (FAHRMEIR et al. 2016) hinsichtlich der genderspezifischen Verteilung zu erzielen. Darüber hinaus wurden die Ergebnisse aller Wahlpflichtfachkohorten der jeweiligen Erhebungswellen mit dem „Mann-Whitney-U-Test“ bzw. „Wilcoxon-Rangsummen-Test“ berechnet, um mögliche Signifikanzen durch den p-Wert (FAHRMEIR et al. 2016) zwischen den Geschlechtern bei der Bewertung innerhalb der Ratingskalen zu überprüfen. Dieser Test wird bei zwei unabhängigen Stichproben angewendet und kann als non-parametrischer Test nicht mit Mittelwerten arbeiten, weshalb die Prüfgröße U, die den Abstand zwischen den beiden mittleren Rängen beschreibt, bestimmt wird, die wiederum auf Signifikanz mithilfe der Statistikprogramme berechnet werden kann (SCHÄFER 2016). Sofern der p-Wert das standardisierte Signifikanzniveau von 0.05 unterschreitet, kann die Nullhypothese, also dass kein Unterschied zwischen den Geschlechtern besteht, verworfen werden (FAHRMEIR et al. 2016). Abschließend wurden – den Skalenniveaus entsprechend – die relativen Häufigkeiten oder das arithmetische Mittel aus allen Panelerhebungen berechnet, um mögliche Trends sichtbar machen zu können.

Bevor im Einzelnen die durchgeführten inferenzstatistischen Testergebnisse in Verbindung mit den Durchschnittswerten verglichen werden, kann die Anwahl von Mädchen und Jungen des neuen MINT-Wahlpflichtfaches im Verlauf der letzten fünf Schuljahre am GSA wie folgt beschrieben werden (s. Abb. 9.1).

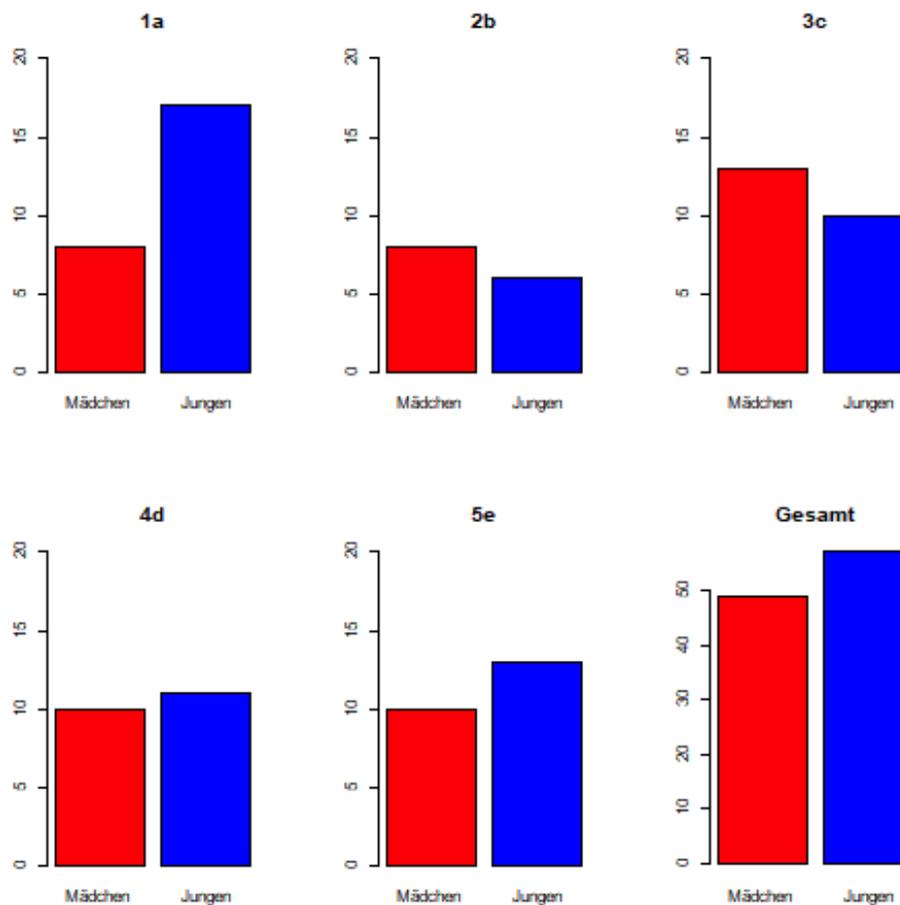


Abbildung 9.1: Beobachtungsstichprobe der Anwahl des neuen MINT-Differenzierungsfaches „Geographie-Physik“ von Mädchen und Jungen am GSA ($n=106$), eigene Darstellung.

Auffällig erscheint auf den ersten Blick die deutlich höhere Anwahl von Jungen im ersten Durchführungsjahrgang des neuen MINT-Wahlpflichtfaches. Von insgesamt 25 Schülern haben lediglich 8 Mädchen das neue MINT-Fach angewählt, während 17 Jungen einen – vergleichsweise – überproportionalen Anteil des Wahlpflichtkurses ausmachten. In den zwei darauffolgenden Jahrgängen ist den Säulendiagrammen deutlich zu entnehmen, dass insgesamt mehr Mädchen das Differenzierungsfach angewählt haben. Der bisher kleinste Kurs von insgesamt 14 Lernenden im zweiten Wahlpflichtjahrgang lässt das Verhältnis von 8 Mädchen gegenüber 6 Jungen sichtbar machen. Zu Beginn des zweiten Wahlpflichtkurses hatten bereits noch zwei zusätzliche Mädchen den Kurs gewählt, die jedoch bereits zu Beginn des Unterrichtes aus individuellen Gründen unmittelbar den Kurs wechseln wollten. Im daran anschließenden Jahrgang von insgesamt 23 MINT-Wahlpflichtwählenden kann wiederum ein leichtes Überwiegen von 13 Mädchen gegenüber 10 Jungen festgestellt werden. Im vierten und fünften Wahlpflichtjahrgang überwiegt hingegen der Anteil an Jungen, jedoch nicht im überproportionalen Verhältnis wie zu Beginn der Einführung des neuen MINT-Wahlpflichtfaches am GSA. Der vierte Wahljahrgang setzt sich hingegen aus insgesamt 10 Mädchen und 11 Jungen zusam-

men, während der aktuell laufende fünfte Jahrgang eine Zusammensetzung von 10 Mädchen und 13 Jungen vorweisen kann.

Auch wenn bei der Gesamtverteilung aller bisher unterrichteten Wahlpflichtfachkohorten der Anteil an Jungen überwiegt, scheint der Trend zu einem eher ausgewogenen Verhältnis zwischen Jungen und Mädchen zu tendieren, was u.a. auch durch die eingesetzten „zdi-BSO-MINT-Maßnahmen“ mit einer begleitenden Wissenschaftlerin als „Role-Model“ im Verlauf der letzten drei Schuljahre intendiert wurde, nachdem der erste Wahlpflichtjahrgang eine deutlich unausgewogene Geschlechterverteilung präsentierte.

Bei der Ja-Nein-Fragestellung, ob vor der Wahl des Differenzierungsfaches „Geographie-Physik“ schon einmal mit Satellitenbildern bzw. Fernerkundungsmethoden gearbeitet wurde, konnte insgesamt keine genderspezifische Signifikanz mithilfe des „exakten Tests nach Fisher“ festgestellt werden. Dasselbe gilt für die Nutzung der Satellitenbilder zu Hause. Auch hier konnte bei der Stichprobengröße von insgesamt 106 Schülern der fünf Wahlpflichtfachkohorten kein genderspezifisch signifikanter Unterschied festgestellt werden. Die relative Häufigkeitsverteilung aus dem Anteil der Ja-Stimmen zur Nutzung von Satellitenbildern bzw. Fernerkundungsmethoden bereits vor Beginn des MINT-Unterrichtes zeigt hierbei folgende Werte (s. Abb. 9.1.1):

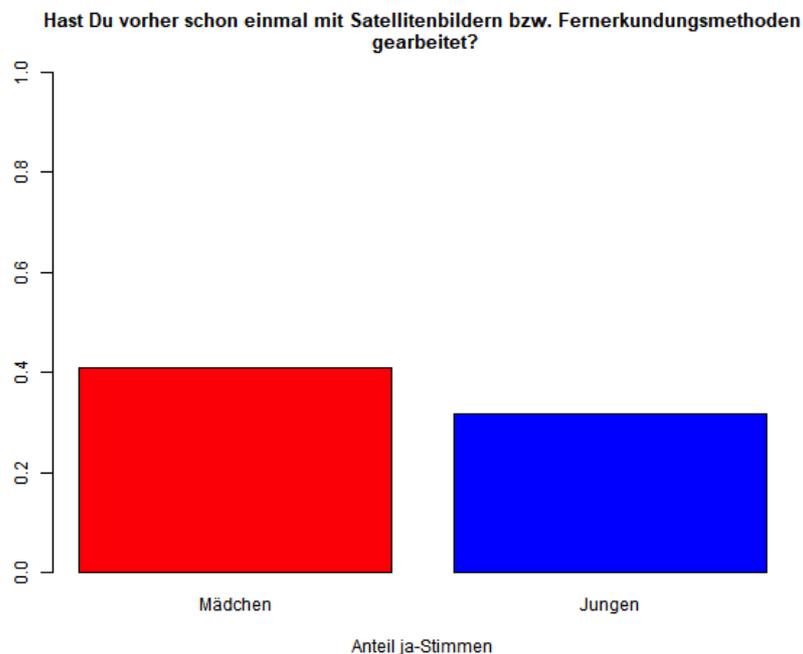


Abbildung 9.1.1: Relative Häufigkeitsverteilung der genderspezifischen Ja-Stimmen aller Wahlpflichtfachkohorten ($n=106$) zur Nutzung von Satellitenbildern bzw. Fernerkundungsmethoden vor Beginn des MINT-Wahlpflichtfaches, eigene Darstellung.

Auch wenn hier die relative Häufigkeit der genderspezifischen Ja-Stimmen der Nutzung von Satellitenbildern bei den Mädchen schon bereits vor dem neuen MINT-Wahlpflichtfachunterricht tendenziell zu überwiegen scheint, ergibt der Signifikanztest kein entsprechend genderspezifisch signifikantes Ergebnis.

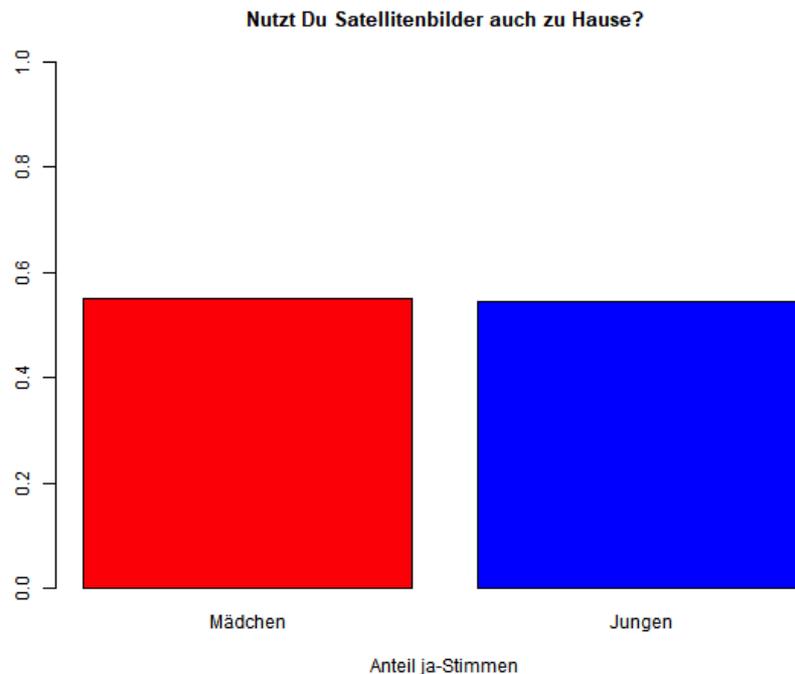


Abbildung 9.1.2: Relative Häufigkeitsverteilung der genderspezifischen Ja-Stimmen aller Wahlpflichtfachkohorten ($n=106$) zur privaten Nutzung von Satellitenbildern vor Beginn des MINT-Wahlpflichtfaches, eigene Darstellung.

Die Abbildung 9.1.2 zeigt zwar ebenfalls eine minimale, aber – wie durch den Signifikanztest überprüft – eher unbedeutend höhere Tendenz der privaten Nutzung von Satellitenbildern durch die befragten Schülerinnen. Auch hier kann kein genderspezifischer Unterschied festgestellt werden.

Die parallellaufende formative Evaluation mit den universitären Kooperationspartnern – auch für die offenen Frageformate – konnte bei der Beantwortung der oben erhobenen Ja-Stimmen eruieren, dass eine entsprechende Nutzung in der Schule fast ausschließlich durch das Schulfach Erdkunde oder der Ganztags-AG Fernerkundung erfolgte und zu Hause der Gebrauch der Geobrowser GOOGLEMAPS oder GOOGLEEARTH und – als zweithäufigste Antwort – das Navigationsgerät im Auto erklärend hinzugefügt wurde. Grundsätzlich machte die Vorevaluation erneut wieder deutlich, dass die Integration des Themas Fernerkundung und die damit einhergehende Nutzung von Satellitenbilddaten – wie bereits in einer Voruntersuchung an derselben Schule im Schuljahr 2010/11 im Rahmen des Zweiten Staatsexamens evaluiert wurde (STÜM-

PER 2011) – bisher im Schulunterricht lediglich durch das Schulfach Erdkunde – in Abhängigkeit von der Lehrkraft – oder der dafür vorsätzlich eingerichteten AG Fernerkundung ab dem Schuljahr 2015/16 erfolgte. Bereits nach der dritten Wahlpflichtfachkohorte am GSA wurde deutlich, dass 63 %, also mehr als die Hälfte der befragten Schüler noch nie mit Satellitenbildern bzw. Fernerkundungsmethoden im Schulunterricht gearbeitet hat, aber 58 % der Schüler privat Satellitenbilder nutzen (LINDNER et al. 2018b).

Bei der Untersuchung der mehrkategoriiell vorgegebenen Antwortformate hinsichtlich des motivationalen Beweggrunds des neuen MINT-Wahlpflichtfachs „Geographie-Physik“ aus dem Fächerkanon des Differenzierungsbereichs am GSA wurden die Antworten nach Häufigkeit der Nennungen und mit dem Signifikanztest bei den jeweiligen Benennungen auf genderspezifische Unterschiede hin analysiert. Von insgesamt vier Wahlpflichtfachkohorten – dieses Antwortformat wurde erst ab dem zweiten Wahlpflichtjahrgang strukturell durch die Triangulation mit den Kooperationspartnern eingeführt – konnten die motivationalen Beweggründe für die Wahlpflichtfachwahl erhoben werden. Das summative Ergebnis der letzten vier Schuljahre wird anhand der Abbildung 9.2 verdeutlicht.

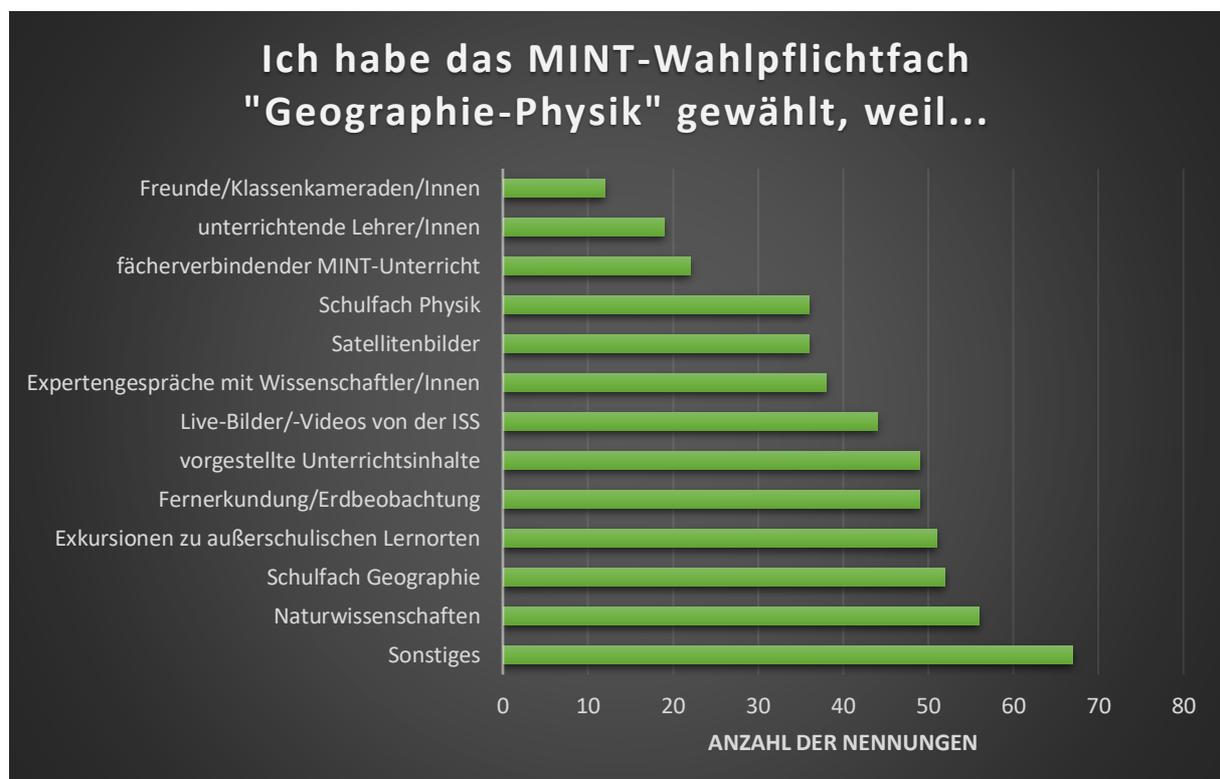


Abbildung 9.2: Motivationale Beweggründe der MINT-Wahlpflichtfachwahl „Geographie-Physik“ in vier Wahlpflichtfachkohorten (n=81), eigene Darstellung.

Besonders auffällig erscheint hierbei das meistgewählte Antwortformat „Sonstiges“ als motivationaler Beweggrund zur Wahlpflichtwahl, das mit insgesamt 67 Nennungen beider Geschlechter mit persönlichen Worten von vielen Schülern individuell beantwortet wurde. Wie auch schon in der formativen Evaluation im Laufe des Implementationsprozesses deutlich wurde, konnte das neue MINT-Wahlpflichtfach in den letzten Schuljahren durch eine gute Mundpropaganda bei den Schülern am GSA einen gewissen Bekanntheitsgrad evozieren (LINDNER et al. 2018b, 2019a, 2019b). Darüber hinaus konnte festgestellt werden, dass das Schulumfeld auch eine gewisse räumliche Nähe zu Einrichtungen des DLR in Köln und Bonn aufweist, weshalb auch – vornehmlich – Mädchen zur Beantwortung den Beruf von Elternteilen in entsprechenden Institutionen, wie auch der ESA in Paris, als Beweggrund zur Wahl angaben. Als zweithäufigste Antwort wurde tatsächlich der Spaß an Naturwissenschaften als Beweggrund mit insgesamt 56 Nennungen aufgeführt. Das Fach Geographie schafft es im vorgegebenen Antwortformat auf den dritten Rang mit insgesamt 52 Nennungen als motivationaler Beweggrund für die Wahl. Auf Platz vier folgen die Exkursionen an außerschulischen Lernorten, wie den kooperierenden Hochschulen, mit insgesamt 51 Nennungen. Auf Rang fünf der gewählten Antwortformate stehen – gleichhäufig angewählt – mit jeweils 49 Nennungen das Thema Fernerkundung und Erdbeobachtung sowie die vorgestellten Unterrichtsinhalte mittels Wahlpflichtfachbroschüre und Informationsabend. Auf dem sechsten Rang wird erst das Interesse für die Live-Bilder bzw. Live-Videos von der ISS als motivationale Intention 44-mal angeführt. Mit insgesamt 38 Nennungen werden die Expertengespräche mit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aufgeführt, während auf dem achten Rang erst das Interesse für die Satellitenbilder sowie das Schulfach Physik – mit gleichhäufiger Nennung von jeweils 36 Angaben – erfolgte. Viel weiter entfernt von diesen Rängen werden der fächerverbindende MINT-Unterricht (22-mal), die unterrichtenden Lehrer/Innen (19-mal) und schließlich mit insgesamt 12 Nennungen die Freunde oder Klassenkameraden/Innen als Beweggrund angegeben.

Da diese Aussagen auf genderspezifische Unterschiede mit dem „exakten Test nach Fisher“ untersucht wurden (s. Tab. 9.1), ist hier höchstinteressant, dass bei den Angaben der Antwortformate der motivationalen Beweggründe hinsichtlich Satellitenbilder und Live-Bilder/-Videos von der ISS signifikante genderspezifische Unterschiede im Vergleich zu allen anderen Antwortformaten herausgestellt werden konnten. Insgesamt konnte die exakte Signifikanz (2-seitig) durch den „exakten Test nach Fisher“ einen p-Wert von 0,033 ermitteln, wodurch ein deutlicher Nachweis für einen genderspezifischen Unterschied gegeben ist. In diesem Kontext finden Mädchen Satellitenbilder signifikant nennenswerter interessant als Jungen.

Das Säulendiagramm der Durchschnittswerte aller Nennungen bei den Ja-Stimmen (s. Abb. 9.2.1) unterstreicht diesen signifikant genderspezifischen Unterschied durch den Fisher-Test.

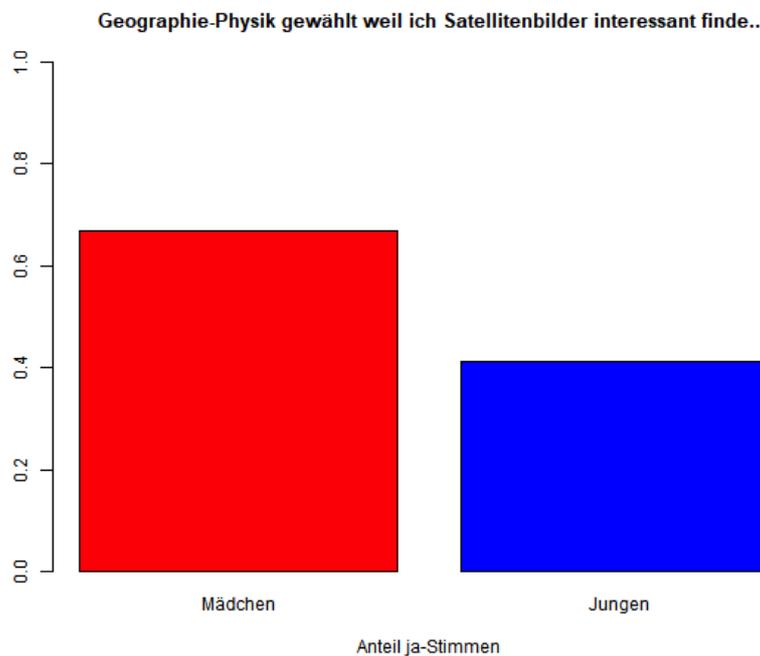


Abbildung 9.2.1: Relative Häufigkeitsverteilung der genderspezifischen Ja-Stimmen von vier Wahlpflichtfachkohorten (n=81) zur motivationalen Begründung durch den Einsatz von Satellitenbildern vor Beginn des MINT-Wahlpflichtfaches, eigene Darstellung.

Das Ergebnis dieser Untersuchung deckt sich hier mit der im Vorfeld von DITTER & SIEGMUND (2016) herausgestellte genderspezifische Signifikanz hinsichtlich der Arbeit mit Satellitenbildern. Auch wenn sich die Schüler der Stichprobe der untersuchten Wahlpflichtfachkohorten bereits zuvor für die Wahl des neuen MINT-Wahlpflichtfaches entschieden haben, ist bei der Begründung der motivationalen Intention der Wahl ein genderspezifisch signifikanter Unterschied festzustellen, der – in Anlehnung an den SDI (DITTER & SIEGMUND 2016) – auf ein evident höheres Interesse der Mädchen bzw. Schülerinnen der Sek. I an der Arbeit mit dem Geomedium Satellitenbild schließen lässt. Auch der Durchschnittswert der genderspezifischen Antworten verdeutlicht diese Signifikanz.

Diese genderspezifisch unterschiedliche Signifikanz kann ebenfalls bei dem Geomedium „Live-Bild/-Video von der ISS“ durch den Signifikanztest nach Fisher festgestellt werden (s. Tab. 9.1), da der p-Wert hier mit 0,03 angegeben wird und die graphische Darstellung der Häufigkeitsverteilung genderspezifischer Nennungen bei den Ja-Stimmen der Abbildung 9.2.2 diesen Unterschied komplettiert.

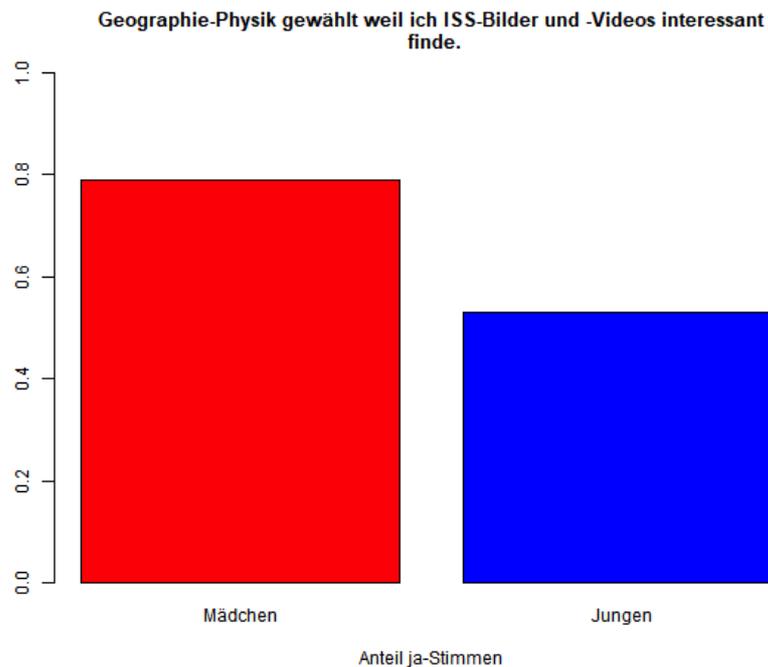


Abbildung 9.2.2: Relative Häufigkeitsverteilung der genderspezifischen Ja-Stimmen von vier Wahlpflichtfachkohorten ($n=81$) zur motivationalen Begründung durch den Einsatz von Live-Bildern/-Videos von der ISS vor Beginn des MINT-Wahlpflichtfaches, eigene Darstellung.

Bemerkenswert ist hier, dass das in den Wahlpflichtunterricht integrierte Geomedium, das Live-Bild/-Video von der ISS, ebenfalls durch den Signifikanztest einen genderspezifischen Unterschied – wiederum mit evident erhöhtem Interesse der Mädchen – erfasst wird (s. Tab. 9.1). Auch in diesem Fall wird das Testergebnis mit der durchschnittlichen genderspezifischen Nennung des entsprechenden Geomediums als motivationaler Beweggrund für die Wahlpflichtwahl anhand der Abbildung 9.2.2 visuell deutlich.

Bei den übrigen Nennungen der motivationalen Intentionen konnten keine genderspezifisch signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Die Berechnung der genderspezifischen Durchschnittswerte bei den übrigen Beweggründen werden an den folgenden Säulendiagrammen (s. Abb. 9.2.3–9.2.11) deutlich.

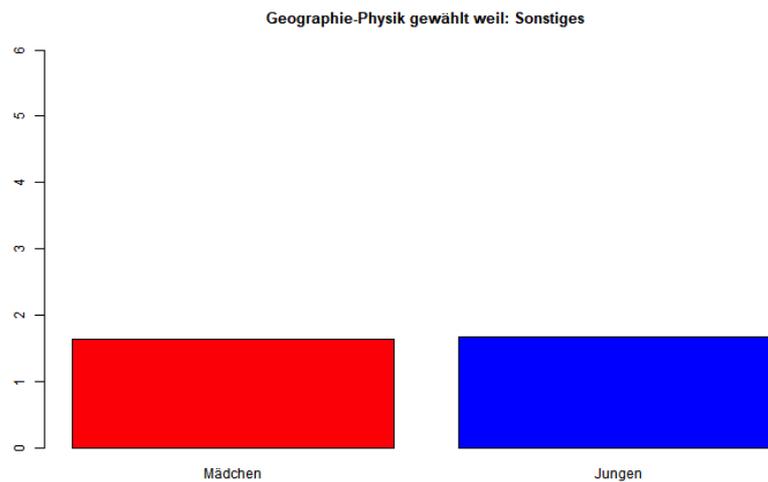


Abbildung 9.2.3: Relative Häufigkeitsverteilung der genderspezifischen Ja-Stimmen von vier Wahlpflichtfachkohorten ($n=81$) zur motivationalen Begründung durch „Sonstiges“ mit individuellen Erläuterungen vor Beginn des MINT-Wahlpflichtfaches, eigene Darstellung.

Anhand der Abbildung 9.2.3 wird deutlich, dass bei dem meistgenannten motivationalen Beweggrund „Sonstiges“ kein genderspezifisch signifikanter Unterschied – wie durch den Signifikanztest ermittelt – nachgewiesen werden kann.

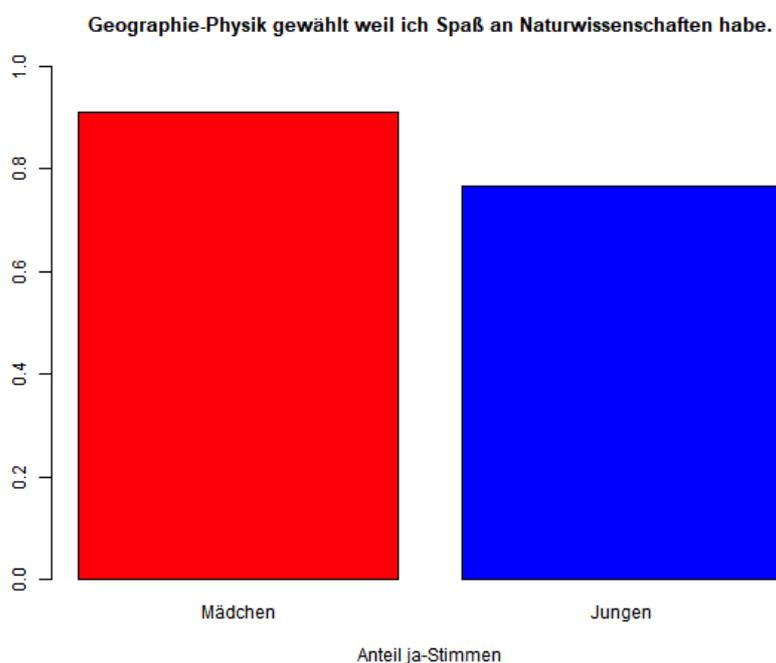


Abbildung 9.2.4: Relative Häufigkeitsverteilung der genderspezifischen Ja-Stimmen von vier Wahlpflichtfachkohorten ($n=81$) zur motivationalen Begründung durch Spaß an Naturwissenschaften vor Beginn des MINT-Wahlpflichtfaches, eigene Darstellung.

Auch wenn bei der Nennung als Beweggrund der „Spaß an Naturwissenschaften“ ebenso kein genderspezifischer Unterschied signifikant herausgestellt werden konnte, wird durch die Häufigkeitswerte am Anteil der Ja-Stimmen der Abbildung 9.2.4 deutlich, dass ein leicht höherer

Trend bei den Mädchen erkennbar ist, während bei den Jungen der Anteil der Ja-Stimmen bei der motivationalen Intention durch das Schulfach Geographie leicht überwiegt (s. Abb. 9.2.5), ohne dass eine genderspezifische Signifikanz festgestellt werden konnte.

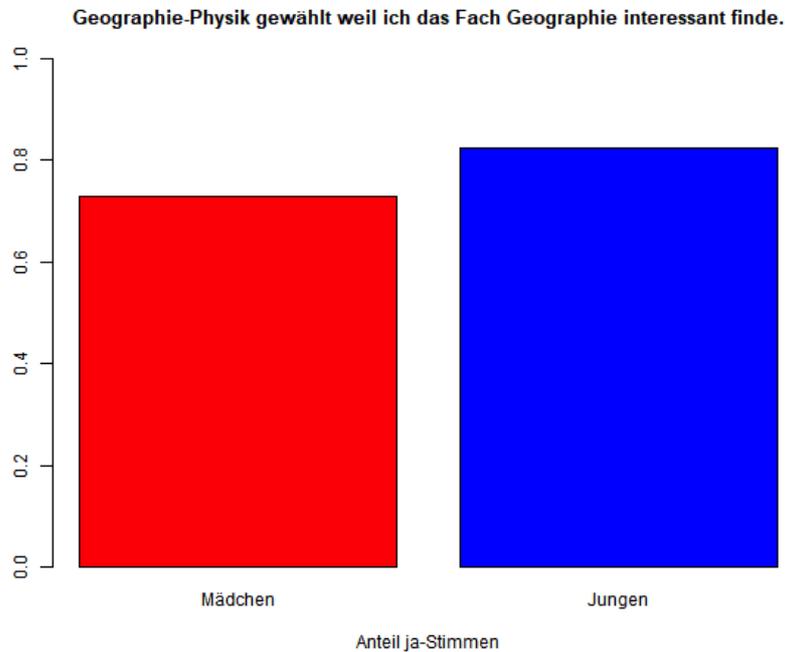


Abbildung 9.2.5: Relative Häufigkeitsverteilung der genderspezifischen Ja-Stimmen von vier Wahlpflichtfachkohorten (n=81) zur motivationalen Begründung durch das Fach Geographie vor Beginn des MINT-Wahlpflichtfaches, eigene Darstellung.

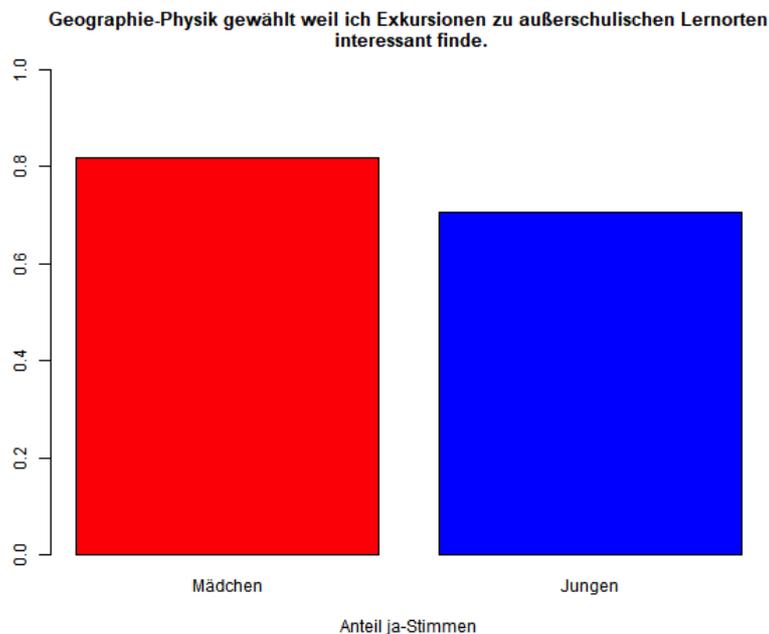


Abbildung 9.2.6: Relative Häufigkeitsverteilung der genderspezifischen Ja-Stimmen von vier Wahlpflichtfachkohorten (n=81) zur motivationalen Begründung durch Exkursionen an außerschulischen Lernorten vor Beginn des MINT-Wahlpflichtfaches, eigene Darstellung.

Durch das Säulendiagramm der Abbildung 9.2.6 wird ebenfalls ein leichter Trend bei der durchschnittlichen Beantwortung durch die Mädchen bei den Ja-Stimmen sichtbar, jedoch – wie auch bei den vorherigen und folgenden Antwortformaten – ohne einen signifikant feststellbaren Unterschied zwischen Jungen und Mädchen.

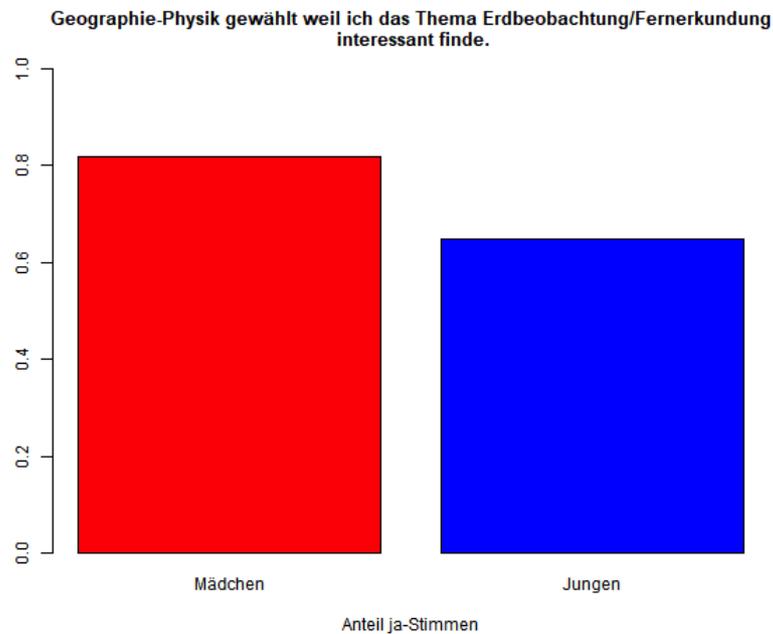


Abbildung 9.2.7: Relative Häufigkeitsverteilung der genderspezifischen Ja-Stimmen von vier Wahlpflichtfachkohorten ($n=81$) zur motivationalen Begründung durch das Thema Erdbeobachtung/Fernerkundung vor Beginn des MINT-Wahlpflichtfaches, eigene Darstellung.

Auch bei den genderspezifischen Häufigkeitswerten der Ja-Stimmen durch das motivationale Motiv des Themas Erdbeobachtung bzw. Fernerkundung wird erneut ein deutliches Überwiegen der Mädchen-Stimmen sichtbar (s. Abb. 9.2.7), allerdings auch wieder ohne signifikanten Unterschied.

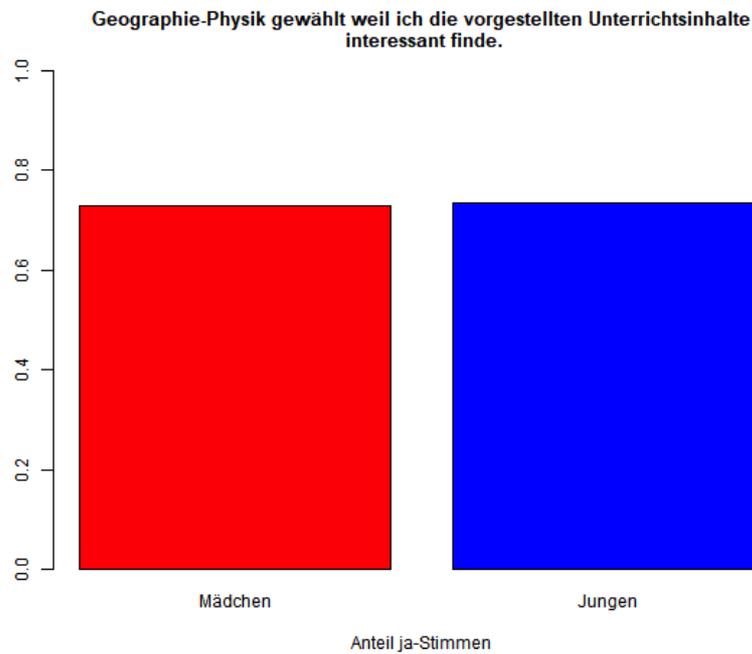


Abbildung 9.2.8: Relative Häufigkeitsverteilung der genderspezifischen Ja-Stimmen von vier Wahlpflichtfachkohorten ($n=81$) zur motivationalen Begründung durch die vorgestellten Unterrichtsinhalte vor Beginn des MINT-Wahlpflichtfaches, eigene Darstellung.

Die Abbildungen 9.2.8 und 9.2.9 bzw. die entsprechenden Säulendiagramme lassen bei der Benennung durch die vorgestellten Unterrichtsinhalte (durch die Wahlpflichtbroschüre und den Informationsabend) und der möglichen Expertengespräche keinen genderspezifischen Trend erkennen, was auch durch den Fisher-Signifikanztest deutlich wurde.

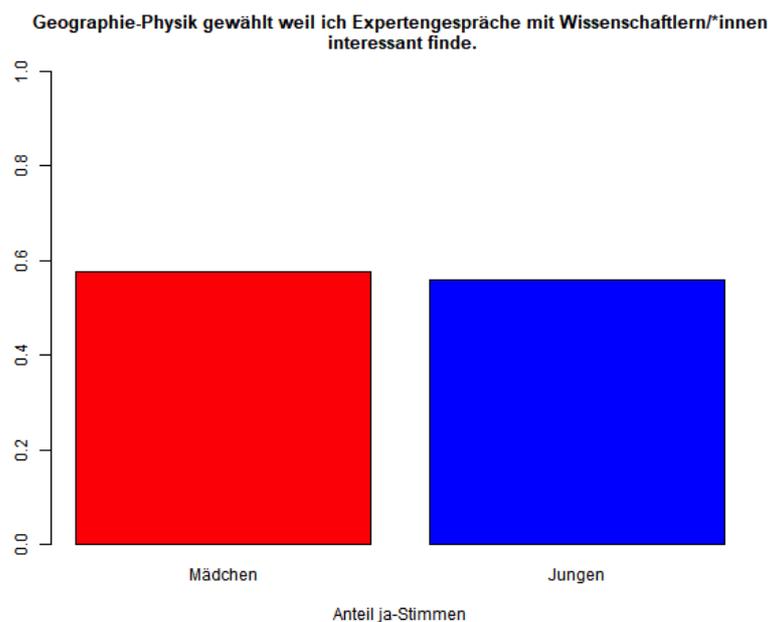


Abbildung 9.2.9: Relative Häufigkeitsverteilung der genderspezifischen Ja-Stimmen von vier Wahlpflichtfachkohorten ($n=81$) zur motivationalen Begründung durch die Expertengespräche mit Wissenschaftler/Innen vor Beginn des MINT-Wahlpflichtfaches, eigene Darstellung.

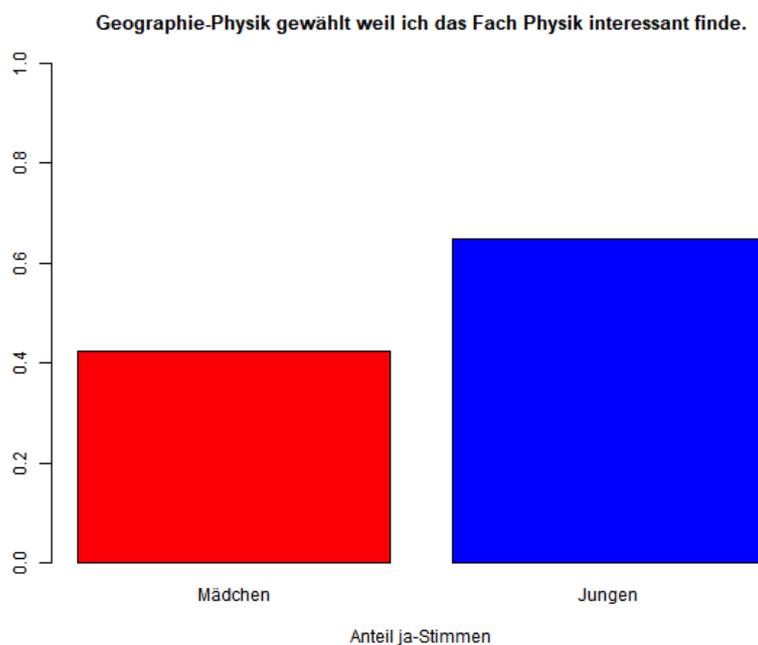


Abbildung 9.2.10: Relative Häufigkeitsverteilung der genderspezifischen Ja-Stimmen von vier Wahlpflichtfachkohorten ($n=81$) zur motivationalen Begründung durch das Interesse am Schulfach Physik vor Beginn des MINT-Wahlpflichtfaches, eigene Darstellung.

Auch wenn die Tendenz bei der Benennung des Schulfaches Physik als Beweggrund für die Wahlpflichtwahl anhand des Säulendiagramms (s. Abb. 9.2.10) eine Betonung der Ja-Stimmen von Jungen darstellt, konnte der „exakte Test nach Fisher“ keine genderspezifische Signifikanz anhand der Daten von vier Wahlpflichtfachkohorten ermitteln.

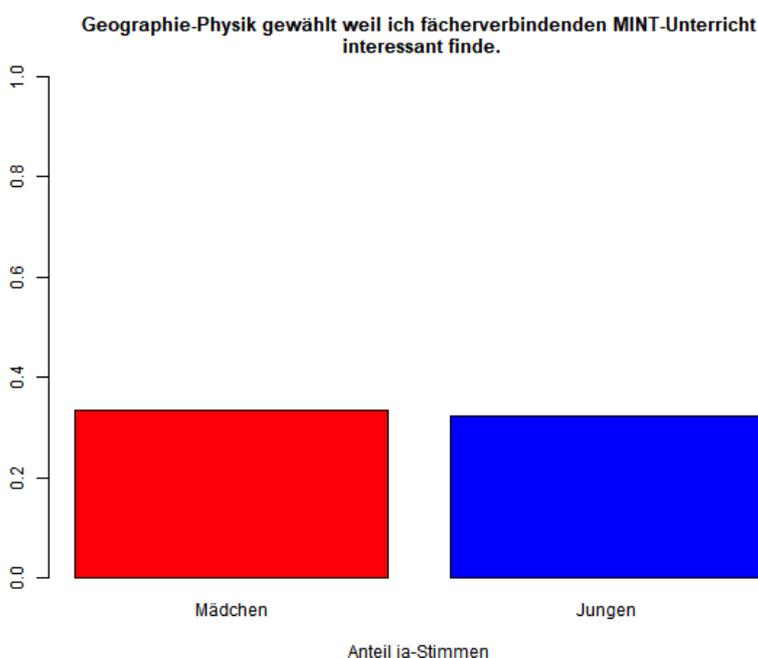


Abbildung 9.2.11: Relative Häufigkeitsverteilung der genderspezifischen Ja-Stimmen von vier Wahlpflichtfachkohorten ($n=81$) zur motivationalen Begründung durch den fächerverbindenden MINT-Unterricht vor Beginn des MINT-Wahlpflichtfaches, eigene Darstellung.

Hinsichtlich der Verteilung der genderspezifischen Ja-Stimmen aufgrund von fächerverbindenden Unterrichtsinhalten (s. Abb. 9.2.11) kann festgestellt werden, dass – wie auch durch den Signifikanztest bereits deutlich wurde – eine Gleichverteilung beider Geschlechter bei dieser Antwortkategorie vorliegt.

Die nachfolgenden – wenig angewählten – Antwortvorgaben hinsichtlich der Motivation durch Lehrende oder Lernende weisen ebenfalls keine genderspezifischen Besonderheiten auf und sind in Bezug auf die Fragestellungen im Rahmen dieses fortgeführten Forschungsvorhabens an dieser Stelle nicht relevant, um die erste Erhebungswelle des Panels inhaltlich zusammenzufassen.

Auffällig bei der Untersuchung der motivationalen Beweggründe der Wahl des neuen MINT-Differenzierungsfaches „Geographie-Physik“ ist die Tatsache, dass von allen vorgegebenen Antwortkategorien die Frage „Sonstiges“ mit individuellen Erläuterungen zur Wahlpflichtwahl von Mädchen wie Jungen am häufigsten angekreuzt wurde, obwohl sie am Ende des ersten Frageblocks steht. Das Mitteilungsbedürfnis der Schüler bei der ersten Erhebung bzw. Vorevaluation war durchgängig – in allen Kohorten – bemerkenswert. Bei der genderspezifischen Signifikanzprüfung durch den „exakten Test nach Fisher“ fällt auf, dass – bis auf die Geomedien Satellitenbild und Live-Bild/-Video von der ISS – keine signifikant unterschiedlichen Besonderheiten ermittelt werden konnten, auch wenn einzelne genderspezifische Tendenzen durch die graphische Darstellung der relativen Häufigkeiten durch Säulendiagramme angedeutet werden können. Im Hinblick auf die Nullhypothesenprüfung, dass keine genderspezifischen Unterschiede bei der motivationalen Begründung durch das Geomedium Satellitenbild bestehen, kann durch den Signifikanztest mit einem p-Wert von 0,033 festgestellt werden (s. Tab. 9.1), dass Mädchen das Interesse am Satellitenbild zur motivationalen Begründung der Wahlpflichtfachwahl signifikant häufiger als Jungen angeben, was ebenfalls in der graphischen, relativen Häufigkeitsverteilung zusätzlich sichtbar gemacht werden kann. Das vergleichsweise neue Geomedium Live-Bild/-Video von der ISS zeigt bei der Überprüfung der genderspezifischen Ja-Stimmen eine ebenfalls deutliche signifikante Besonderheit durch den p-Wert von 0,03 (s. Tab. 9.1). Auffällig erscheint hier, dass bei diesem Geomedium – ähnlich wie beim Satellitenbild – die Mädchen einen deutlich höheren Anteil der Ja-Stimmen vorweisen können, der genderspezifisch signifikant sein muss.

Tabelle 9.1: *Genderspezifisch signifikante Unterschiede bei den Geomedien Satellitenbild und Live-Bild/-Video von der ISS nach dem „exakten Test nach Fisher“, eigene Darstellung.*

„Geographie-Physik“ gewählt, weil...	Geschlecht		Exakte Signifikanz (2-seitig) p-Wert
	Mädchen - relative Häufigkeiten	Jungen - relative Häufigkeiten	
... Satellitenbilder interessant finde.	0,7	0,33	0,033
... Live-Bilder/-Videos von der ISS interessant finde.	0,8	0,46	0,03

Wie bereits DITTER (2014) und DITTER & SIEGMUND (2016) in Studien durch den sogenannten Anstieg des SDI – insbesondere bei Mädchen – feststellen konnten, konnte bei der Vorevaluation durch die vielfältigen Antwortmöglichkeiten ganz deutlich ein genderspezifisch signifikanter Unterschied bei den Geomedien Satellitenbild und Live-Bild/-Video von der ISS nachgewiesen werden. Kein anderes Antwortformat konnte signifikante Besonderheiten aufweisen, wobei jedoch Trends erkannt werden konnten. Das signifikant höhere Interesse der Mädchen an den Geomedien Satellitenbild und Live-Bild/-Video von der ISS wird auch bei der motivationalen Intention durch das Thema Erdbeobachtung bzw. Fernerkundung angedeutet (s. Abb. 9.2.7) – wengleich auch der Unterschied in diesen Bereichen durch den Test nicht als signifikant nachgewiesen werden konnte. Darüber hinaus wird das tendenziell höhere Interesse der Mädchen für Naturwissenschaften am Anteil der Ja-Stimmen deutlich (s. Abb. 9.2.4), wobei das – durch keine nachweisbare genderspezifische Signifikanz – durch die bewusste Wahl zu diesem Wahlpflichtfach begründet werden kann. Interessant erscheint die visuell auf den ersten Blick deutliche Tendenz der Jungen bei der Interessenbekundung durch das Schulfach Physik (s. Abb. 9.2.10), die jedoch durch den Signifikanztest keinen genderspezifischen Unterschied unterstützend ermitteln konnte und dennoch einen Trend erkennen lässt.

Um die Ausgangsfragestellung und damit die übergeordnete Fragestellung dieses Forschungsvorhabens beantworten zu können, werden die Teilfragen chronologisch erfasst. Ausgehend von der Vorevaluation – vor Beginn, aber bereits nach der intendierten Wahl des neuen MINT-Wahlpflichtfachunterrichtes am GSA – kann die erste Teilforschungsfrage beantwortet werden.

Fragestellung 3.1:

Können signifikante genderspezifische Interessen- und Motivationsunterschiede in Bezug auf die Wahl des neuen MINT-Schulfaches festgestellt werden?

Es konnten bei der motivationalen Begründung der Wahl des neuen MINT-Wahlpflichtfaches „Geographie-Physik“ genderspezifisch signifikante Unterschiede durch den deutlich höheren Anteil der Ja-Stimmen bei den Mädchen in Bezug auf die Geomedien Satellitenbild und Live-Bild/-Video von der ISS durch den „exakten Test nach Fisher“ in den letzten vier Schuljahren wie Wahlpflichtfachkohorten festgestellt werden. Alle weiteren Antwortkategorien können keine genderspezifische Signifikanz nach dem angewendeten Testverfahren aufweisen.

Bei der genderspezifischen Anwahl des neuen MINT-Differenzierungsfach kann zusätzlich bemerkt werden, dass dem Trend des überproportionalen Anteils der Jungen in der ersten Wahlpflichtfachkohorte mit intendierten „zdi-BSO-MINT-Maßnahmen“ und dem Einsatz sogenannter „Role-Models“ zur MINT-Mädchenförderung aus aktionsforschenden Motiven entgegengewirkt wurde, sodass insgesamt in den letzten fünf Wahlpflichtfachkohorten eine eher ausgewogene Anwahl von Mädchen und Jungen vorliegt, wobei ein leichter Trend bei den Schülern überwiegt.

Bei den bipolaren Ratingskalen mit endpunktbenannter Skalenbezeichnung im Sinne der „*Forced-Choice*“-Intention (PORST 2011, 2014) (vgl. dazu Kapitel 6.6.2) wurde der erläuterte „Mann-Whitney-Test“ oder auch „U-Test“ nach Mann und Whitney als Signifikanztest eingesetzt, um genderspezifisch signifikante Unterschiede bei der Bewertung der Arbeit mit Satellitenbildern und Live-Bildern von der ISS im neuen Wahlpflichtfach zu überprüfen. Hierzu wurde am Ende jeden Schulhalbjahres bzw. Teilbereichs Geographie bzw. Physik eine Erhebung – auch für die formative Evaluation – durchgeführt. Zusätzlich wurde das arithmetische Mittel der genderspezifischen Bewertungen der ersten drei vollständig abgeschlossenen Wahlpflichtfachkohorten und des vierten Jahrgangs (erstes und zweites Schulhalbjahr in der Jahrgangsstufe 8 mit integriert) berechnet, um mögliche Tendenzen feststellen zu können.

Die Ergebnisse der Ratingskalen zur Bewertungsmöglichkeit, ob die eingesetzten Satellitenbilder für das gesamte Verständnis hilfreich sind, konnten – durchgängig – in allen Panelwellen mithilfe des „Mann-Whitney-U-Test“ keine genderspezifisch signifikanten Unterschiede festgestellt wer-

den. Diese Aussage wird auch durch die Berechnung des arithmetischen Mittels der Wahlpflichtkohorten deutlich, da sowohl Schülerinnen wie Schüler den Einsatz der Satellitenbilder für das inhaltliche Gesamtverständnis der jeweiligen Teilbereiche Geographie wie Physik durchschnittlich mit 1,9 bzw. 1,8 bewerten. Dabei kann davon ausgegangen werden, dass die Satellitenbilder sowohl für Mädchen als auch für Jungen grundsätzlich für das inhaltliche Gesamtverständnis der Unterrichtsthemen hilfreich sind, was durch die Abbildung 9.3 verdeutlicht wird.

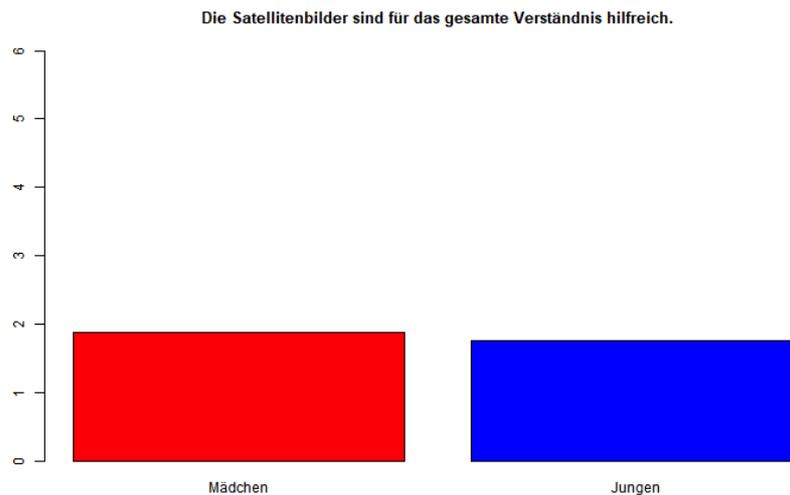


Abbildung 9.3: *Arithmetisches Mittel der genderspezifischen Bewertungen zum Gesamtverständnis durch Satellitenbilder nach Schulhalbjahren (vier Erhebungswellen) der 1.-3. Wahlpflichtfachkohorte einschließlich der ersten beiden Schulhalbjahre der 4. Wahlpflichtfachkohorte (n=83), eigene Darstellung.*

Interessant ist, dass bei den Ergebnissen der Ratingskalen zur Bewertungsmöglichkeit, ob die Satellitenbilder interessant sind, nach dem ersten Schulhalbjahr im Teilbereich Geographie und dem dritten Schulhalbjahr Physik signifikante Unterschiede bei den Schülerinnen und Schülern durch den Signifikanztest erfasst werden konnten (s. Tab. 9.2). Nach dem ersten Schulhalbjahr Geographie wurde deutlich, dass insgesamt bei allen vier Wahlpflichtfachkohorten die Mädchen der Aussage, dass die Satellitenbilder interessant sind, mit einer durchschnittlichen Bewertung von 1,56 in höherem Maße zugestimmt haben als die durchschnittliche Bewertung dieser Aussage durch die Jungen, die bei 1,98 lag. Der ermittelte p-Wert durch den „Mann-Whitney-U-Test“ beträgt beim genderspezifischen Vergleich nach dem ersten Schulhalbjahr Geographie in der Jahrgangsstufe 8 0,022 (asymptotische Signifikanz – 2-seitig), wodurch ein signifikanter Unterschied hier festgestellt werden muss.

Am Ende des dritten Schulhalbjahres Physik in der Jahrgangsstufe 9 konnte ebenfalls eine deutlich positivere Bewertung derselben Aussage zu Satellitenbildern bei den Mädchen festgestellt werden (s. Tab. 9.2), die bei 1,79 im Vergleich zu Jungen mit 2,3 deutlich positiver ausfällt.

Der ermittelte p-Wert beträgt in diesem Fall 0,034. Dementsprechend signifikant ist auch in diesem Schulhalbjahr der genderspezifische Unterschied.

Auch wenn bei den anderen zwei Schulhalbjahren in der Jahrgangsstufe 8 und der Jahrgangsstufe 9 des neuen MINT-Differenzierungsfaches „Geographie-Physik“ mithilfe des Signifikanztestes keine eindeutig signifikanten Unterschiede durch den „U-Test“ errechnet werden konnten, wird auch bei Betrachtung aller Schulhalbjahre deutlich, dass die Mädchen der entsprechenden Aussage prinzipiell im Durchschnitt positiver zustimmen als die Jungen, was auch durch das Säulendiagramm (s. Abb. 9.3.1) der genderspezifischen arithmetischen Mittelwerte tendenziell deutlich wird.

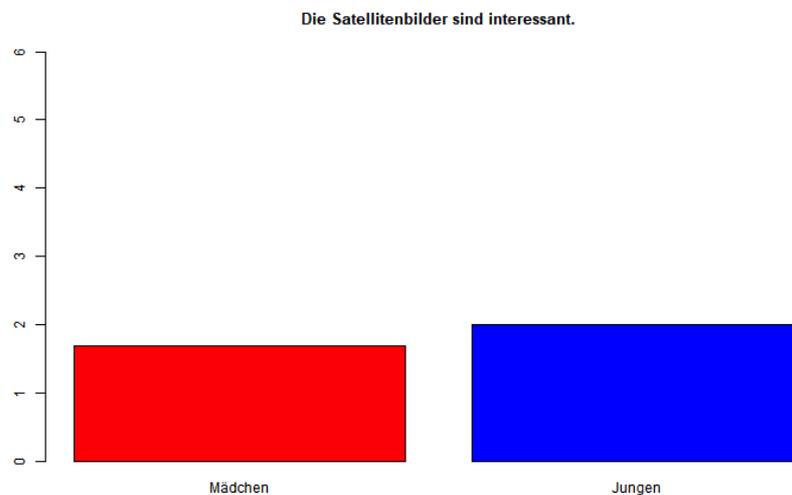


Abbildung 9.3.1: Arithmetisches Mittel der genderspezifischen Bewertungsränge zum Interesse an Satellitenbildern nach Schulhalbjahren (vier Erhebungswellen) der 1.-3. Wahlpflichtfachkohorte einschließlich der ersten beiden Schulhalbjahre der 4. Wahlpflichtfachkohorte (n=83), eigene Darstellung.

An dieser Stelle muss angemerkt werden, dass bei der Überprüfung der Ratingskalen die Aussage „Satellitenbilder machen Spaß“ – auch im Zuge der formativen Evaluation durch die Kooperationspartner – innerhalb dieser Studie herausgenommen wurde, da diese Aussage inhaltlich zu sinnlos erschien. Bei der Überprüfung der bereits erhobenen Daten aus drei Wahlpflichtfachkohorten konnte jedoch mithilfe des „Mann-Whitney-U-Test“ im vierten Schulhalbjahr Geographie in der Jahrgangsstufe 9 eine deutlich genderspezifische Signifikanz ermittelt werden. Während die Bewertung der Jungen bei 2,63 lag, befand sich die Bewertung der Mädchen bei 1,8. Der errechnete p-Wert liegt bei 0,017, wodurch eine zweiseitige asymptotische Signifikanz vorliegt.

Mit Rückgriff auf die bereits erhobenen Ergebnisse durch die erste Panelwelle kann auch im Verlauf des neuen MINT-Unterrichtes des neuen Wahlpflichtfaches festgestellt werden, dass – aus einem Pool an Fragestellungen, auch zu den eingesetzten universitären Unterrichtsmaterialien, grundsätzlich signifikante genderspezifische Unterschiede bei den Aussagen in Verbindung mit dem Geomedium Satellitenbild auftreten.

Bei der Betrachtung der genderspezifischen Bewertungen hinsichtlich der Arbeit mit dem Geomedium Live-Bild/-Video von der ISS konnte bei der Bewertungsmöglichkeit des entsprechenden Geomediums zum inhaltlichen Gesamtverständnis keine genderspezifische signifikante Bedeutung in allen vier Schulhalbjahren festgestellt werden.

Das arithmetische Mittel der genderspezifischen Rangbewertungen aller Schulhalbjahre (s. Abb. 9.3.2) lässt jedoch auch hier eine leichte Tendenz der positiveren Bewertung durch die Mädchen erkennen.

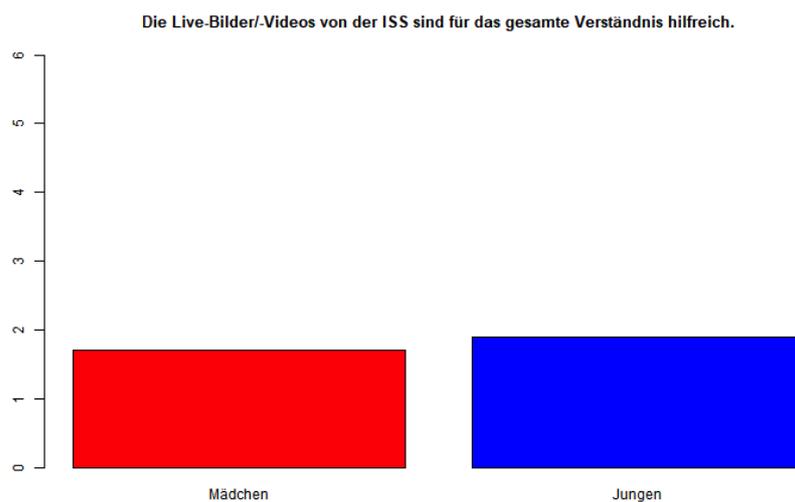


Abbildung 9.3.2: Arithmetisches Mittel der genderspezifischen Bewertungsränge zum Gesamtverständnis durch Live-Bilder/-Videos von der ISS nach Schulhalbjahren (vier Erhebungswellen) der 1.-3. Wahlpflichtfachkohorte einschließlich der ersten beiden Schulhalbjahre der 4. Wahlpflichtfachkohorte ($n=83$), eigene Darstellung.

Bei der Überprüfung der genderspezifischen Einschätzungen hinsichtlich des persönlichen Interesses an Live-Bildern/-Videos von der ISS wird deutlich (s. Tab. 9.2), dass im dritten Schulhalbjahr im Teilbereich Physik sowie im vierten Schulhalbjahr im Teilbereich Geographie in der Jahrgangsstufe 9 eine Signifikanz zwischen Mädchen und Jungen durch den „U-Test“ ermittelt werden konnte. Im dritten Schulhalbjahr liegt die Bewertung der Jungen bei 1,91, wohingegen die Mädchen den Wert 1,48 belegen. Der errechnete p-Wert liegt bei 0,035, wodurch abermals eine eindeutige Signifikanz nachgewiesen werden kann. Im vierten Schulhalbjahr

scheint die Diskrepanz der Bewertungsunterschiede noch ausgeprägter vorzuliegen. Die durchschnittliche Bewertung der Mädchen liegt bei 1,36, während der Wert für die Jungen 1,94 beträgt. Somit liegt der p-Wert bei 0,017, wodurch auch in diesem Schulhalbjahr eine deutliche genderspezifische Signifikanz festzustellen ist.

Das arithmetische Mittel aller Schulhalbjahre (s. Abb. 9.3.3) verdeutlicht den bedeutenden Unterschied der genderspezifischen persönlichen Interessensbewertung in Verbindung mit Live-Bildern/-Videos von der ISS. Ähnlich wie bei den Satellitenbildern zeichnet sich hier ein deutlicher Trend der positiveren Interessensbewertung durch die Schülerinnen ab.

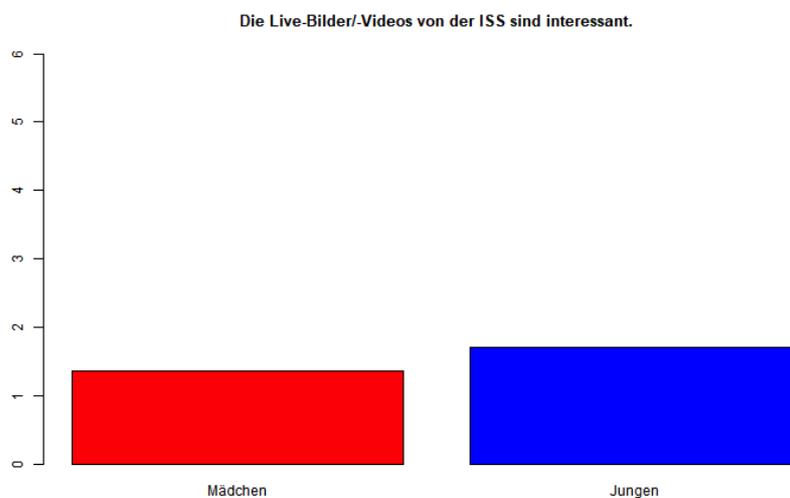


Abbildung 9.3.3: Arithmetisches Mittel der genderspezifischen Bewertungsränge zum Interesse durch Live-Bilder/-Videos von der ISS nach Schulhalbjahren (vier Erhebungswellen) der 1.-3. Wahlpflichtfachkohorte einschließlich der ersten beiden Schulhalbjahre der 4. Wahlpflichtfachkohorte ($n=83$), eigene Darstellung.

Auch an dieser Stelle muss erneut darauf aufmerksam gemacht werden, dass die Aussage „Live-Bilder/-Videos von der ISS machen Spaß“ durch die bereits bei den Satellitenbildern erläuterten Begründung aus dem Hauptteil des Fragebogens nach dem Ablauf von drei Wahlpflichtkohorten entfernt wurde. Aber auch hier kann bei der Überprüfung durch den „Mann-Whitney-U-Test“ im dritten Schulhalbjahr eine genderspezifische Signifikanz festgestellt werden. Hier liegt die Bewertung der Mädchen bei 1,62, während der Wert der Jungen bei 2,65 liegt und dadurch der p-Wert von 0,009 eine asymptotische Signifikanz feststellen kann.

Auch im Hauptteil der Panel-Untersuchung kann deutlich erkannt werden, dass bei den Geomedien Satellitenbild und Live-Bild-/Video von der ISS tendenziell eine positivere Bewertung durch die Schülerinnen bzw. Mädchen festzustellen ist, die in einigen Schulhalbjahren, aber

insbesondere im fortgeschrittenen MINT-Unterricht in der Jahrgangsstufe 9 genderspezifisch signifikant ist (s. Tab. 9.2).

Durch den Einsatz von Satellitenbildern im neuen MINT-Unterricht durch die digitalen Lernmodule des Projektes FIS kann in diesem Kontext festgestellt werden (s. Abb. 9.3.4), dass die FIS-Lernmodule im Durchschnitt aller Schulhalbjahre eine genderspezifisch ausgeglichene Bewertung – ohne signifikante Unterschiede – vorweisen können.

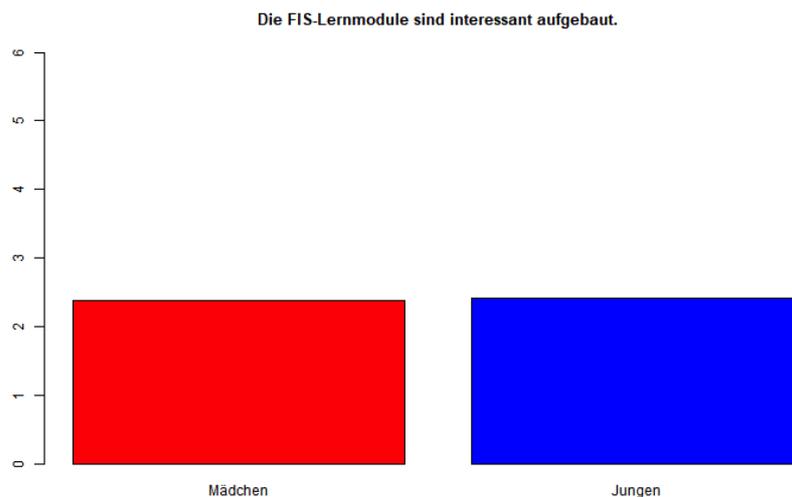


Abbildung 9.3.4: *Arithmetisches Mittel der genderspezifischen Bewertungsränge zum Interesse an den FIS-Lernmodulen nach Schulhalbjahren (vier Erhebungswellen) der 1.-3. Wahlpflichtfachkohorte einschließlich der ersten beiden Schulhalbjahre der 4. Wahlpflichtfachkohorte (n=83), eigene Darstellung.*

Eine minimale Tendenz zur positiveren Bewertung durch die Jungen ist zwar durch die graphische Darstellung des arithmetischen Mittels aller Schulhalbjahre leicht erkennbar, aber insgesamt – wie bereits durch den Signifikanztest bestätigt – nicht signifikant bedeutend.

Prinzipiell kann aus diesen Untersuchungen der genderspezifischen Arbeit mit Satellitenbildern und dem Geomedium Live-Bild/-Video von der ISS festgehalten werden, dass sich die bereits bei der Vorevaluation abzeichnende genderspezifische Signifikanz bei dem motivationalen Beweggrund der Wahlpflichtfachwahl für die Arbeit mit Satellitenbildern und Live-Bildern/-Videos von der ISS fortführt. Die Mädchen bewerten die Arbeit und das Interesse mit den entsprechenden Geomedien in einigen Schulhalbjahren des neuen MINT-Wahlpflichtfaches „Geographie-Physik“ signifikant positiver als die Jungen (s. Tab. 9.2). Die Tendenz zu dieser genderspezifischen Einschätzung kann darüber hinaus durch die Durchschnittswerte aller Schulhalbjahre erkannt werden.

Bei der genderspezifischen Bewertung der FIS-Lernmodule, die das Geomedium Satellitenbild integrieren, konnten jedoch keine signifikanten Unterschiede zwischen Jungen und Mädchen festgestellt werden.

Tabelle 9.2: Genderspezifisch signifikante Unterschiede bei den Geomedien Satellitenbild und Live-Bild/-Video von der ISS durch den „Mann-Whitney-U-Test“, eigene Darstellung.

	Geschlecht		Asymptotische Signifikanz (2-seitig) p-Wert
	Mädchen - Bewertungsdurchschnitt	Jungen - Bewertungsdurchschnitt	
Die Satellitenbilder sind interessant.	1,56 (1. HJ ²⁸)	1,98 (1. HJ)	0,022
	1,79 (3. HJ)	2,3 (3. HJ)	0,034
Die Live-Bilder/-Videos von der ISS sind interessant.	1,48 (3. HJ)	1,91 (3. HJ)	0,035
	1,36 (4. HJ)	1,94 (4. HJ)	0,017

Fragestellung 3.2:

Können signifikante genderspezifische Interessen- und Motivationsunterschiede in Bezug auf die Arbeit mit Satellitenbildern und Live-Bildern/-Videos von der Internationalen Raumstation (ISS) festgestellt werden?

Um die zweite Teilforschungsfrage zu beantworten, kann nach den Untersuchungen zur Arbeit mit den Geomedien Satellitenbild und Live-Bild/-Video von der ISS nach vier Schuljahren festgestellt werden, dass signifikante genderspezifische Interessen- und Motivationsunterschiede mithilfe des „Mann-Whitney-U-Test“ – insbesondere im fortgeschrittenen MINT-Unterricht in der Jahrgangsstufe 9 – ermittelt werden konnten (s. Tab. 9.2). Aus diesem Grund kann die Nullhypothese, dass kein genderspezifischer Unterschied zwischen den Geschlechtern bei der Arbeit mit Satellitenbildern und Live-Bildern/-Videos von der ISS vorliegt, verworfen werden. Die Mädchen bewerten diese Geomedien im ersten, dritten sowie vierten Schulhalbjahr signifikant positiver als die Jungen, was sich ebenfalls durch das arithmetische Mittel aller Schulhalbjahre als grundsätzliche Tendenz abzeichnet. Dement-

²⁸ HJ: Halbjahr bzw. Schulhalbjahr.

sprechend kann hier – in Anlehnung an die Untersuchungsergebnisse durch DITTER (2014) und DITTER & SIEGMUND (2016) – erneut festgestellt werden, dass die Arbeit mit dem Geomedium Satellitenbild von den Mädchen als besonders ansprechend empfunden wird. Zusätzlich kann – auch durch die Ergebnisse der Vorevaluation – festgestellt werden (s. Tab. 9.1), dass das Geomedium Live-Bild/Video von der ISS ähnliche genderspezifische Effekte wie durch das Satellitenbild hervorruft.

Die Frage, die sich nun abschließend stellt, ist ob diese Effekte auch bei der Bewertung des neuen MINT-Wahlpflichtfaches durch den kontinuierlich erfolgenden Einsatz von Satellitenbildern und Live-Bildern von der ISS im Rahmen der universitären Projekte FIS, Columbus Eye und KEPLER ISS nach vier Schuljahren sowie im Einzelnen nach den jeweiligen Schulhalbjahren sichtbar werden. Auch hier wurde durch die Ratingskala der „Mann-Whitney-U-Test“ eingesetzt, um genderspezifische Unterschiede ermitteln zu können.

Sowohl die Bewertungen der einzelnen Schulhalbjahre bzw. Teilbereiche sowie die summative Gesamtbewertung aller Schulhalbjahre konnte keine genderspezifisch relevante Differenzierung aufdecken. Es kann allerdings ein leichter Trend durch die arithmetischen Mittel der Bewertungseinschätzungen in den jeweiligen Schulhalbjahren sichtbar werden. Auffällig erscheint durch die graphischen Darstellungen der genderspezifischen Bewertungen in den folgenden Abbildungen 9.4 – 9.4.4 die fast durchgängige Gleichbewertung durch Jungen wie Mädchen, wobei nach dem zweiten Schulhalbjahr Physik der Jahrgangsstufe 8 (s. Abb. 9.4.1) und nach dem vierten Schulhalbjahr Geographie in der Jahrgangsstufe 9 (s. Abb. 9.4.3) ein leichter Trend einer positiveren Bewertung durch die Mädchen sichtbar wird.

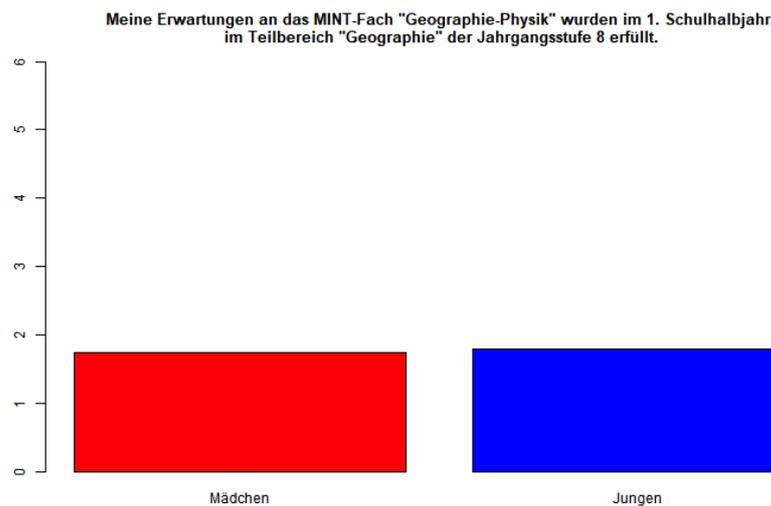


Abbildung 9.4: Arithmetisches Mittel der genderspezifischen Bewertungsränge der Erwartungshaltung gegenüber dem MINT-Fach „Geographie-Physik“ nach dem ersten Schulhalbjahr im Teilbereich Geographie der Jahrgangsstufe 8 (1.-4. Wahlpflichtfachkohorte) ($n=83$), eigene Darstellung.

Die genderspezifischen Bewertungen aller vier Wahlpflichtfachkohorten verdeutlichen, dass die persönlichen Erwartungen der Mädchen sowie der Jungen an das neue MINT-Wahlpflichtfach „Geographie-Physik“ nach dem ersten Schulhalbjahr im Teilbereich Geographie der Jahrgangsstufe 8 weitestgehend erfüllt werden konnten.

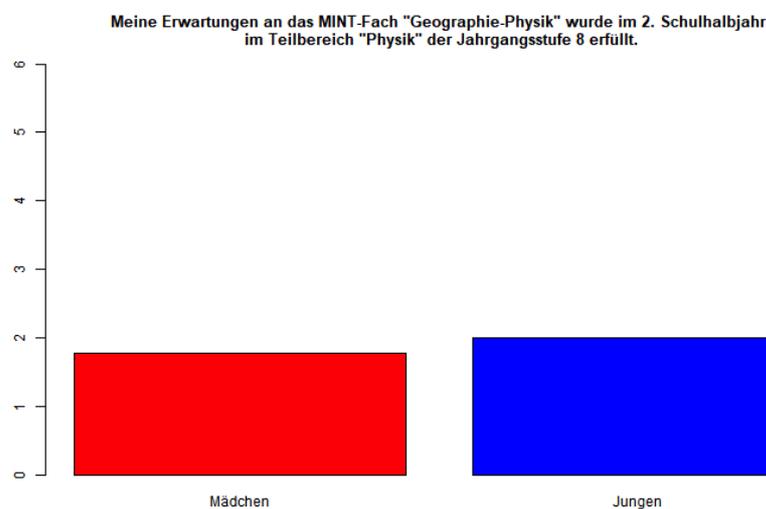


Abbildung 9.4.1: Arithmetisches Mittel der genderspezifischen Bewertungsränge der Erwartungshaltung gegenüber dem MINT-Fach „Geographie-Physik“ nach dem zweiten Schulhalbjahr im Teilbereich Physik der Jahrgangsstufe 8 (1.-4. Wahlpflichtfachkohorte) ($n=83$), eigene Darstellung.

Auch diese Durchschnittsbewertung (s. Abb. 9.4.1) der Erwartungshaltung gegenüber dem neuen MINT-Unterricht zeigt bei Schülerinnen wie Schülern ein entsprechend erfreuliches Ergebnis nach dem zweiten Schulhalbjahr Physik in der Jahrgangsstufe 8, wobei auch hier – wie

durch den „U-Test“ von Mann & Whitney deutlich wurde – keine genderspezifische Signifikanz festgestellt werden konnte. Das arithmetische Mittel der Bewertung lässt jedoch einen leichten Trend zur positiveren Bewertung durch die Mädchen deutlich werden.

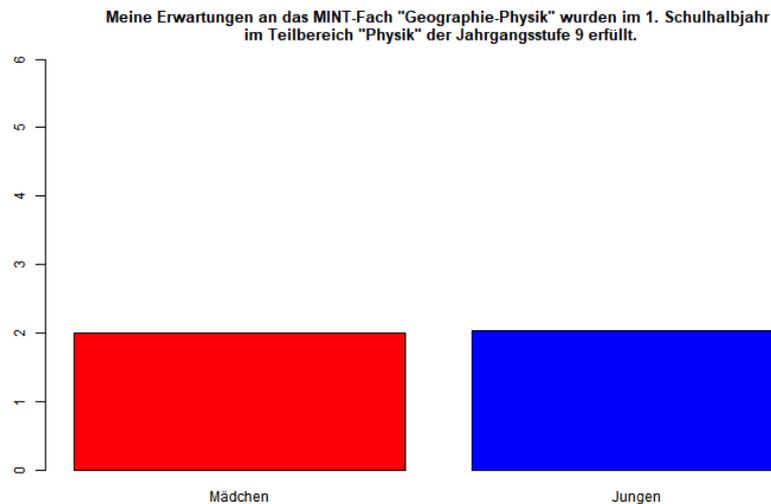


Abbildung 9.4.2: Arithmetisches Mittel der genderspezifischen Bewertungsränge der Erwartungshaltung gegenüber dem MINT-Fach „Geographie-Physik“ nach dem ersten Schulhalbjahr im Teilbereich Physik der Jahrgangsstufe 9 (1.-3. Wahlpflichtfachkohorte) (n=63), eigene Darstellung.

Die Abbildung 9.4.2 lässt im Vergleich zum vorherigen Schulhalbjahr Physik in der Jahrgangsstufe 8 in der daran anschließenden Jahrgangsstufe 9 keinen Trend erkennen, was auch durch den Signifikanztest bestätigt werden konnte. Grundsätzlich wird jedoch deutlich, dass die Erwartungshaltung an den neuen MINT-Unterricht für Schülerinnen wie Schüler erfüllt werden konnte.

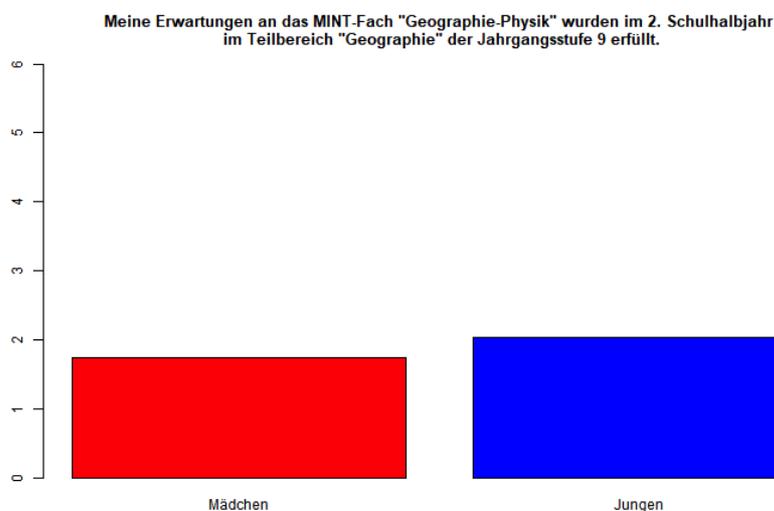


Abbildung 9.4.3: Arithmetisches Mittel der genderspezifischen Bewertungsränge der Erwartungshaltung gegenüber dem MINT-Fach „Geographie-Physik“ nach dem zweiten Schulhalbjahr im Teilbereich Geographie der Jahrgangsstufe 9 (1.-3. Wahlpflichtfachkohorte) (n=62), eigene Darstellung.

Interessant bei dieser Ratingbewertung (s. Abb. 9.4.3) ist die Tatsache, dass sich – wie bereits im zweiten Schulhalbjahr in der Jahrgangsstufe 8 – auch nach dem zweiten Schulhalbjahr in der Jahrgangsstufe 9, jedoch im Teilbereich Geographie, eine tendenziell positivere Bewertung des neuen MINT-Unterrichts durch die Mädchen feststellen lässt. Aber auch nach der Überprüfung durch den „Mann-Whitney-U-Test“ kann bei dieser Erwartungseinschätzung keine genderspezifisch signifikante Besonderheit ermittelt werden.

Auch die in der folgenden Abbildung 9.4.4 dargestellte durchschnittliche Abschlussbewertung des neuen MINT-Wahlpflichtfaches „Geographie-Physik“ zeigt keine genderspezifisch signifikanten Unterschiede auf. Hier wird indes ein minimaler Trend zur minimal positiveren Bewertung durch die Jungen sichtbar, der jedoch – auch wie durch den Signifikanztest überprüft – keine genderspezifische Besonderheit nachweisen kann.

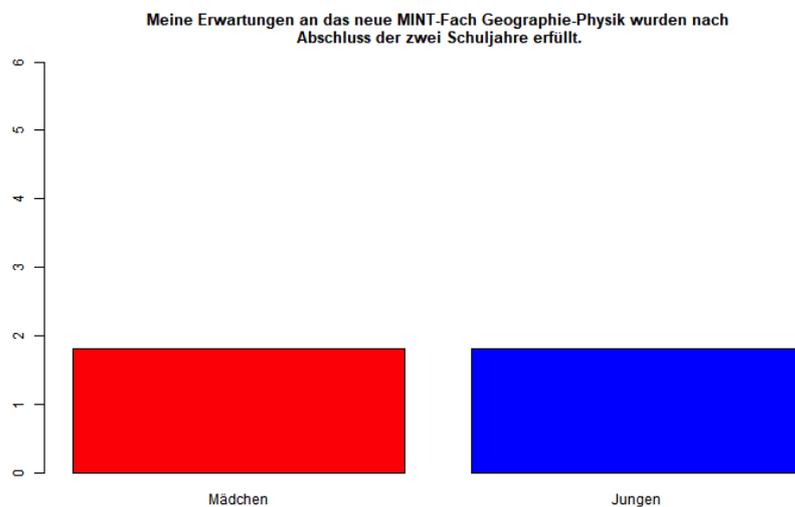


Abbildung 9.4.4: Arithmetisches Mittel der genderspezifischen Bewertungsränge der Erwartungshaltung gegenüber dem MINT-Fach „Geographie-Physik“ nach Abschluss der zwei Schuljahre (1.-3. Wahlpflichtfachkohorte) ($n=62$), eigene Darstellung.

Um eine zusätzliche Bewertung der zu erfüllenden Erwartungshaltung in einem anderen – dichotomen – Frageformat (PORST 2014) zu ermöglichen, konnte zusätzlich der „exakte Test nach Fisher“ angewendet werden, um eine genderspezifische Signifikanz zu überprüfen. Doch auch durch diese Signifikanzüberprüfung konnten keine signifikanten Unterschiede nachgewiesen werden, wengleich die Häufigkeitsverteilung eine minimal erhöhte Tendenz bei den Mädchen andeutet.

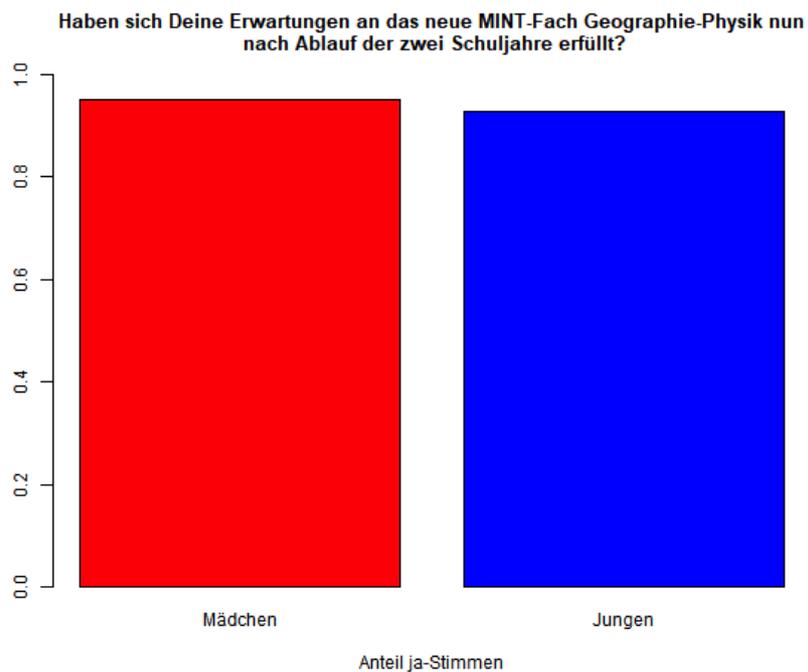


Abbildung 9.4.5: Relative Häufigkeitsverteilung der genderspezifischen Ja-Stimmen von drei Wahlpflichtfachkohorten zur Erwartungshaltung gegenüber dem MINT-Wahlpflichtfach „Geographie-Physik“ nach Abschluss der zwei Schuljahre (n=62), eigene Darstellung.

Fragestellung 3.3:

Können signifikante genderspezifische Interessen- und Motivationsunterschiede in Verbindung mit der Bewertung des neuen MINT-Schulfachkonzeptes festgestellt werden?

Die Untersuchung der genderspezifischen Bewertungsränge nach den einzelnen Schulhalbjahren sowie nach Abschluss der zwei Schuljahre in den Jahrgangsstufen 8 und 9 konnte keine genderspezifisch signifikanten Unterschiede feststellen. Die Erwartungshaltung der Mädchen als auch der Jungen gegenüber dem neuen MINT-Wahlpflichtfachunterricht „Geographie-Physik“ wurde voll erfüllt. Interessant erscheint jedoch der durchschnittliche Trend, dass die Mädchen jeweils zum Ende einer Jahrgangsstufe den MINT-Unterricht tendenziell positiver bewerten, ohne dass jedoch eine Signifikanz ermittelt werden konnte. Grundsätzlich kann hier ein genderspezifisch ausgewogenes Verhältnis bei den Bewertungen festgestellt werden, was sich auch bei der Abschlussevaluation am Ende des letzten Schulhalbjahres nachweisen lässt.

Die Ergebnisse der chronologisch aufbauenden Forschungsfragen werden im Folgenden rekapituliert, um die Ausgangsfrage dieses quantitativen Forschungsvorhabens beantworten zu können.

Ausgangsfragestellung:

Beeinflusst die Integration des Themas Fernerkundung im Rahmen des neuen MINT-Schulfaches in der Sekundarstufe I das Interesse und die Motivation der Schülerinnen und Schüler bei der Wahl des Differenzierungsfaches?

Die Ergebnisse der quantitativen Untersuchung im Panel-Design konnten durch die verschiedenen Beobachtungsstichproben bzw. Wahlpflichtfachkohorten nachweisen, dass die Integration des Themas Fernerkundung im neuen MINT-Wahlpflichtfach „Geographie-Physik“ bei Schülerinnen wie Schülern an der Fallschule so beliebt ist (LINDNER et al. 2018b, 2019a), dass das Fach in den letzten fünf Schuljahren durchschnittlich von 21,2 Lernenden am vierzügigen GSA aus einem Fächerkanon von insgesamt sechs möglichen Differenzierungsfächern gewählt wurde. Der eingangs überproportionalen Anwahl durch Jungen im Vergleich zu den Mädchen konnte durch den Einsatz eines sogenannten „Role-Models“ in Form von einer den Unterricht begleitenden Wissenschaftlerin – auch im Rahmen von „zdi-BSO-MINT-Maßnahmen“ – entgegengewirkt werden, um die MINT-Förderung von Mädchen in diesem neuen MINT-Wahlpflichtfachunterricht zu stärken.

Im Verlauf der letzten fast fünf Schuljahre wurde das neue MINT-Wahlpflichtfach von durchschnittlich 9,8 Mädchen und 11,4 Jungen gewählt, sodass – trotz leichter Tendenz der Schulfachwahl durch die Jungen – von einem genderspezifisch ausgewogenen Verhältnis gesprochen werden kann (s. Abb. 9.1). In diesem Zusammenhang kann festgestellt werden, dass insbesondere das Interesse an den Naturwissenschaften als zentraler motivationaler Beweggrund für die Entscheidung für dieses Wahlpflichtfach bei beiden Geschlechtern – mit leicht erhöhter Tendenz durch die Mädchen – angegeben wurde (s. Abb. 9.2). Das Thema Fernerkundung wurde als fünftrelevantester Beweggrund – mit erneut leichter Tendenz durch die Mädchen – für die Wahlpflichtfachwahl als motivationale Intention aufgeführt (s. Abb. 9.2.7), während das Geomedium Live-Bild/Video von der ISS erst auf Platz 6 und das Geomedium Satellitenbild auf Platz 8 von insgesamt 13 möglichen – vorgegebenen – motivationalen Beweggründen (s. Abb. 9.2) angegeben wurde. Bei der Überprüfung genderspezifischer Unterschiede aller Antwortvorgaben zur motivationalen Begründung der Wahlpflichtfachwahl konnte lediglich bei den Geomedien Satellitenbild und Live-Bild/-Video von der ISS eine relevante Signifikanz durch den „exakten Test nach Fisher“ nachgewiesen werden (s. Tab. 9.1). Hierbei finden Mädchen Satellitenbilder und Live-Bilder von der ISS signifikant nennenswerter interessant als Jungen.

Ähnlich signifikante Ergebnisse konnten durch die Erhebungen während des MINT-Unterrichtes im jeweiligen Verlauf der zwei Schuljahre festgestellt werden (s. Tab. 9.2). Auch hier zeigen sich genderspezifisch signifikante Interessen- und Motivationsunterschiede mithilfe des „Mann-Whitney-U-Test“, die insbesondere im fortgeschrittenen MINT-Unterricht in der Jahrgangsstufe 9 ermittelt werden konnten. Aus diesem Grund kann die Nullhypothese, dass kein genderspezifischer Unterschied zwischen den Geschlechtern bei der Arbeit mit Satellitenbildern und Live-Bildern/-Videos von der ISS vorliegt, verworfen werden. Die Mädchen bewerten diese Geomedien im ersten, dritten sowie vierten Schulhalbjahr signifikant positiver als die Jungen, was sich ebenfalls durch das arithmetische Mittel aller Schulhalbjahre als grundsätzliche Tendenz abzeichnet. Ergo kann hier – in Anlehnung an die Untersuchungsergebnisse durch DITTER (2014) und DITTER & SIEGMUND (2016) – erneut festgestellt werden, dass die Arbeit mit dem Geomedium Satellitenbild von den Mädchen als besonders ansprechend empfunden wird. Darüber hinaus konnte durch die Untersuchungsergebnisse festgestellt werden, dass das Geomedium Live-Bild/-Video von der ISS ähnliche genderspezifische Effekte wie das Satellitenbild hervorruft. Grundsätzlich kann nach der Wahl von insgesamt fünf Beobachtungskohorten und dem Abschluss von drei vollständig evaluierten Wahlpflichtfachkohorten festgestellt werden, dass das Thema Fernerkundung in das neue MINT-Wahlpflichtfachkonzept die Entscheidung zwar beeinflusst hat, jedoch im Vergleich zur motivationalen Begründung durch individuelle Angaben – wie dem Bekanntheitsgrad des Faches oder einen persönlichen Bezug zur Thematik durch den Beruf eines Elternteils o. Ä. – sowie der Begründung durch den Spaß an Naturwissenschaften als auch durch das Schulfach Geographie und durch die Exkursionen an außerschulischen Lernorten quantitativ überwiegen (vgl. Abb. 9.2).

Bei der Bewertung des neuen MINT-Wahlpflichtfachkonzeptes nach den einzelnen Schulhalbjahren und Teilbereichen in den Jahrgangsstufen 8 und 9 konnten keine genderspezifischen Unterschiede nachgewiesen werden, auch wenn im zweiten Schulhalbjahr im Teilbereich Physik sowie im vierten Schulhalbjahr Geographie eine leichte Tendenz zur positiveren Bewertung durch die Mädchen aufgezeigt werden konnte, wenngleich ohne belegte Signifikanz durch den „Mann-Whitney-U-Test“. Die Abschlussbewertung der drei vollständig evaluierten Wahlpflichtfachkohorten konnte demnach ebenfalls keine genderspezifische Signifikanz belegen.

Erfreulich erscheint das Bewertungsergebnis beider Geschlechter, Mädchen wie Jungen, das – wie in Abbildung 9.5 deutlich wird – eine insgesamt voll erfüllte Erwartungsbestätigung durch das neue MINT-Unterrichtskonzept nach Ablauf der zwei Schuljahre in der Jahrgangsstufe 8 und 9 am GSA dokumentiert.

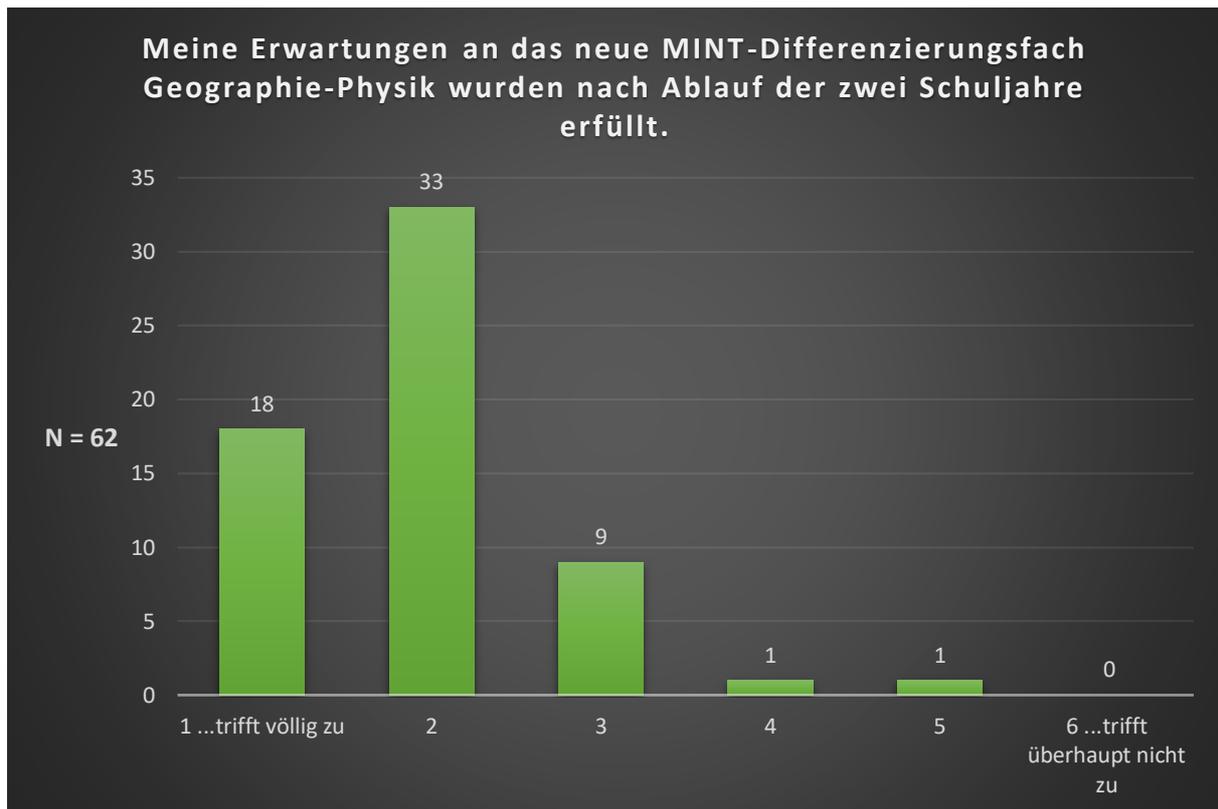


Abbildung 9.5: *Bewertungsrating der drei vollständig evaluierten Wahlpflichtfachkohorten zur Erwartungshaltung gegenüber dem MINT-Wahlpflichtfach „Geographie-Physik“ nach Abschluss der zwei Schuljahre (n=62), eigene Darstellung.*

Festzuhalten bleibt, dass die Integration des Themas Fernerkundung zwar nicht unmittelbar die Entscheidung zur Wahlpflichtfachwahl beeinflusst, jedoch die Integration der Geomedien Live-Bild/-Video von der ISS und Satellitenbild genderspezifisch signifikante Unterschiede bei der motivationalen Begründung hervorruft. Die Mädchen bekunden die Arbeit mit den entsprechenden Geomedien signifikant ansprechender als die Jungen.

Die quantitative Anwahl des neuen MINT-Wahlpflichtfaches „Geographie-Physik“ im Verlauf von fünf Schuljahren konnte ein fast ausgewogenes Verhältnis zwischen Mädchen und Jungen am GSA dokumentieren, das – auch durch den *Bottom-up*-Ansatz im Verlauf der aktionsforschenden Intentionen des explorativ vorgeschalteten Forschungsvorhabens – durch die individuellen Lerngruppen mitgeprägt wurde. Insgesamt kann festgehalten werden, dass – bis auf die motivationale Bewertung hinsichtlich der eingesetzten Geomedien im neuen MINT-Wahlpflichtfachkonzept – Mädchen wie Jungen, ohne genderspezifische Signifikanz, das neue MINT-Schulfachkonzept sowie die durchgängig eingesetzten FIS-Lernmodule erfreulich positiv bewerten.

9.2 Fernerkundungsdidaktische Schlussfolgerungen

Im Sinne des *Mixed-Methods*-Ansatzes dieser Studie werden, um fernerkundungsdidaktische Schlussfolgerungen ableiten zu können, die qualitativ erhobenen Ergebnisse der Implementierung des neuen MINT-Wahlpflichtfaches „Geographie-Physik“ mit den quantitativ ausgewerteten Forschungsergebnissen kombiniert und zusammengefasst.

Auf der Grundlage einer explorativen Fragestellung zu schulpraktischen Möglichkeiten, das Thema Fernerkundung in den Schulunterricht der Sek. I in NRW nachhaltig zu integrieren, konnte im Verlauf von fast sieben Schuljahren – ab dem „Schlüsselschulevent *Live-Call* zur ISS“ an der Beispielschule GSA im September 2014 – ein neues fächerübergreifendes MINT-Schulfachkonzept im Differenzierungsbereich der Sek. I fest in den Wahlpflichtfachkanon implementiert werden, das nicht nur das Thema Fernerkundung und Erdbeobachtung von der ISS, sondern auch das Thema der bemannten Raumfahrt in einem – offenen – Curriculum zusammenführt. In Kooperation mit der AG Fernerkundung des GIUB und der AG Geomatik der RUB konnte die Entwicklung digitaler und interdisziplinärer Unterrichtsmaterialien zur Fernerkundung und Erdbeobachtung von der ISS – in stetiger formativer Evaluation – im neuen MINT-Wahlpflichtfachkonzept erprobt und erweitert werden. Durch die schulpraktische Erprobung des neuen MINT-Wahlpflichtfachkonzeptes konnte das konzipierte didaktisch-methodische wie mediendidaktische Konzept in Anlehnung an das „magische Viereck mediendidaktischer Innovation“ von KERRES (2001) fortwährend überprüft und der Einsatz der digitalen Lernarrangements der universitären Projekte FIS, Columbus Eye und KEPLER ISS im Rahmen der Triangulation mit den Kooperationspartnern kontinuierlich mithilfe des CEval-Evaluationsleitfaden von STOCKMANN (2014) evaluiert werden.

In der Praxis am GSA konnte ein fächerübergreifendes Curriculum – passend zu den jeweiligen interaktiven Lernmodulen – und einem zusätzlichen Pool an digitalen wie klassischen Unterrichtsmaterialien zur Thematik Fernerkundung entwickelt werden (LINDNER et al. 2019a), das eine adaptive Diffusion zur nachhaltigen Integration des Themas Fernerkundung in der Sek. I in NRW ermöglicht. Hierzu wurde zusätzlich ein schuljuristischer Implementationsleitfaden für das Bundesland NRW entwickelt (s. Abb. 7.1), der Lehrkräften die schulrechtlichen Implementationsstufen für die Einführung des neuen MINT-Wahlpflichtfaches „Geographie-Physik“ erläutert. Um die schulinternen Voraussetzungen für eine Implementierung des neuen Wahlpflichtfaches in Kombination mit digitalen Lernarrangements erfassen zu können, wurde das „magische Viereck mediendidaktischer Innovation“ von KERRES (2001) als zusätzliches Implementationsinstrument für die Umsetzung in der Praxis in das in diesem Forschungsvorhaben

entwickelte MINT-Schulfachkonzept eingebunden, das als zusätzliche Hilfestellung für eine intendierte Diffusion herangezogen werden kann (vgl. dazu Abb. 5.1).

Fortbildungsveranstaltungen zu den universitären Projekten durch die kooperierenden Arbeitsgruppen können den Einsatz der digitalen Unterrichtsmaterialien als additional Unterstützung dienen, um das Thema Fernerkundung durch das neue MINT-Wahlpflichtfach „Geographie-Physik“ nachhaltig in der Sek. I zu implementieren.

Die Weiterentwicklung des neuen MINT-Differenzierungsfaches wird auch zukünftig durch die Kooperationsvereinbarungen mit den universitären Partnern am GSA fortgeführt, um den Austausch zwischen schulischer Praxis und universitärer Lehre und Forschung im Kontext einer Fernerkundungsdidaktik zu vertiefen, sodass das neue MINT-Schulfachkonzept – auch vor dem Hintergrund der aktionsforschenden Intentionen – einer stetigen Entwicklung unterliegt, die über diese Studie hinausgehen wird.

Das bis zum aktuellen Stand – dem Schuljahr 2020/21 – vorliegende MINT-Schulfachkonzept „Geographie-Physik“ am GSA wurde in Anlehnung an das Modell einer fernerkundungsdidaktischen Gesamtkonzeption von SIEGMUND (2011) konzipiert. Hierbei wurden grundsätzlich alle Stufen des Modells fest integriert – einschließlich der optionalen Stufe hinsichtlich der Funktionsweise von Satelliten sowie der Fernerkundungstechnik. Dadurch konnte die fächerübergreifende Grundidee, die Anwendung von Fernerkundungsdaten für geographisch relevante Fragestellungen mit den physikalischen Grundlagen der Fernerkundungstechnik zu verbinden, im neuen MINT-Wahlpflichtfach „Geographie-Physik“ umgesetzt werden. Darüber hinaus konnte durch das neue MINT-Unterrichtskonzept in Kombination mit dem kontinuierlichen Einsatz der universitär entwickelten Lernarrangements ein digital-partizipatives Lernsetting in der Sek. I realisiert werden, das über die visuelle Interpretation von Echtfarbensatellitenbildern hinausgeht und im fernerkundungsdidaktischen Diskurs für den Schulunterricht seit einigen Jahren gefordert wird (FUCHSGRUBER et al. 2017).

Ausgehend von den Bedingungsfaktoren Alter, Geschlecht, Interesse, Alltagserfahrungen in Bezug auf Satellitenbilder, fächerübergreifende Aspekte sowie Komplexitätsstufen des Modells einer fernerkundungsdidaktischen Gesamtkonzeption von SIEGMUND (2011) konnte anhand der motivationalen Begründung der Wahlpflichtfachwahl von insgesamt fünf Beobachtungskohorten in den Jahrgangsstufen 8 und 9 im Verlauf der letzten fünf Schuljahre am GSA dokumentiert werden, dass bei Mädchen wie Jungen der persönliche Bezug durch Alltagserfahrungen mit Satellitenbildern in Verbindung mit dem Interesse an den Naturwissenschaften einen besonderen motivationalen Aspekt bei der Begründung zur Wahl des Wahlpflichtkurses

einnahmen. Mit Rückgriff auf die Ergebnisse von DITTER & SIEGMUND (2016) zu Gender-Effekten bei der Auseinandersetzung mit Satellitenbildern konnte bereits vor Beginn des neuen MINT-Unterrichts und der damit einhergehenden intensiven Beschäftigung mit Satellitenbildern ein genderspezifisch signifikanter Unterschied bei der motivationalen Begründung der Wahlpflichtwahl nachgewiesen werden. Mädchen der Jahrgangsstufe 8 gaben die Möglichkeit, mit Satellitenbildern zu arbeiten, als motivationale Begründung der MINT-Fachwahl signifikant häufiger als die Jungen derselben Jahrgangsstufe an, was jedoch auch an der möglichen Vorerfahrung mit dem entsprechenden Geomedium und der bereits intendierten Entscheidung zu „Geographie-Physik“ zusammenhängen könnte. Das Geomedium Live-Bild/-Video von der ISS erreichte bei der motivationalen Intention insgesamt einen höheren Zuspruch als das Satellitenbild, jedoch mit ähnlichen, genderspezifisch signifikanten Effekten. Die Schülerinnen gaben dieses Erdbeobachtungsmedium signifikant häufiger als Grund für die Entscheidung an. Auch die Ergebnisse der folgenden Panelerhebungen konnten erneut und lediglich bei der Fragestellung hinsichtlich des persönlichen Interesses an der Arbeit mit den Geomedien Satellitenbild und Live-Bild/-Video von der ISS genderspezifisch signifikante Unterschiede nachweisen, die mit Rückgriff auf die inferenzstatistischen Ergebnisse der Vorevaluation auch wieder ein signifikant höheres Interesse der Mädchen bestätigen. Diese Ergebnisse decken sich mit denen der Unterrichtsbeobachtungen und leitfragengestützten Gruppendiskussionen in den Wahlpflichtkursen. Insbesondere die Mädchen äußerten oftmals ihre Motivation, mit entsprechenden Geomedien zu arbeiten und zehn Schülerinnen belegten – im Verlauf der letzten fünf Schuljahre – gleichzeitig auch die Ganztags-AG Fernerkundung parallel zum Wahlpflichtfachunterricht am GSA. Eine Schülerin der dritten Wahlpflichtfachkohorte besucht im Rahmen der Begabtenförderung bereits – nachweislich angeregt durch das neue MINT-Differenzierungsfach „Geographie-Physik“ – einige Vorlesungen und Übungen zur Astronomie an der Universität Bonn, was als zusätzlicher Effekt ergänzt werden kann. Das neue MINT-Schulfachkonzept kann demnach – auch durch die im Schulfachkonzept integrierten „zdi-BSO-MINT-Maßnahmen“ – die Förderung von Mädchen in MINT-Fächern durch die Integration des Themas Fernerkundung in den Schulunterricht bewirken.

Die Befragungsergebnisse der fest integrierten digitalen Lernarrangements des Projektes FIS in das neue MINT-Unterrichtskonzept konnten indes – trotz der Integration des Geomediums Satellitenbild – keine genderspezifisch signifikanten Unterschiede feststellen. Die Bewertung der digitalen Lerneinheiten erfolgte durch Mädchen wie Jungen erfreulich positiv. Unter Berücksichtigung des *Bottom-up*-Ansatzes der neuen MINT-Wahlpflichtfachgestaltung konnten durch die Ergebnisse der offenen Fragen zu Wünschen und Erwartungshaltungen gegenüber

dem neuen MINT-Unterrichtskonzeptes Impulse für die Weiterentwicklung digitaler Lernapps mit *Augmented-Reality*-Elementen der Projekte Columbus Eye und KEPLER ISS an die universitären Arbeitsgruppen weitergeleitet werden, wodurch auch die Schüler aktiv-partizipativ auf die MINT-Unterrichtsentwicklung einwirken konnten. Als konkretes Beispiel kann hier die für das Schulfach Physik entwickelte Lernapp „Das Erde-Mond-System“ im Rahmen des Projektes KEPLER ISS genannt werden, in der die Themen Gravitation und Kepler'sche Gesetze integriert wurden (LINDNER et al. 2019b).

Nach Abschluss der vier – auch formativ – erhobenen Schuljahre der insgesamt fünf Wahlpflichtfachkohorten im neuen MINT-Wahlpflichtfach „Geographie-Physik“ am GSA konnten die inferenzstatistischen formativen wie summativen Ergebnisse zwar keine genderspezifisch signifikanten Unterschiede bei der Bewertung der Teilhalbjahre sowie der vollständigen zwei Schuljahre nachweisen, jedoch konnte eine Tendenz beobachtet werden, die auf die Forschungsergebnisse der Studien von DITTER (2014) und DITTER & SIEGMUND (2016) durch den signifikanten Zugewinn des Selbstbestimmungsindex (SDI) durch die Auseinandersetzung mit digitalen Fernerkundungsdaten bei den Mädchen zurückzuführen ist. Mit den in dieser Studie signifikant deutlich gewordenen genderspezifischen Unterschieden in Bezug auf die motivationale Bewertung der Geomedien Satellitenbild und Live-Bild/-Video von der ISS kann zusätzlich bei der Bewertung der einzelnen Teilhalbjahre eine leichte Tendenz der positiveren Bewertung durch die Mädchen jeweils zum Abschluss eines vollständigen Schuljahres (Jahrgangsstufe 8 und 9) beobachtet werden. Dies könnte durch den genderspezifisch signifikanten Effekt der besonderen Lernförderung von Mädchen durch die intensive Auseinandersetzung mit Satellitenbildern in Verbindung mit dem deutlichen Anstieg des SDI erklärt werden. Nach einem vollständigen Schuljahr konnte tendenziell eine positivere Bewertung durch die Mädchen, wenngleich ohne genderspezifische Signifikanz, dokumentiert werden. Bei der Abschlussbewertung der vollständigen zwei Schuljahre konnte hingegen ein ausgewogenes Verhältnis der durchaus positiven Bewertung durch Jungen wie Mädchen festgestellt werden.

Bei der Zusammenfassung der quantitativen Forschungsergebnisse fällt auf, dass in dieser Studie nachgewiesen werden konnte, dass nicht nur das Geomedium Satellitenbild, sondern auch das Geomedium Live-Bild/-Video von der ISS genderspezifisch signifikante Unterschiede bei der motivationalen Bewertung nachweisen konnte. Somit können ähnliche, genderspezifische Effekte durch die Arbeit mit den Erdbeobachtungsdaten des neuen Geomediums Live-Bild/-Video von der ISS durch die universitären Projekte Columbus Eye und KEPLER ISS erkannt werden. Mädchen bekunden in diesem Kontext signifikant häufiger den motivationalen Aspekt,

was sich auch mit den Ergebnissen der leitfragengestützten Gruppendiskussionen und der Unterrichtsbeobachtungen deckt. Die Mädchen äußerten vergleichsweise nachdrücklicher die Faszination über diese Möglichkeit der Erdbeobachtung. Einige Schülerinnen, die bei dem Schulentvent „*Live-Call*“ aktiv mitgewirkt haben und sich „im Astrohype“ für das neue MINT-Wahlpflichtfach „Geographie-Physik“ entschieden haben, besuchten noch nach dem Ablauf der zwei Schuljahre in der Oberstufe – immer noch begeistert – Exkursionen wie Bildungsveranstaltungen des Schulfachkonzeptes, um aktiv bei der Diffusion des neuen MINT-Wahlpflichtfaches mitzuwirken. Als Klassenlehrerin der Erprobungsstufe am GSA im Schuljahr 2014/15 konnte ich seitdem den „Bildungsgang“ einiger Mädchen meiner damaligen Klasse durch den Unterricht in der Mittel- wie Oberstufe kontinuierlich mitverfolgen und die nachweislich positiven Effekte, die sich durch die Implementation des neuen MINT-Wahlpflichtfaches im Verlauf der letzten fünf Schuljahre bei den Mädchen abgezeichnet haben. Vor diesem Hintergrund muss erwähnt werden, dass sich einige Mädchen bei den verschiedensten Präsentationsveranstaltungen vor Publikum wie TV- und Radioaufzeichnungen stets freiwillig meldeten und auch vor einer Jury von Luft- und Raumfahrtexperten im Deutschen Technikmuseum in Berlin im Rahmen des Schülerwettbewerbes „Ideenflug“ der Airbus-Group ihr für das Finale nominierte Schülerprojekt eloquent vorstellen konnten. Die Nominierung zum Finale des Schülerwettbewerbes im Deutschen Technikmuseum in Berlin der verschiedenen Mädchengruppen der AG Fernerkundung am GSA erfolgte im Schuljahr 2016/17 und im Schuljahr 2018/19. Diese fast ausschließlich – bis auf einen Schüler – aus Mädchen bestehenden AG-Fernerkundungs-Gruppen besuchten gleichzeitig das neue MINT-Wahlpflichtfach „Geographie-Physik“. Diese Mädchen gestalteten ebenfalls aktiv den Workshop zur Vorstellung des neuen MINT-Wahlpflichtfaches im Rahmen der Bildungskonferenz des Rhein-Sieg-Kreises im November 2019 mit und nahmen auch an den Seminarveranstaltungen mit der Fachdidaktik Geographie der Universität Bonn teil. Dieses Schuljahr (2020/21) beenden die Schülerinnen des ersten „Wahlpflichtjahrgang“ ihre gymnasiale Laufbahn nach acht Schuljahren mit dem deutsch-französischen Abitur bzw. „AbiBac“ ab und konnten parallel im MINT-Bereich am GSA durch den MINT-Wahlpflichtunterricht „Geographie-Physik“ und der AG Fernerkundung im Ganztagsbereich am GSA gefördert werden, was sich – wahrscheinlich – auch auf das Leistungsbild der Schülerinnen positiv ausgewirkt hat.

Durch ein im Verlauf der vier Schuljahre zusätzlich entwickeltes Exkursionskonzept im Rahmen der zdi-MINT-Förderung in NRW profitierte die Zielgruppe der Schüler zusätzlich von außerschulischen Lernorten und Bildungseinrichtungen in Begleitung der kooperierenden Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler. Durch die regelmäßige Begleitung und der aktiven Mit-

gestaltung des Informationsabends zur Wahlpflichtwahl am GSA durch eine Wissenschaftlerin als sogenanntes „Role-Model“ im Sinne der MINT-Mädchenförderung wurde der eingangs überproportionalen Fachanwahl durch Jungen entgegengewirkt, wodurch insgesamt ein fast ausgewogenes Verhältnis zwischen Mädchen und Jungen im Verlauf der letzten fünf Differenzierungswahlen erzielt werden konnte, wenngleich insgesamt noch eine tendenziell häufigere Anwahl durch die Jungen festzustellen ist. Ein weiterer Aspekt, der im Verlauf der Unterrichtsbeobachtungen wahrgenommen werden konnte, ist die quantitativ auffällige Anwahl von Lernenden, die gleichzeitig im Rahmen der schulinternen Begabtenförderung am Projektunterricht am GSA teilnahmen bzw. noch besuchen. Aus diesem Grund wurde das erarbeitete Exkursionskonzept des neuen MINT-Wahlpflichtfaches „Geographie-Physik“ in das Konzept des schulinternen Projektunterrichtes im Rahmen der Begabtenförderung ab dem Schuljahr 2019/20 integriert, um mögliche Synergieeffekte – auch auf Schulentwicklungsebene im MINT-Bereich – ermöglichen zu können.

Um die neue MINT-Wahlpflichtfachinnovation „Geographie-Physik“ mit den universitären Lernarrangements im Sinne des CEval-Ansatzes nach STOCKMANN (2014) als innovatives Wahlpflichtfachmodell für eine Diffusion zur nachhaltigen Integration des Themas Fernerkundung in den Schulunterricht der Sek. I in NRW bekannt zu machen, wurden die ersten Forschungsergebnisse der formativen Evaluation bereits gemeinsam veröffentlicht. Das neue MINT-Fach konnte hierbei bereits deutlich machen, dass die Lernenden des neuen Wahlpflichtfaches motiviert sind, sich durch die Geomedien Satellitenbild und Live-Bilder/-Videos von der ISS und damit auch aus der Perspektive einer Astronautin oder eines Astronauten (LINDNER et al. 2018b) intensiver mit den MINT-Fächern auseinanderzusetzen und dabei fachliche und methodische wissenschaftliche Kompetenzen anzubahnen und zusätzliche Soft Skills zu trainieren. Das neue Schulfachkonzept ermöglicht dabei nicht nur vielfältige Optionen in der MINT-Bildung oder -Ausbildung, sondern kann langfristig dem Mangel an MINT-Arbeitskräften entgegenwirken (LINDNER et al. 2019a, 2019b).

Der mediendidaktische Ansatz der Projekte Columbus Eye und KEPLER ISS fokussiert sich hierbei zunehmend vom *E-Learning*, das in der Fernerkundung zur quantitativen Analyse von Satellitenbildern unverzichtbar ist, zum *M-Learning*, um den in KERRES (2001) erforderlichen Teilbereich der digitalen Infrastruktur an Schulen als Grundvoraussetzung einer praxisorientierten Einbindung der digitalen Lernarrangements durch den Einsatz der mobilen Endgeräte der Lernenden umgehen zu können. „Hierzu werden Apps mit Augmented Reality erstellt, die klassische Arbeitsblätter auf Papier mit Videos, Animationen und kleinen Experimenten erwei-

tern. Zusätzlich wird aus ISS- und weiteren Fernerkundungsdaten eine erste Virtual-Reality-Anwendung entwickelt“ (LINDNER et al. 2019b:252). Die Kooperation in Verbindung mit dem neuen MINT-Wahlpflichtfach „Geographie-Physik“ „[...] ermöglicht dabei nicht nur die Chance, das Interesse und die Motivation der SuS für die Fächer Geographie und Physik zu wecken, sondern auch eine praxisnahe Qualifikation für die MINT-Berufswelt anzubahnen“ (LINDNER et al. 2019b:252). Die AR- und VR-Anwendungen zur Thematik Fernerkundung und Erdbeobachtung durch die ISS werden auch zukünftig im Unterricht des neuen MINT-Schulfachkonzeptes erprobt, um zu untersuchen, ob die eingesetzten digitalen Lernarrangements in Verbindung mit dem neuen Wahlpflichtfach am GSA den Wunsch nach einer MINT-Karriere erhöhen (LINDNER et al. 2019b).

Ab dem Schuljahr 2019/20 konnte darüber hinaus noch eine Zusammenarbeit mit der Fachdidaktik des GIUB in Verbindung mit dem neuen MINT-Wahlpflichtfach „Geographie-Physik“ angebahnt werden. Die Vorstellung des neuen MINT-Schulfachkonzeptes bei zukünftigen Geographielehrern erhöht dadurch ebenfalls die mögliche Diffusion dieser neuen, fernerkundungs-didaktischen Schulfachinnovation, um das Thema Fernerkundung und Erdbeobachtung von der ISS in Verbindung mit den digitalen Lernarrangements der universitären Projekte nachhaltig in den Schulunterricht integrieren zu können. Zusätzlich wurden neben der Vorstellung der Implementationsmöglichkeiten des neuen MINT-Faches auch Orientierungsseminare zum Thema „digitales Lernen im Distanzunterricht“ für die Lehramtsstudierenden im Fach Geographie im Austausch mit Schülern der Leistungskurse Geographie der Qualifikationsphase 1 und 2 digital über ein Videokonferenzsystem arrangiert, um Chancen und Risiken des digitalen Lernens unter Pandemiebedingungen gemeinsam erörtern zu können. Insbesondere durch die erforderlich gewordenen Schließungen der Bildungseinrichtungen durch die Corona-Pandemie konnten die Vorteile der digitalen Unterrichtsmaterialien der Projekte FIS, Columbus Eye und KEPLER ISS deutlich machen. Die erste Erhebung nach der ersten Schulschließung im zweiten Schulhalbjahr 2019/20 der dritten und vierten Wahlpflichtfachkohorten konnten bestätigen, dass die digitalen Unterrichtsmaterialien der Projekte nicht nur für die unterrichtende Lehrkraft, sondern auch für die Lernenden im MINT-Fach „Geographie-Physik“ eine hilfreiche Unterstützung innerhalb des Distanzunterrichtes darstellten. Hierzu muss allerdings angemerkt werden, dass bei dieser ersten Erhebung zum Distanzunterricht im Schuljahr 2019/20 die Rahmenbedingungen des digitalen Lernens nur über den Filehosting-Dienst „OneDrive“ von MICROSOFT am GSA ermöglicht werden konnten, sodass nur ein digitaler, schriftlicher Kontakt mit den Lernenden stattfinden konnte. Durch die unabdingbare Erweiterung des Distanzlernens im Verlauf des aktuellen Schuljahres 2020/21 konnte am GSA die Kollaborationssoftware TEAMS – ebenfalls von MICROSOFT

– die Möglichkeiten des digitalen Lernens über Videokonferenzsysteme und der Einrichtung von eigenen Lerngruppenkanälen erweitern. Die Daten dieser Form des Distanzlernens werden dazu noch erhoben. Ein digitales Expertengespräch mit der begleitenden Wissenschaftlerin konnte noch am letzten Präsenzschochtag vor der erneuten Schließung der Schulen im Dezember 2020 über das Videokonferenzsystem ZOOM am GSA stattfinden.

In Verbindung mit der additionalen kooperativen Zusammenarbeit mit der Fachdidaktik Geographie der Universität Bonn wurden bereits zwei Studienprojekte im Rahmen der Lehramtsausbildung für das Schulfach Geographie in Verbindung mit dem Implementationsprozess des neuen MINT-Wahlpflichtfaches angefertigt. Ein Lehramtsstudent der letzten gemeinsamen Orientierungsseminarveranstaltung am GSA hat – ausschlaggebend durch diese Veranstaltung – das GSA als Ausbildungsschule für das zu absolvierende Praxissemester gewählt, um vertiefende Informationen über das Implementationsvorgehen erhalten und sein Studienprojekt dazu anfertigen zu können.

Die Synergieeffekte der Implementation des MINT-Wahlpflichtfaches „Geographie-Physik“ sind nicht nur für fernerkundungsdidaktische Schlussfolgerungen relevant, sondern erweitern das Forschungsvorhaben um Fragestellungen zu schulinternen Entwicklungsprozessen, was erst im Verlauf dieser Studie erkannt werden konnte. Durch die Einführung des mittlerweile seit fünf Jahren fest etablierten MINT-Wahlpflichtfaches „Geographie-Physik“ am GSA konnte das MINT-Profil der Schule nachweislich durch die Auszeichnungen „MINT-freundliche Schule“ wie „digitale Schule“ gestärkt werden, da durch die außerschulischen Kooperationen mit Hochschulen sowie universitären Projekten und Wettbewerben im MINT-Bereich die Voraussetzungen einer entsprechenden Akkreditierung komplettiert werden konnten.

Um im Sinne des CEval-Ansatzes nach STOCKMANN (2014), der die Ebenen der Einführung, Konsolidierung und einer nachhaltigen Implementierung durch ein Programm – das MINT-Wahlpflichtfach „Geographie-Physik“ am GSA – mit entsprechenden internen wie externen Wirkungsfeldern miteinbezieht, die nachweislichen Effekte der Schulfachinnovation zu verdeutlichen, werden alle erhobenen Ergebnisse dieser Studie in der folgenden Abbildung 9.6 als Gesamtüberblick dargestellt. Ausgehend von diesen Effekten – bedingt durch die Integration des neuen MINT-Wahlpflichtfaches am GSA – wird das Schulqualitätsmodell von DITTON (2010) herangezogen, um nicht nur die Möglichkeiten einer nachhaltigen Integration des Themas Fernerkundung in den Schulunterricht durch ein fernerkundungsdidaktisches Schulfachkonzept am Beispiel des Bundeslandes NRW aufzuzeigen, sondern auch fernerkundungsdidaktische Schlussfolgerungen durch die genderspezifisch signifikanten Unterschiede im Rahmen

dieser Studie durch die Arbeit mit den Geomedien Satellitenbild und Live-Bild/-Video von der ISS begründen zu können.

Durch die folgende Abbildung 9.6 werden – gemäß des in diesem Forschungsvorhaben umgesetzten Evaluierungskonzeptes in Anlehnung an den CEval-Evaluierungsleitfaden von STOCKMANN (2014) – die Effekte der Einführung des neuen MINT-Wahlpflichtfaches „Geographie-Physik“ am GSA im Verlauf der letzten fünf Schuljahre verdeutlicht.

1. Programm „MINT-Wahlpflichtfach „Geographie-Physik“ und Umwelt	
1.1	Programmbeschreibung
	<p>Innovationskonzept:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Fächerübergreifendes MINT-Wahlpflichtfachkonzept „Geographie-Physik“ zur Integration des Themas Fernerkundung und Erdbeobachtung von der ISS in den Schulunterricht der Sek. I in NRW ● Fächerübergreifendes Curriculum mit Einbindung der digitalen Lernarrangements der Projekte FIS, Columbus Eye & KEPLER ISS ● Mediendidaktisches Evaluationskonzept als schulinterne Implementationshilfe durch das „magische Viereck mediendidaktischer Innovation“ (KERRES 2001) ● Schuljuristischer Implementationsleitfaden für das Bundesland NRW
1.2	Umwelt-/Kontextbedingungen
	<ul style="list-style-type: none"> ● Fächerübergreifendes MINT-Wahlpflichtfach mit den Schulfächern Geographie und Physik durch die Thematik Fernerkundung und Erdbeobachtung von der ISS ● Verbesserung des Schulfaches Geographie als MINT-Fach durch physiogeographische Unterrichtsthemen in Verbindung mit einer sich methodisch etablierenden Geomatik als Fachwissenschaft ● Förderung der geforderten <i>Scientific Literacy</i> (OECD 2007) durch das Thema Fernerkundung in Verbindung mit physiogeographischen Inhaltsfeldern ● Fächerübergreifende Unterrichtskonzepte zur Förderung der MINT-Schulfächer von der KMK (2009) ausdrücklich erwünscht ● Realisierung einer praxisorientierten Einbindung der Thematik Fernerkundung als innovatives digital-partizipatives Lernsetting im Unterricht des MINT-Wahlpflichtfachkonzeptes „Geographie-Physik“ ● Teilbereiche Geographie und Physik im schulhalbjährlichen Wechselunterricht in den Jahrgangsstufen 8 und 9 ● Förderung der Mädchen im MINT-Wahlpflichtfach durch „zdi-BSO-MINT-Maßnahmen“ des zdi-Netzwerkes in NRW ● Förderung der schulinternen MINT-Schulfächer zur Stärkung des MINT-Schulprofils ● Ausgleich des Verlustes einer Wochenstunde des Schulfaches Geographie in der Sek. I in NRW durch den Übergang des gymnasialen Bildungsgangs nach neun Schuljahren (G9) ● Aufwertung des Schulfaches Geographie als MINT-Fach in NRW

- **Zielsetzung:** nachhaltige Implementation der Thematik und Methodik der Fernerkundung im Schulunterricht in der Sek. I in NRW durch ein fernerkundungsdidaktisches Wahlpflichtfachkonzept
- **Zielgruppe:** Lernende der Jahrgangsstufen 8 und 9 (G9: Jahrgangsstufen 9 und 10)

2. Programmverlauf

2.1 Planung:

- trilaterale Kooperation: GSA – AG Fernerkundung GIUB – AG Geomatik RUB

2.2 Steuerung:

- offizielle Kooperationsvereinbarungen mit grundlegenden kooperativen Vereinbarungen, z. B. Exkursionen, Veranstaltungen o. Ä.
- stetige formative Evaluation und Organisationsplanungen durch die zuständigen Kontaktpersonen
- regelmäßige Evaluationstreffen der Kooperationspartner zur Ergebnisevaluation nach einem Schuljahr (Triangulation)

2.3 Nachbetreuung:

- weitergeführte Kooperationsvereinbarungen zur Intensivierung des Austausches zwischen schulischer Praxis und universitärer Lehre und Forschung
- Steuerung bleibt bestehen

3. Interne Wirkungsfelder

3.1 Zielakzeptanz bei den Durchführungsorganisationen und/oder politisch übergeordneten Organisationen:

- kooperative Zusammenarbeit im Kontext der Kooperationsvereinbarungen in Verbindung mit dem neuen MINT-Wahlpflichtfach „Geographie-Physik“ am GSA
- quantitativ positive Anwahl des MINT-Wahlpflichtfaches „Geographie-Physik“ durch die Schüler am GSA im Verlauf von fünf Schuljahren
- Öffentlichkeitswirksame Kooperation

3.2 Personal:

- Fachschaften Geographie & Physik im *Team-Teaching* durch eine Lehrkraft für den Teilbereich Geographie und den Teilbereich Physik möglich oder eine Lehrkraft mit der Qualifikation für beide Schulfächer
- Stärkung der kooperativen Zusammenarbeit der schulinternen Fachschaften Geographie und Physik durch die Fächerkombination „Geographie-Physik“
- Lehrerfortbildungen zur Einbindung der digitalen Lernarrangements der Projekte FIS, Columbus Eye & KEPLER ISS in den Unterricht durch die universitären Arbeitsgruppen regelmäßig möglich

3.3 Organisationsstruktur: (insb. Funktionalität und Funktionsfähigkeit)

- regelmäßig durchgeführte Kooperationstreffen (auch digital) im Kontext einer Triangulation

	<ul style="list-style-type: none"> ● Entwicklung eines gemeinsamen Exkursionskonzeptes ● kooperative wissenschaftliche Zusammenarbeit durch gemeinsame Publikationen der Forschungsergebnisse
3.4	Finanzielle Ressourcenverfügbarkeit:
	<ul style="list-style-type: none"> ● Förderverein der Schule ● Finanzielle Förderung durch die „zdi-BSO-MINT-Maßnahmen“ des zdi-Netzwerkes des Rhein-Sieg-Kreises
3.5	Technologie: Technische Infrastruktur (insb. Ausstattung)
	<ul style="list-style-type: none"> ● Stadt Siegburg als Schulträger des GSA durch offizielle Kooperationsvereinbarungen über das Forschungsvorhaben informiert ● digitaler Ausbau der Schul-IT im Verlauf der letzten fünf Schuljahre mit Apple-TV ● Klassen- oder Fachräume für den MINT-Wahlpflichtfachunterricht mit entsprechender digitaler Infrastruktur ausgestattet ● Einführung von Tablet-Klassen in der Erprobungsstufe ● Distanzlernen durch die Kollaborationssoftware MS TEAMS
3.6	Technologie:
	<ul style="list-style-type: none"> ● <i>E-Learning & M-Learning</i> als <i>Blended Learning</i> in der MINT-Unterrichtskonzeption „Geographie-Physik“ integriert ● notwendige Schulausstattung: Computer & Laptops ● Endgeräte der Schüler: Smartphone
4. Externe Wirkungsfelder	
4.1	Zielakzeptanz bei den Zielgruppen:
	<ul style="list-style-type: none"> ● durchgängig positive quantitative Anwahl des neuen MINT-Wahlpflichtfaches „Geographie-Physik“ durch Mädchen wie Jungen im Verlauf der letzten fünf Schuljahre ● positive Bewertung des neuen MINT-Schulfachkonzeptes durch die Lernenden ● positive Bewertung der digitalen Unterrichtsmaterialien zum Thema Fernerkundung und Erdbeobachtung von der ISS der universitären Projekte FIS, Columbus Eye und KEPLER ISS
4.2	Zielgruppenerreichung:
	<ul style="list-style-type: none"> ● Exkursionskonzept mit insgesamt vier obligatorischen Exkursionszielen zu Hochschulen und Bildungseinrichtungen (z. B. das <i>Zeiss</i> Planetarium Bochum) ● MINT-Veranstaltungen & „zdi-BSO-MINT-Maßnahmen“ ● Expertengespräche im MINT-Wahlpflichtfach ● Präsentation am Tag der offenen Tür ● Veröffentlichung der kooperierenden Veranstaltungen auf der Schulhomepage und darüber hinaus
4.3	Nutzen für die Zielgruppen:
	<ul style="list-style-type: none"> ● Förderung der naturwissenschaftlich-technischen Bildung durch den Themenkomplex Fernerkundung

- Förderung der *Scientific Literacy* durch das MINT-Schulfachkonzept
- Förderung der methodischen Kompetenzen & der Medienkompetenz
- partizipative Mitgestaltung des neuen MINT-Wahlpflichtfachunterrichtes – auch durch Pilottests der universitär entwickelten Unterrichtsmaterialien
- Förderung der Satellitenbild-Lesekompetenz
- Förderung der Mädchen im MINT-Bereich durch genderspezifisch signifikante motivationale Aspekte bei den Geomedien Satellitenbild und Live-Bild/-Video von der ISS durch das neue MINT-Wahlpflichtfachkonzept „Geographie-Physik“
- Einbindung der Geomedien Satellitenbild und Live-Bild/-Video von der ISS in einem digital-partizipativen Lernsetting
- durch den moderat-konstruktivistischen Lernansatz feste Integration neuer Lehr- und Lernformen in den Schulunterricht

4.4 Zielgruppenübergreifende Wirkungen:

- Schnupperunterricht für Grundschüler zum Thema Fernerkundung mit digitalen Unterrichtsmaterialien des Projektes FIS im Fachbereich Geographie
- AG Fernerkundung im Ganztagsbereich: Schülerwettbewerbe zur Luft- und Raumfahrt
- Erprobung neuer Lernapps der universitären Projekte in der Sek. II
- Lehramtsstudierende der Geographie an der Universität Bonn (RUB möglich)
- Teilnahme an MINT-Schülerveranstaltungen von ESERO Germany

4.5 Wirkungen im Politikfeld des Programms

- MINT-Profilstärkung am GSA: Auszeichnung als MINT-freundliche & digitale Schule

4.6 Politikfeldübergreifende Wirkungen:

- Vorstellung des neuen MINT-Wahlpflichtfaches „Geographie-Physik“ auf der Bildungskonferenz des Rhein-Sieg-Kreises im November 2019
- zdi-Netzwerk-Kooperationsanbahnungen mit ESERO Germany

5. Nachhaltigkeit

Auf der Makroebene:

5.1 Effizienz:

- Etablierung im Fächerkanon der MINT-Wahlpflichtfächer im Differenzierungsbe-
reich der Sek. I am GSA
- (Weiter-)Entwicklung der digitalen Lernarrangements der universitären Projekte FIS,
Columbus Eye und KEPLER ISS durch Forschungsergebnisse im neuen MINT-
Wahlpflichtfach „Geographie-Physik“ am GSA
- Förderung und Erweiterung des MINT-Schwerpunktes im Schulprofil

5.2 Gesellschaftliche Relevanz

- Entwicklung eines adaptiven MINT-Schulfachkonzepts zur nachhaltigen Integration
des Themas Fernerkundung und Erdbeobachtung von der ISS in den Schulunterricht
in der Sek. I in NRW – und darüber hinaus

	<ul style="list-style-type: none"> ● „Geographie-Physik“ als fächerübergreifende MINT-Unterrichtskonzeption durch die Integration des Themas Fernerkundung im Sinne der KMK (2009) zur Stärkung der MINT-Schulfächer ● Förderung der <i>Scientific Literacy</i> (OECD 2007) durch das Thema Fernerkundung in Verbindung mit physiogeographischen Inhaltsfeldern ● „Bildung in einer digitalen Welt“ (KMK 2016) ● Vorstellung des neuen MINT-Wahlpflichtfaches „Geographie-Physik“ in Verbindung mit den universitären Kooperationspartnern auf der Bildungskonferenz des Rhein-Sieg-Kreises im November 2019 ● Geographie – auch als MINT-Schulfach „das Kernfach des 21. Jahrhunderts“ (HOFFMANN 2019:1) ● Initiative „Roadmap 2030“: „Die Geographie in der Schulpraxis stärken“ – Bildungspläne für das Schulfach Geographie müssen angepasst werden: ● Geographie ein MINT-Schulfach ● Förderung des physiogeographischen und geoinformatischen Teilbereichs der Geographie ● verbindliche Aufnahme von Exkursionen ● naturwissenschaftlich-geoinformatische Lehrplanalternative für die Sek. II
5.3	Ökologische Verträglichkeit (Umweltverträglichkeit)
	<ul style="list-style-type: none"> ● ökologische Nachhaltigkeit durch vorwiegend digitale Unterrichtsmaterialien
5.4	Auf der Programmebene
	- projekt-/programmorientiert:
	<ul style="list-style-type: none"> ● feste Etablierung des neuen MINT-Wahlpflichtfaches „Geographie-Physik“ am GSA im Rahmen der offiziellen Kooperationsvereinbarungen ● Triangulation der Forschungsergebnisse im MINT-Wahlpflichtfachkonzept zur Weiterentwicklung digitaler Lernarrangements zum Thema Fernerkundung und Erdbeobachtung durch die ISS ● wissenschaftliche Relevanz einer Fernerkundungsdidaktik
	- output-/leistungsorientiert:
	<ul style="list-style-type: none"> ● Studienprojekte zur Implementierung des neuen MINT-Faches ● Anfragen zur Umsetzung des neuen MINT-Wahlpflichtfachkonzeptes
	- systemorientiert:
	<ul style="list-style-type: none"> ● in dem Zeitrahmen dieser Studie noch nicht nachweisbar
	- innovationsorientiert:
	<ul style="list-style-type: none"> ● für Lehrkräfte im Distanzunterricht ressourcenschonende Unterrichtsvorbereitung ● für Lernende zu Hause digital durchführbar

Abbildung 9.6: Ergebnisse des Programm-Evaluationsleitfadens des CEval nach STOCKMANN (2014) des Forschungsvorhabens einer nachhaltigen Integration des Themas Fernerkundung durch das neue MINT-Wahlpflichtfachkonzept „Geographie-Physik“ am GSA, eigener Entwurf.

Durch den Überblick der zu berücksichtigenden Aspekte im fünfjährigen Verlauf der Implementation des neuen MINT-Wahlpflichtfaches „Geographie-Physik“ am GSA wird deutlich, wie spezifisch die verschiedenen Ebenen miteinander in Verbindung stehen. Das neue fernerkundungsdidaktisch entwickelte fächerübergreifende MINT-Schulfachkonzept im Wahlpflichtbereich der Sek. I am GSA hat die intendierten internen wie externen Wirkungsfelder erfüllt und konnte – insbesondere für Mädchen – in der Synthese der qualitativ wie quantitativ erhobenen Forschungsergebnisse positive Effekte dokumentieren. Die aktionsforschenden Interventionen zur Förderung des Anteils an Mädchen in MINT-Schulfächern – wie am Beispiel des neuen MINT-Wahlpflichtfachkonzeptes „Geographie-Physik“ – wurden voll erfüllt. Darüber hinaus konnte nachgewiesen werden, dass durch die Integration des Themas Fernerkundung in Kombination mit den Geomedien Satellitenbild und Live-Bild/-Video von der ISS genderspezifisch signifikante Unterschiede bei der motivationalen Interessensbegründung den qualitativ erhobenen Daten der besonderen Förderung der Mädchen durch dieses neue MINT-Schulfachkonzept entsprechen. Dadurch konnte nicht nur festgestellt werden, dass das Geomedium Live-Bild/-Video von der ISS ähnlich signifikante genderspezifische Unterschiede wie das Satellitenbild hervorruft, sondern durch die Integration dieser Geomedien im Schulunterricht der Jahrgangsstufe 8 und 9 die Mädchen auf motivationaler Ebene besonders angesprochen werden. Die eingesetzten digitalen Unterrichtsmaterialien der universitären Projekte FIS, Columbus Eye und KEPLER ISS sprachen in diesem Kontext sowohl die Mädchen als auch die Jungen entsprechend positiv an (vgl. dazu auch LINDNER et al. 2018b, 2019b) und durch die Erhebungen von inhaltlichen und methodischen Wünschen der fünf beobachteten Lerngruppen konnten neue interaktive Unterrichtsmaterialien entwickelt und praktisch erprobt werden. Die Nachhaltigkeit der Einführung des neuen MINT-Wahlpflichtfaches „Geographie-Physik“ konnte auf verschiedenen Ebenen deutlich werden, da beide Institutionen, Schule wie Hochschulen, den Probendurchlauf von jeweils zwei Schuljahren bereits erfreulich positiv durchlaufen konnten und weitere Synergieeffekte durch die gemeinsame Kooperation – insbesondere auf Schulentwicklungsebene – dokumentiert werden konnten. Die gesellschaftliche Relevanz der notwendigen Einführung des neuen MINT-Wahlpflichtfaches „Geographie-Physik“ ist insbesondere im Bundesland NRW erforderlich, da das Schulfach Erdkunde durch den Wechsel des Bildungsgangs nach neun Schuljahren in der Sek. I eine Wochenstunde verliert und der Anteil der physiogeographischen und geoinformatischen Inhalte der Kernlehrpläne zu anthropogeographischen Inhalten verhältnismäßig unterrepräsentiert werden. In den entsprechenden Schulbüchern – und fast nur als analog-rezeptives Lernsetting – sind zwar vereinzelt Geomedien der Fernerkundung zu finden, al-

lerdings ohne die Thematik Fernerkundung und Erdbeobachtung von der ISS nur im Ansatz zu erläutern.

Die Initiative „Roadmap 2013“, die sich aus verschiedenen Verbänden der Geographie in Deutschland gebildet hat, möchte das Schulfach Geographie in der Schulpraxis stärken und hat einen Handlungsplan entwickelt, indem auch der physiogeographische Anteil der Geographie in Verbindung mit geoinformatischen Inhalten und Methoden gefördert werden soll, um auch entsprechende Lehrplanalternativen in diesem Bereich für die Oberstufe zu integrieren. In diesem Kontext wird ebenfalls erneut auf die Bedeutung der Geographie als Naturwissenschaft hingewiesen, die – insbesondere in NRW – in den Kernlehrpläne zu kurz kommt.

Das entwickelte MINT-Schulfachkonzept hat durch die im Rahmen der universitären Kooperationen durchgeführte Triangulation in den letzten fünf Schuljahren zu einer Stärkung von Theoriewissen und Praxiserfahrung im Bereich der bildungswissenschaftlichen Forschung und Anwendung geführt und wurde als Leuchtturmprojekt – auf Anfrage des zdi-Netzwerkes – bei der Bildungskonferenz des Rhein-Sieg-Kreises im November 2019 im Rahmen eines Workshops der Öffentlichkeit vorgestellt. Auch für die Fachdidaktik der Geographie beinhaltet das neue MINT-Schulfachkonzept neue Impulse für eine neue fächerübergreifende Gestaltung mit dem Schulfach Geographie, was durch die kooperative Zusammenarbeit in Orientierungsseminaren für Lehramtsstudierende der Geographie der Universität Bonn deutlich wurde.

Auf Schulentwicklungsebene konnte die Einführung des neuen MINT-Wahlpflichtfaches „Geographie-Physik“ am GSA zu einer Stärkung des MINT-Schulprofils beitragen, was durch die Schulauszeichnungen „MINT-freundliche Schule“ und „digitale Schule“ nachweisbar ist und zu Ausstrahlungseffekten auf die Arbeit im Lehrerkollegium und im Unterricht geführt hat.

Der innovationsorientierte Aspekt des neuen MINT-Wahlpflichtfaches „Geographie-Physik“ wurde durch den Einsatz der digital aufbereiteten Lernarrangements im Distanzunterricht des letzten Quartals des Schuljahres 2019/20 deutlich, indem durch eine vergleichsweise ressourcenschonende Unterrichtsvorbereitung und praktische Durchführung im Lernen auf Distanz in der dritten und vierten Wahlpflichtfachkohorte festgestellt werden konnten.

Um auf schulspezifischer Ebene die Qualitätsentwicklung durch die Einführung des neuen MINT-Wahlpflichtfaches „Geographie-Physik“ am GSA zu verdeutlichen, wird anhand des Modells von DITTON (2010) (s. Abb. 6.4) nachweisbar, dass die Voraussetzungen für eine Qualitätsstärkung des MINT-Bereichs an der Fallschule durch verschiedene äußere Faktoren – initiiert mit dem nachhaltigen Schulevent des „Live-Calls“ im September 2014 am GSA – ge-

geben war, um die Schulgemeinschaft für die Einführung eines neuen MINT-Wahlpflichtfaches zur nachhaltigen Integration des Themas Fernerkundung und Erdbeobachtung von der ISS in den Schulunterricht gewinnen zu können. Durch die akkreditierten Kooperationsvereinbarungen mit Arbeitsgruppen der Hochschulen in Bonn und Bochum konnte auf Institutionsebene der Schule die Qualitätsentwicklung auf Unterrichts- wie Schulebene vorangebracht und durch eine stetige Evaluation des Forschungsprozesses nicht nur neue digitale Unterrichtsmaterialien entwickelt, sondern auch ein verbindliches Exkursionskonzept zu MINT-Themen an der Beispielschule etabliert werden. Durch die formative Evaluation wird auch zukünftig die Qualität des Lehrens und Lernens regelmäßig erfasst, um mögliche technische oder inhaltliche Verbesserungen der digitalen Lernarrangements vornehmen zu können. Durch die nachträgliche Einbindung der Fachdidaktik Geographie der Universität Bonn können erste längerfristige Wirkungen des seit fünf Schuljahren fest etablierten MINT-Wahlpflichtfach „Geographie-Physik“ angebahnt werden, um das in diesem Forschungsvorhaben konzipierte und schulpraktisch erprobte MINT-Wahlpflichtfachkonzept zur nachhaltigen Integration des Themas Fernerkundung in den Schulunterricht der Sek. I als eine praxisorientierte fächerübergreifende MINT-Schulfachinnovation bei den zukünftigen Geographielehrkräften vorzustellen.

Der erste Jahrgang der ersten Lerngruppe bzw. Wahlpflichtfachkohorte, die im Schuljahr 2016/17 das Wahlpflichtfach am GSA gewählt hat, wird in diesem Schuljahr mit dem Abitur abschließen. Inwiefern das neue MINT-Wahlpflichtfach „Geographie-Physik“ Einfluss auf die Entscheidung für die MINT-Fächer als Studiengang ausüben wird, kann nach dem Verlauf von fünf Schuljahren noch nicht erfasst werden.

Anhand des Modells zur Qualität und Qualitätsentwicklung im Bildungsbereich nach DITTON (2010) (vgl. dazu Abb. 6.4) wird deutlich, dass das in diesem Forschungsprojekt entwickelte MINT-Wahlpflichtfachkonzept „Geographie-Physik“ zur nachhaltigen Integration des Themas Fernerkundung in den Schulunterricht der Sek. I eine Qualitätsentwicklung im MINT-Unterricht durch ein entsprechend erarbeitetes curriculares und methodisch-mediendidaktisches Unterrichtskonzept erwirken konnte, was sich insgesamt auf die Qualität des MINT-Schulprofils im Verlauf der letzten fünf Schuljahre nachweisbar positiv ausgewirkt hat. Die Effizienz des MINT-Wahlpflichtfachkonzeptes ist durch die feste Etablierung am GSA schulpraktisch bewiesen und wird zukünftig durch weitere Erhebungen – über dieses Forschungsvorhaben hinaus – die Qualitätsentwicklung auf schulinterner wie auf bildungswissenschaftlicher Ebene fördern können.

Auf der Grundlage dieser Forschungsergebnisse können fernerkundungsdidaktische Schlussfolgerung abgeleitet werden.

In dieser schulpraktischen Studie konnte nachgewiesen werden, dass das entwickelte MINT-Wahlpflichtfachkonzept „Geographie-Physik“ die Themen Fernerkundung und Erdbeobachtung von der ISS curricular fächerübergreifend und -verbindend in Kombination mit dem digital-partizipativen Lernsetting der universitären Projekte FIS, Columbus Eye und KEPLER ISS integrieren kann, um das – in NRW immer noch wenig bis kaum eingebundene – Thema und die entsprechenden Geomedien Satellitenbild und Live-Bild/-Video von der ISS nachhaltig in den Schulunterricht der Sek. I integrieren zu können. Ausgehend von den Bedingungsfaktoren des Modells einer fernerkundungsdidaktischen Gesamtkonzeption von SIEGMUND (2011) konnte in diesem Forschungsvorhaben festgestellt werden, dass durch den Einsatz der Geomedien Satellitenbild und Live-Bild/-Video von der ISS genderspezifische Signifikanzen nachgewiesen werden konnten, was bezogen auf die Studien von DITTER (2014) und DITTER & SIEGMUND (2016) bereits für das Geomedium Satellitenbild erkannt werden konnte. In dieser Studie konnte festgestellt werden, dass sich die Mädchen der Beobachtungskohorten durch den Einsatz der Geomedien Satellitenbild und Live-Bild/-Video von der ISS auf motivationaler Ebene signifikant positiver angesprochen fühlten als die Jungen und das Erdbeobachtungs- bzw. Geomedium Live-Bild/-Video von der ISS ähnliche genderspezifisch signifikante Effekte wie das Satellitenbild bei den Schülerinnen hervorruft. Im Verlauf dieser schulpraktischen Studie konnte zudem beobachtet werden, dass einige Mädchen, die sich für das neue MINT-Wahlpflichtfach am GSA entschieden haben, auch die AG Fernerkundung im Ganztagsunterricht am GSA besuchten und sich bei Schülerwettbewerben zur Luft- und Raumfahrt, wie dem Ideenflug der Airbus-Group, zweimal mit ihren Schülerprojekten zum Finale im Deutschen Technikmuseum in Berlin qualifizieren konnten. Auffällig viele Mädchen, die am neuen MINT-Wahlpflichtfachunterricht teilnahmen, besuchten ebenfalls im Rahmen der Begabtenförderung am GSA den schulinternen Projektunterricht. Eine Schülerin der dritten Wahlpflichtfachkohorte besucht in der Einführungsphase der Oberstufe am GSA bereits Vorlesungen und Übungen der Astronomie der Universität Bonn. Die Impulse dazu wurden nachweislich im neuen MINT-Wahlpflichtfach „Geographie-Physik“ gesetzt. In Kombination mit den quantitativen Forschungsergebnissen kann für die beispielhafte Implementierung des neuen MINT-Wahlpflichtfaches „Geographie-Physik“ gefolgert werden, dass durch die Integration der Themen Fernerkundung und Erdbeobachtung von der ISS in Verbindung mit einer Auseinandersetzung mit entsprechenden Geomedien insbesondere die Mädchen im MINT-Bereich der Sek. I gefördert werden können.

Die schulpraktische Erprobung des neuen MINT-Wahlpflichtfachkonzeptes „Geographie-Physik“ konnte insgesamt deutlich machen, dass die Themen Fernerkundung und Erdbeobachtung von der ISS durch eine MINT-Schulfachinnovation nachhaltig in den Schulunterricht in NRW

integriert werden können und das MINT-Unterrichtskonzept mit digital-partizipativen Lernsettings der universitären Projekte FIS, Columbus Eye und KEPLER ISS von Jungen wie Mädchen im Differenzierungsbereich am GSA erfolgreich angewählt und insgesamt erfreulich positiv bewertet wird.

Das entwickelte MINT-Wahlpflichtfachkonzept „Geographie-Physik“ kann als fernerkundungsdidaktisches Schulfachmodell im Differenzierungsbereich der Sek. I zur nachhaltigen Integration der Themen Fernerkundung und Erdbeobachtung von der ISS in der Sek. I in NRW adaptiert werden, da entsprechende curriculare, schuljuristische wie mediendidaktische Konzeptionen zur Implementierung ausgearbeitet wurden und die digitalen Unterrichtsmaterialien der universitären Projekte online abrufbar sind. Additional können begleitende Lehrerfortbildungen als Hilfestellung für einen Implementationsprozess angeboten werden.

Prinzipiell kann – ausgehend von dieser fernerkundungsdidaktischen Schulfachkonzeption im Differenzierungsbereich der Sek. I in NRW – das neue MINT-Fach zur Integration der Themen Fernerkundung und Erdbeobachtung von der ISS nicht nur für das Bundesland NRW, sondern auch für andere Bundesländer nach einer Anpassung der jeweiligen schuljuristischen wie curricularen Vorgaben durch die Kernlehrpläne als adaptives fernerkundungsdidaktisches Schulfachmodell dienen.

9.3 Diskussion der Forschungsergebnisse

Die initiierte explorative – aktionsforschende - Fragestellung, ob Gymnasien in NRW die Möglichkeit haben, das Thema Fernerkundung durch ein neues MINT-Schulfach zu implementieren, hat im Verlauf dieser Studie nicht nur zu einer festen Etablierung des neuen MINT-Wahlpflichtfaches „Geographie-Physik“ im Fächerkanon des Differenzierungsbereiches der Sek. I an der Fallschule geführt, sondern konnte im Verlauf der letzten fünf Schuljahre ein adaptives MINT-Schulfachkonzept mit offenem Curriculum und dazu passenden digitalen Unterrichtsmaterialien der universitären Projekte FIS, Columbus Eye und KEPLER ISS einschließlich eines schuljuristischen Implementationsleitfadens und einem additionalen mediendidaktischen Evaluierungs- und Implementationskonzept mit Rückgriff auf das „magische Viereck mediendidaktischer Innovation“ von KERRES (2001) hervorbringen. Das entwickelte fächerübergreifende MINT-Schulfachkonzept „Geographie-Physik“ integriert dabei nicht nur das digital-partizipative Lernsetting der universitären Projekte im Schulunterricht, sondern konnte durch diese Studie im Rahmen der Triangulation mit den Kooperationspartnern auch die Weiterentwicklung von digitalen Unterrichtsmaterialien – mit AR- und VR-Anwendungen

– voranbringen, sodass die Basis an digitalen Lerneinheiten für das neue MINT-Wahlpflichtfach erweitert werden konnte. Lehrerfortbildungen zu der Umsetzung der digitalen Lernarrangements wurden nicht nur an der Beispielschule für die Fachschaften Geographie und Physik durchgeführt, sondern können durch die universitären Arbeitsgruppen als zusätzliche Hilfestellung für den Einsatz der Unterrichtsmaterialien – auch digital – angeboten werden.

Die Frage, die sich trotz erfolgreicher Umsetzung an der Beispielschule stellt, ist ob sich die praktische Realisierung des neuen MINT-Schulfachkonzeptes auch ohne das „Schlüsselschulevent *Live-Call*“ im September 2014 mit entsprechend öffentlichkeitswirksamen Effekten am GSA etabliert hätte. In diesem Zusammenhang sind die Schulgremien von entscheidender Bedeutung, denn ohne eine Zustimmung und vor allem Mitarbeit der Kolleginnen und Kollegen der Fachschaften Geographie und Physik hätte das Forschungsvorhaben nicht realisiert werden können. Insbesondere ein striktes *Top-down*-Vorgehen, das bereits beim ersten Versuch der Einführung des neuen MINT-Wahlpflichtfaches mit dem Namen „Fernerkundung“ im Schuljahr 2015/16 angewendet wurde, ist bei einem Implementationsvorhaben eines neuen und fächerübergreifenden Wahlpflichtfaches zu vermeiden. Durch die hierarchisch angeordnete Zustimmung aller Beteiligten und damit Schulgremien einer Schule kann eine praktische Umsetzung erfolgen. Wenn jedoch ein Gremium diesem Vorhaben nicht zustimmt, kann es für Lehrkräfte schwierig werden, das MINT-Wahlpflichtfach – oder generell ein neues Differenzierungsfach – einzuführen. Grundsätzlich muss auch berücksichtigt werden, dass die Institution Schule – auch in Anlehnung an das „Drei-Wege-Modell der Schulentwicklung“ von ROLFF (2007) (vgl. dazu Abb. 8.1) – von verschiedenen Systemzusammenhängen abhängt, sodass sich individuell verschiedene Faktoren positiv wie negativ auf ein Implementationsvorhaben auswirken können. Die Erfahrungen an der Beispielschule haben gezeigt, dass – wie auch der mediendidaktische Leitfaden von KERRES (2001) gefordert – eine Mischung aus *Top-down*- und *Bottom-up*-Ansatz bei der Einführung des neuen MINT-Wahlpflichtfaches „Geographie-Physik“ in Kombination mit den digitalen Lernarrangements der universitären Projekte und vor dem Hintergrund des moderat-konstruktivistischen Lernansatzes gewählt werden sollte, um eine erfolgreiche Implementierung erreichen zu können. Dementsprechend wichtig ist es, engagierte Lehrkräfte für eine gute Zusammenarbeit – auch im *Team-Teaching* – für die praktische Umsetzung des neuen MINT-Wahlpflichtfaches in der Schulpraxis zu gewinnen.

Im Laufe dieser Studie konnte – durch immer wieder auftauchende Probleme mit der digitalen Schul-IT-Ausstattung an der Beispielschule – das eingangs mit den FIS-Lernmodulen gestaltete *E-Learning*-Arrangement in den Projektes Columbus Eye und KEPLER ISS durch die Integra-

tion von *M-Learning*-Arrangements erweitert werden. Dieser Schritt liegt auch damit begründet, dass die digitale Infrastruktur am GSA nicht immer zuverlässig die entsprechenden Lernmodule online abrufen konnte (LINDNER et al. 2019b). So musste im Verlauf dieser Studie mehrfach bei der zuständigen städtischen Einrichtung nachgefragt werden, um entsprechende Lernmodule – ohne regelmäßiges Löschen der Dateien zu Schuljahresende – nachhaltig im Schul-Netzwerk integrieren zu können. Dasselbe Problem erfolgte zum Schuljahreswechsel 2020/21 erneut durch eine komplette Systemumstellung des Schul-Netzwerkes und die Einführung von Tablet-Klassen. Da die stetig aktualisierten FIS-Lernmodule weiter überarbeitet werden müssen, um zuverlässig online auf dem Schul-Netzwerk laufen zu können, stellen die entwickelten Unterrichtsmaterialien als *M-Learning*-Arrangement eine dankbare Alternative dar. So können die Endgeräte der Schüler als Medium genutzt werden, wobei der Download der entsprechenden Lernapps im W-LAN erfolgen sollte. Eine entsprechende Programmierung auf das Betriebssystem von APPLE ist in Planung, damit auch *iPhone*-Nutzer die AR- und VR-Anwendungen durchführen können. Die Praxiserfahrung in den fünf Wahlpflichtfachkohorten konnte jedoch grundsätzlich einen höheren Anteil an *Android*-Nutzern bei den Schülern dokumentieren. Durch die Umstellung von *E-Learning*- auf *M-Learning*-Arrangements der Projekte Columbus Eye und KEPLER ISS wird das von KERRES (2001) vorgegebene Teilelement „Infrastruktur“ für die Einführung des neuen MINT-Wahlpflichtfaches „Geographie-Physik“ zukünftig irrelevant und erleichtert den Implementationsprozess.

Das entwickelte – offene – Curriculum für das MINT-Wahlpflichtfach „Geographie-Physik“ ist zwar an die Kernlehrpläne der Schulfächer Erdkunde und Physik in NRW nach G8 konzipiert, enthält jedoch in diesem Forschungsvorhaben bereits die entsprechenden Anmerkungen für die curricularen Modifikationen durch die Kernlehrpläne für G9 in NRW.

Die quantitative Untersuchung der fünf Wahlpflichtfachkohorten konnte zwar eine – wie bereits in der Studie von DITTER & SIEGMUND (2016) durch einen signifikanten Anstieg des SDI der Mädchen bei der Arbeit mit Satellitenbildern erkannten – genderspezifisch signifikanten Unterschied bei der motivationalen Begründung durch die Arbeit mit dem Satellitenbild nachweisen, jedoch muss bei diesem Forschungsergebnis auch berücksichtigt werden, dass diese Mädchen bereits eine intendierte Wahlpflichtfachwahl für „Geographie-Physik“ vorgenommen haben und somit ein grundsätzliches Interesse für die Arbeit mit diesem Geomedium voraussetzen ist. Die im Verlauf dieses Forschungsvorhabens dokumentierten Unterrichtsbeobachtungen konnten jedoch entsprechend auffällige Erkenntnisse bei den Mädchen dokumentieren. Einige Mädchen entwickelten gegenüber den Jungen bei der Bearbeitung der entsprechenden

FIS-Lernmodule ein wahrnehmbar erhöhtes Selbstbewusstsein und meldeten sich oftmals freiwillig, wie beispielsweise für die öffentliche und digital aufgezeichnete Präsentation der Schülerprojekte „Dem Klimawandel mit Satellitenbildern auf der Spur“ im Audimax der RUB. Insbesondere bei der Bearbeitung mit der professionellen Bildbearbeitungssoftware LEOWorks, die vielen anfangs Probleme bereitete, konnten die Mädchen vergleichsweise schnell mit der Bedienung der Tools umgehen. Ergänzend muss hinzugefügt werden, dass die genderspezifischen Signifikanzen – wie ein roter Faden durch die inferenzstatistischen Ergebnisse des Fragebogens – immer bei den Geomedien Satellitenbild und Live-Bild/-Video von der ISS sichtbar wurden, wodurch zusätzlich deutlich wird, dass bei diesen Geomedien der motivationale Anreiz genderspezifisch signifikant unterschiedlich sein muss. In der Studie von DITTER & SIEGMUND (2016) lagen im Vergleich zu dieser Studie keine Beobachtungskohorten mit bereits intendierter Wahl vor und ähnliche, genderspezifische Effekte konnten durch die Arbeit mit dem Geomedium Satellitenbild hervorgerufen werden.

In diesem Forschungsvorhaben konnte darüber hinaus nachgewiesen werden, dass das Geomedium Live-Bild/-Video von der ISS vergleichbare signifikante genderspezifische Wirkungen wie das Satellitenbild erzielt. Auch durch dieses Geomedium werden die Mädchen signifikant positiver angesprochen als die Jungen. In diesem Kontext stellt sich allerdings die Frage, ob *dieselben* Effekte, die durch das Satellitenbild ausgelöst werden, auch durch das Geomedium Live-Bild/-Video von der ISS hervorgerufen werden. Auch wenn beiden Geomedien der Blick auf die Erde gemeinsam ist, so unterschiedlich visuell können sie dargestellt werden und so unterschiedlich können auch die Assoziationen mit den Geomedien ausfallen. Durch das Live-Bild/-Video von der ISS wird in jedem Fall – wie auch durch die Unterrichtsbeobachtungen festgestellt werden konnte – die Faszination durch den Blick aus einem von Menschen konstruierten „Weltraumlabor“ in Verbindung mit der Perspektive eines dort arbeitenden Astronauten bzw. einer Astronautin deutlich. Entsprechend häufiger wurde dieses Geomedium auch bei der motivationalen Begründung der neuen MINT-Wahlpflichtfachwahl im Vergleich zum Satellitenbild angegeben. Die Mädchen zeigten nicht nur durch den Signifikanztest ein besonderes Interesse an diesem Geomedium, sondern äußerten auch im Unterricht entsprechend positiv kommentierende Aussagen zu dieser Aussicht auf die Erde, die durch den (damaligen) Live-Stream der Kameras am Columbus Labor an der ISS einen besonderen Eindruck hervorrufen konnte. Die Forschungsergebnisse zeigen insgesamt deutlich, dass die Mädchen, die das MINT-Wahlpflichtfach „Geographie-Physik“ gewählt haben, nicht nur ein signifikant höheres Interesse für die Geomedien Satellitenbild und Live-Bild/-Video von der ISS mitbringen, sondern auch durch die Unterrichtsbeobachtungen und Begleitung seit mehreren Schuljahren am GSA

durch das Thema Fernerkundung und Erdbeobachtung von der ISS besonders motiviert werden, was sich tendenziell auch positiv auf das Leistungsbild im Wahlpflichtfachunterricht auswirkt.

Bei der Erfassung von Wünschen zum neuen MINT-Wahlpflichtfach konnte – ähnlich wie bei der Vorevaluation – erkannt werden, dass – ohne genderspezifischen Unterschied – alle Lernenden von den Exkursionen so begeistert sind, dass die unterrichtenden Lehrkräfte regelmäßig nach neuen Exkursionszielen gefragt werden. Die außerschulischen und kooperativen Veranstaltungen in Begleitung mit der Wissenschaftlerin kommen bei den Schülern besonders gut an, was auch damit begründet werden kann, dass ein besonders spannendes Exkursionskonzept entwickelt wurde, das neben visuellen Reisen in unser Sonnensystem im Planetarium Bochum oder auch geheimnisvolle Lavakeller wie im Lava-Dome in Mendig zu den Exkursionszielen gehören. Grundsätzlich kann hierbei erkannt werden, dass Exkursionen zu den bereits besuchten Bildungseinrichtungen bei allen Schülern durchweg gut ankommen.

Bei den Wünschen zu zusätzlichen Themen für das neue MINT-Wahlpflichtfach konnte festgestellt werden, dass das Interesse – bei Schülerinnen und Schüler – für die Themen Raumfahrt, Planeten und Sonnensystem häufig genannt wurde, sodass sich das neue Schulfach auch aus dem partizipierenden Anteil der Schüler bei der MINT-Schulfachgestaltung weiterentwickelt hat. Thematisch passend zum Curriculum des physiogeographischen Inhaltsfeldes wird seit diesem Schuljahr 2020/21 beispielsweise die Entstehungsgeschichte des Planeten Mars mit der Erde anhand der Lernapp „Vulkane auf Mars und Erde“ des Projektes KEPLER ISS in den Wahlpflichtfachunterricht integriert. Aus diesem Grund wurde auch das Thema „Terraforming“ seit letztem Schuljahr in das MINT-Wahlpflichtfachkonzept inhaltlich mit eingebunden.

Abschließend kann für die Jungen wie die Mädchen der untersuchten Wahlpflichtfachkohorten dokumentiert werden, dass die Erwartungshaltung gegenüber dem neuen MINT-Wahlpflichtfach „Geographie-Physik“ und den eingesetzten digitalen Lernarrangements der kooperierenden universitären Partner voll erfüllt und erfreulich positiv bewertet wurden, sodass das entwickelte MINT-Wahlpflichtfachkonzept „Geographie-Physik“ als praxisorientiertes Lösungskonzept zur nachhaltigen Integration des Themas Fernerkundung in den Schulunterricht der Sek. I in NRW eingeführt werden kann. Die durch die Thematik Fernerkundung und Erdbeobachtung von der ISS integrierte Arbeit mit den Geomedien Satellitenbild und Live-Bild/-Video von der ISS erscheint für die Mädchen besonders motivierend und besonders lernfördernd zu sein.

Die Einführung des neuen MINT-Wahlpflichtfaches konnte zudem auf Schulentwicklungsebene Ausstrahlungseffekte auf die Arbeit im Lehrerkollegium und im Unterricht am GSA im Verlauf der fünf Schuljahre sichtbar machen. Durch die Implementation des neuen MINT-

Wahlpflichtfaches „Geographie-Physik“ in Kooperation mit den universitären Partnern konnten zahlreiche Synergieeffekte für die Fallschule generiert werden, die sich in den Auszeichnungen „MINT-freundliche Schule“ und „digitale Schule“ widerspiegeln.

Das in diesem Forschungsvorhaben entwickelte fernerkundungsdidaktische MINT-Schulfachkonzept dient hierbei als Implementationsvorlage für alle Gymnasien in NRW, die das Thema Fernerkundung und Erdbeobachtung von der ISS in Verbindung mit dem neuen MINT-Wahlpflichtfach „Geographie-Physik“ in ihren Fächerkanon im Differenzierungsbereich aufnehmen möchten (s. Abb. 9.7).

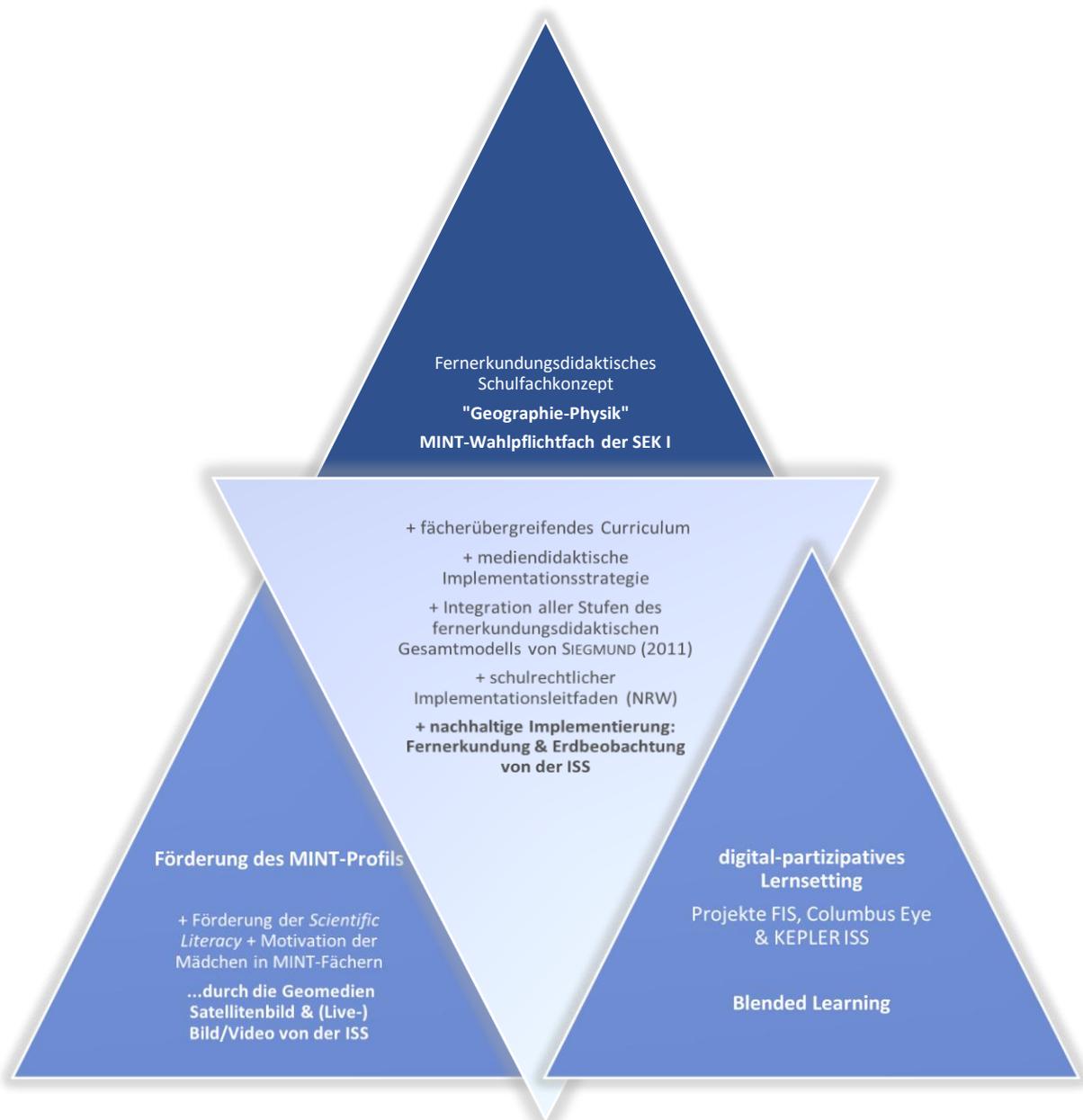


Abbildung 9.7: Fernerkundungsdidaktisches Schulfachkonzept „Geographie-Physik“ als MINT-Wahlpflichtfach der Sekundarstufe I in NRW, eigener Entwurf.

In Anlehnung an das von BUROW (2020:63) postulierte „*Future Design & Design for Happiness*“ für erfolgreiche Schulentwicklungsprozesse werden bei der praktischen Einführung des in diesem Forschungsvorhaben entwickelten fernerkundungsdidaktischen Schulfachkonzeptes „Geographie-Physik“ in den schulinternen Fächerkanon des Wahlpflichtbereiches der Sek. I drei elementare Haltungen bei der Umsetzung empfohlen: „[...] ‚Sei visionär!‘, ‚Machs einfach!‘, ‚Sei leidenschaftlich!‘“ (BUROW 2020:63).

10 Fazit und Ausblick

Diese Studie verfolgte das Ziel, einen noch relativ unerforschten empirischen Sachverhalt in der Geographie- und Fernerkundungsdidaktik durch eine praktische MINT-Schulfachkonzipierung zum Thema Fernerkundung und Erdbeobachtung von der ISS im Differenzierungsbereich der Sek. I in NRW an einer Fallschule – dem GSA – explorativ zu untersuchen und – im Sinne der Aktionsforschung – aktiv und in Triangulation mit universitären Kooperationspartnern mitzugestalten. Aufbauend auf diesem Forschungsvorhaben wurde eine Längsschnittstudie im Panel-Design von insgesamt fünf Beobachtungskohorten bzw. Differenzierungskursen des neuen MINT-Wahlpflichtfaches „Geographie-Physik“ angelegt, um genderspezifische Interessen- und Motivationsunterschiede bei der Wahl des Differenzierungsfaches und der schulpraktischen Arbeit mit den Geomedien Satellitenbild und Live-Bild/-Video von der ISS durch den Einsatz der digitalen und interaktiven Lernarrangements der universitären Projekte FIS, Columbus Eye und KEPLER ISS zu überprüfen. Diese Studie wurde durch die Kombination des qualitativ-explorativen Forschungsvorhabens einer Schulfachkonzipierung zum Thema Fernerkundung und Erdbeobachtung von der ISS mit einer darauf aufbauenden evaluativ-quantitativen Forschungsfrage zu genderspezifischen Interessen- und Motivationsunterschieden bei der Wahl des eingeführten MINT-Wahlpflichtfaches „Geographie-Physik“ im MINT-Bereich der Fallschule sowie der Arbeit mit entsprechenden Geomedien im *Mixed-Methods*-Forschungsdesign zusammengeführt, um die Qualität des Lehrens und Lernens durch die Integration der Thematik in den Schulunterricht der Sek. I in NRW für fernerkundungsdidaktische Grundsätze zu überprüfen.

Die Ausgangslage dieser Studie liegt in dem vorgestellten Forschungsstand aufgezeigten Sachverhalt begründet, dass die sich etablierende Fernerkundungsdidaktik mit bereits ausgearbeiteten und empirisch überprüften Konzepten in der aktuellen Diskussion der Geographiedidaktik nicht die Tragweite erfährt, die ihr schon lange zusteht, was höchst fragwürdig erscheint, da sich (fast) alle Expertinnen und Experten in der deutschsprachigen Geographiedidaktik einig sind, dass digitale Medien in den modernen Geographieunterricht integriert werden sollten und das Fach durch den Einsatz verschiedenster Geomedien für die Förderung der Medien- und Methodenkompetenz eine Schlüsselposition einnimmt (ARNDT & LENZ 2018, HEMMER 2018, HOFFMANN 2018, KREUZBERGER 2018, MEHREN 2018, OHL 2018, OTTO 2018, REMPFLER 2018, SCHMEINK 2018, VON DÄNIKEN 2018), was ebenfalls den entsprechenden Formulierungen der nationalen Bildungsstandards für das Fach Geographie und den Kerncurricula für das Schulfach Erdkunde in NRW zu entnehmen ist (DGfG 2017, MSW NRW 2007, MSB NRW 2019b).

Durch die konkrete Recherche zum Einsatz der Geomedien der Fernerkundung in den Schulbüchern der Mittelstufe klassischer Schulbuchverlage in NRW wurde jedoch eine unterrepräsentierte und lediglich analog-rezeptive Einbindung des Geomediums Satellitenbild – hauptsächlich als Echtfarbenbild und ohne inhaltliche Einbindung des Themas Fernerkundung – in der Schulgeographie deutlich.

Auf dieser theoretischen Grundlage erfolgte das explorative Forschungsvorhaben einer neuen fächerübergreifenden MINT-Schulfachkonzipierung „Geographie-Physik“ durch das Thema Fernerkundung. Durch die Verbindung der Schulfächer Geographie und Physik wurde ein fächerübergreifendes offenes Curriculum zum Thema Fernerkundung in Kombination mit den digital-partizipativ entwickelten Lernarrangements der universitären Projekte FIS, Columbus Eye und KEPLER ISS an der Fallschule ausgearbeitet, um zusätzlich auch das Thema Erdbeobachtung von der ISS mit dem Geomedium Live-Bild/-Video von der ISS nachhaltig in den Schulunterricht am GSA integrieren zu können. Die anwendungsbezogenen Fragestellungen wurden dafür in den Teilbereichen der Geographie mit jeweils zwei Schulhalbjahren eingebunden, während für die vertiefenden Analyse der Grundlagen der Fernerkundung und ihrer Technik ebenfalls zwei Schulhalbjahre in den Teilbereichen Physik curricular konzipiert wurden. Hierbei erfolgte die inhaltliche Gestaltung des Teilbereiches Geographie auch durch eine Schwerpunktsetzung als MINT-Schulfach, um die *Scientific Literacy* (OECD 2007, OTTO 2015) durch physiogeographisch bzw. geowissenschaftlich gewählte Inhalte und in Verbindung mit den Themen Fernerkundung und Erdbeobachtung von der ISS auch die methodischen Fähig- und Fertigkeiten im naturwissenschaftlichen Bereich zu fördern und gleichermaßen den Forderungen der KMK zur Stärkung der mathematisch-naturwissenschaftlich-technischen Bildung im Schulunterricht durch fächerübergreifende und -verbindende Unterrichtskonzepte nachzukommen (KMK 2009). Durch die feste – seit fünf Schuljahren bestehende – Implementierung des MINT-Wahlpflichtfaches „Geographie-Physik“ im Fächerkanon des Differenzierungsbereiches am GSA konnte nicht nur eine – auf dem Modell einer fernerkundungsdidaktischen Gesamtkonzeption von SIEGMUND (2011) anlehrende – Schulfachkonzeption „Geographie-Physik“ zur nachhaltigen Integration des Themas Fernerkundung und Erdbeobachtung von der ISS entwickelt werden, sondern auch ein Implementationsleitfaden zu schuljuristischen Vorgaben in NRW zur Einführung des neuen Wahlpflichtfaches in den schulinternen Differenzierungsbereich der Sek. I mit einer integrierten Implementationsstrategie zur entsprechenden Einbindung des MINT-Faches in Kombination mit den digital-partizipativen Lernarrangements der Projekte FIS, Columbus Eye und KEPLER ISS, die für Lehrkräfte wie Schüler im Internet frei zur Verfügung stehen. In der darauf aufbauenden Forschungszielsetzung der Überprüfung

genderspezifischer Unterschiede bei der Wahl des neuen MINT-Differenzierungsfaches und der Arbeit mit den in die digitalen Lerneinheiten integrierten Geomedien Satellitenbild und Live-Bild/-Video von der ISS konnte – in Anlehnung an die Studien von DITTER (2014) und DITTER & SIEGMUND (2016) für das Geomedium Satellitenbild – inferenzstatistisch nachgewiesen werden, dass die Mädchen der Wahlpflichtfachkohorten ein signifikant höheres Interesse bei der motivationalen Begründung der Wahlpflichtwahl durch die Geomedien Satellitenbild und Live-Bild/-Video von der ISS sowie bei der Arbeit mit den entsprechenden Geomedien bekunden als die Jungen. Dabei konnte zusätzlich festgestellt werden, dass das Geomedium Live-Bild/Video von der ISS, das in die digitalen Lernarrangements der Projekte Columbus Eye und KEPLER ISS eingebunden wird, im Vergleich zum Satellitenbild ähnliche genderspezifisch signifikante Effekte hervorruft.

Auf der Basis dieser Forschungsergebnisse konnte durch das angewendete Evaluierungskonzept des CEval-Ansatzes von STOCKMANN (2014) in Verbindung mit dem Modell zu Qualität und Qualitätsentwicklung im Bildungsbereich von DITTON (2010) die Implementierung des neu entwickelte MINT-Differenzierungsfach „Geographie-Physik“ am GSA ferner belegen, dass durch die Einführung des MINT-Schulfaches die Mädchen am GSA besonders gefördert werden konnten. Der kontinuierliche Einsatz der digitalen Lernarrangements der universitären Projekte FIS, Columbus Eye und KEPLER ISS im Kontext des entwickelten MINT-Schulfachkonzeptes „Geographie-Physik“ für den Differenzierungsbereich am GSA wurde hingegen von Schülerinnen und Schülern – formativ wie summativ – erfreulich positiv bewertet (vgl. dazu auch LINDNER et al. 2018b, 2019a, 2019b), was höchstwahrscheinlich auch auf die dargestellte *Emotional Design Hypothesis* (MAYER & ESTRELLA 2014, STARK 2016) zurückzuführen ist. Der Lernprozess mit visuell ansprechenden und motivierenden Lernmaterialien kann nach dieser Annahme durch die mediendidaktische Unterrichtskonzeption mit den universitären Lernarrangements im neuen MINT-Wahlpflichtfach entsprechend gefördert werden. Durch den Einsatz der fächerübergreifenden und interaktiven Lernmedien – mit integrierten Fernerkundungs- und Erdbeobachtungsdaten – können darüber hinaus die erforderlichen Medienkompetenzen im Sinne der „Bildung in der digitalen Welt“ (KMK 2016) effektiv angebahnt werden, was insbesondere auch vor dem Hintergrund der voranschreitenden Einbindung von Geodaten in den Alltag eine dringliche Notwendigkeit erfährt.

Auf Schulentwicklungsebene konnten im MINT-Bereich der Fallschule zudem nachhaltige Synergieeffekte sowie erste diffusionsorientierte Wirkungen angebahnt werden.

Das entwickelte MINT-Schulfachkonzept „Geographie-Physik“ zur nachhaltigen Integration des Themas Fernerkundung in den Schulunterricht bietet auf der Grundlage der Forschungszielsetzungen ein in der Schulpraxis erfolgreich angewähltes, erprobtes und lösungsorientiertes fernerkundungsdidaktisches Schulfachkonzept mit einem digital-partizipativen Lernsetting für den gymnasialen Wahlpflichtbereich der Sek. I in NRW.

Inwiefern das praxisorientierte Schulfachkonzept „Geographie-Physik“ zur nachhaltigen Integration der Themen Fernerkundung und Erdbeobachtung von der ISS nicht nur den deutlich unterrepräsentierten MINT-Anteil sowie die Wochenstundenreduktion des Schulfaches Geographie im gymnasialen Bildungsgang nach G9 in NRW ausgleichen kann, sondern – auch vor dem Handlungsfeld der Initiative Roadmap 2030 (DGfG 2020) – die Schulgeographie in der Praxis stärken kann, müssen Folgeuntersuchungen deutlich machen. Zu klären bleibt ebenfalls die Diffusion des neuen fernerkundungsdidaktischen Schulfachkonzeptes „Geographie-Physik“ in den übrigen Bundesländern, was durch die föderale Gesetzgebung überprüft werden müsste.

Durch die in diesem Forschungsvorhaben genderspezifisch signifikant nachgewiesenen Unterschiede in Verbindung mit dem Geomediums Live-Bild/-Video von der ISS in den digitalen Lernarrangements der universitären Projekte Columbus Eye und KEPLER ISS müsste darüber hinaus nachfolgend überprüft werden, wodurch diese genderspezifischen Effekte konkret zustande kommen und ob diese in Anlehnung an die bereits überprüften genderspezifischen Signifikanzen bei der motivationalen Begründung durch das Geomedium Satellitenbild gleichzusetzen sind. Möglicherweise übt der besondere Blickwinkel auf die Erde durch die Bilder bzw. Videos von der ISS eine besondere genderspezifische Faszination durch die Perspektive einer auf der internationalen Raumstation arbeitenden Astronautin bzw. eines dort forschenden Astronauten aus oder – wie die Schülerin Leonie bereits kurz vor dem *Live-Call* mit Alexander Gerst hinzufügte – „*Von der ISS soll der Ausblick fantastisch sein*“ (s. Anhang A).

Literaturverzeichnis

- ALBERTZ, J. (2007): Einführung in die Fernerkundung. Grundlagen und Interpretation von Luft- und Satellitenbildern. (3. Aufl.) (Wissenschaftliche Buchgesellschaft) Darmstadt.
- ALBERTZ, J. (2009): Einführung in die Fernerkundung. Grundlagen der Interpretation von Luft- und Satellitenbildern. (4. Aufl.) (Wissenschaftliche Buchgesellschaft) Darmstadt.
- ALBERTZ, J. & M. WIGGENHAGEN (2009): Taschenbuch zur Photogrammetrie und Fernerkundung. (5. Aufl.) (Wichmann) Berlin.
- ALTRICHTER, H., POSCH, P. & H. SPANN (2018): Lehrerinnen und Lehrer erforschen ihren Unterricht. (5. Aufl.) (Julius Klinkhardt) Bad Heilbrunn.
- ANGER, CH, KOHLISCH, E., KOPPEL, O., PLÜNNECKE, A. & R. M. SCHÜLER (2020): MINT-Frühjahrsreport 2020. Institut der deutschen Wirtschaft Köln e. V., abrufbar unter: https://www.iwkoeln.de/fileadmin/user_upload/Studien/Gutachten/PDF/2020/MINT-Fruehjahrsreport_2020.pdf (Stand: 09.02.21).
- ARNDT & LENZ (2018): Geographieunterricht kompetenzorientiert unterrichten. In: REMPFLE, A. (Hrsg.): Wirksamer Geographieunterricht. Unterrichtsqualität: Perspektiven von Expertinnen und Experten. Bd. 5 (Schneider Verlag Hohengehren) Baltmannsweiler, S. 25–36.
- BACHMANN, M. (1995): Fernerkundung in der Schule. Ein Erfahrungsbericht von Unterrichtsversuchen. In: Praxis Geographie, 17. Jg., H. 3 (Westermann) Braunschweig, S. 20–21.
- BALDENHOFER, K. (2020): Lexikon der Fernerkundung (Bearbeitungsstand 05.01.2020), abrufbar unter: <http://www.fe-lexikon.info/index.htm> (Stand: 09.04.20).
- BASTIAN, J. (Hrsg.) (1998): Pädagogische Schulentwicklung. Schulprogramm und Evaluation. (Bergmann & Helbig) Hamburg.
- BÄR, O. (1977): Karte – Luftfoto – Satellitenbild und ihre Verwendung im Unterricht. In: Geographica Helvetica, Jg. 32, Nr. 3 (Copernicus) Göttingen, S. 145–150.
- BEHNKE, Y. (2018): Der Pictural Turn – die Digital Natives und visuelle geographische Lernmedien. Herausforderungen beim Lehren und Lernen mit Bild und Text im Geographieunterricht. Schulgeographie. #10-8-1. H. 92 (Mai 2018), S. 59–66.
- BEHRENS, P. & T. RATHGEB (2017): JIM Studie 2017 Jugend, Information, (Multi-)Media. Basisstudie zum Medienumgang 12- bis 19-Jähriger in Deutschland. Stuttgart, abrufbar unter: https://www.mpfs.de/fileadmin/files/Studien/JIM/2017/JIM_2017.pdf (Stand: 23.01.21).
- BIRCKENHAUER, J. (1999): Handlungsorientierung. In: BÖHN, H. (Hrsg.): Didaktik der Geographie. Begriffe. (Oldenbourg) München, S. 65–66.

- BLES, P. (2002): Die Selbstbestimmungstheorie von DECI und RYAN. In: FREY, D. & M. IRLE (Hrsg.): Theorien der Sozialpsychologie. Band III: Motivations-, Selbst- und Informationsverarbeitungstheorien (Huber) Bern, S. 234–253.
- BLUDAU-HARY, A., BACHMANN, M. & W. STEINBORN (1995): Erderkundung leicht gemacht – ein Ratgeber für Satellitenempfang und Bildauswertung als Medium im fächerübergreifenden Unterricht (Justus-Perthes) Gotha.
- BODECHELT, J. & H. GIERLOFF-EMDEN (1974): Weltraumbilder – die dritte Entdeckung der Erde (List) München.
- BORTZ, J. & N. DÖRING (2006): Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler (3. Aufl.) (Springer-Verlag) Berlin.
- BÖSCHE, J. (2019): Zu viele Satelliten. Verkehrschaos im All. Tagesschau online - Ausland (25.10.2019), abrufbar unter: <https://www.tagesschau.de/ausland/satelliten-weltraum-101.html> (Stand: 09.04.20).
- BREITBACH, T. (1990): Didaktische Anmerkungen zur Verwendung von Satellitenbildern in der Schule. In: BECKEL, L. & R. WINTER (Hrsg.): Satellitenbilder im Erdkundeunterricht. Einführung und Interpretation (Orbit-Verlag) Bonn.
- BREITBACH, T. (1991): Didaktisches Einsatzmodell für Weltraumbilder im Erdkundeunterricht, unter besonderer Berücksichtigung verschiedener Weltraumbildarten. In: Geographie und ihre Didaktik, Jg. 19, H.4, S. 194–212.
- BREITBACH, T. (1996): Stellenwert und Handhabung der Fernerkundung im Geographieunterricht. In: Geographie und Schule, Jg. 18, H.104 (Aulis) Hannover, S. 26–39.
- BRUCKER, A. (1978): Welche Möglichkeiten bietet der Einsatz von Landsat-Bildern im Geographieunterricht. In: Geographische Rundschau. Jg. 30, H. 7 (Westermann) Braunschweig, S. 283.
- BRUCKER, A. (1981): Sehgewohnheiten ändern. In: Praxis Geographie. Jg.1, H. 11 (Westermann) Braunschweig, S. 2–3.
- BRUCKER, A. (Hrsg.) (2017): Geographiedidaktik in Übersichten. (4. Aufl.) (Aulis-Verlag) Seelze.
- BRUCKER, A., HAVERSATH, J. B. & A. SCHÖPS (Hrsg.) (2018): Geographie-Unterricht. 102 Stichworte. (Schneider Verlag Hohengehren) Baltmannsweiler.
- BUCHER, H.-J. (2013): Multimodalität – ein universelles Merkmal der Medienkommunikation: Zum Verhältnis von Medienangebot und Medienrezeption. In: BUCHER, H.-J. & P. SCHUMACHER (Hrsg.): Internationale Rezeptionsforschung. Theorie und Methode der Blickaufzeichnung in der Medienforschung (Springer Fachmedien) Wiesbaden, S. 52–60.
- BUCHMANN, D. (2013): MOOCs einfach auf den Punkt gebracht. In: LANDESANSTALT FÜR MEDIEN (LfM) NORDRHEIN-WESTFALEN (Hrsg.): Digitales Lernen 07/September 2013. Düsseldorf, abrufbar unter: https://www.medienanstalt-nrw.de/fileadmin/lfm-nrw/nrw_digital/Publikationen/DK_Digitales_Lernen.pdf (Stand: 04.08.20).

- BUNDESMINISTERIUM FÜR BILDUNG UND FORSCHUNG (BMBF) (Hrsg.) (2013): Perspektive MINT. Wegweiser für MINT-Förderung und Karrieren in Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik (Bertelsmann-Verlag) Bielefeld, abrufbar unter: https://www.bmbf.de/upload_filestore/pub/perspektive_mint.pdf (Stand: 30.08.20).
- BUNDESMINISTERIUM FÜR BILDUNG UND FORSCHUNG (BMBF) (Hrsg.) (2019): Verwaltungsvereinbarung. DigitalPakt Schule 2019 bis 2024, abrufbar unter: https://www.digitalpaktschule.de/files/VV_DigitalPaktSchule_Web.pdf (Stand: 19.07.20).
- BUROW, O.-A. (2020): Future Fridays – Warum wir das Schulfach Zukunft brauchen. (Beltz) Weinheim.
- CANTOR, D. (2007): A Review and Summary of Studies on Panel Conditioning. In: MENARD, S. (Hrsg.): Handbook of Longitudinal Research: Design, Measurement and Analysis (Academic Press) Amsterdam/Boston, S. 123–138.
- CONVERSE, J. M. & S. PRESSER (1986): Survey Questions: Handcrafting the Standardized Questionnaire (Sage) Beverly Hills, CA.
- CZAJA, R. & J. BLAIR (1996): Designing Surveys (Pine Forge Press) Thousand Oaks, CA.
- DECH, S., CONRAD, C. & C. KUENZER (2020): Geographische Fernerkundung. Neue Trends und Perspektiven. In: GEBHARDT, H., GLASER, R., RADTKE, U., REUBER, P. & A. VÖTT (Hrsg.): Geographie. Physische Geographie und Humangeographie. (3. Aufl.) (Springer) Berlin, S. 185–189.
- DECI, E. L. & R. M. RYAN (1993): Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. In: Zeitschrift für Pädagogik, Jg. 39, H. 2 (Beltz) Weinheim, S. 223–238.
- DE LANG, N. (2013): Geoinformatik – in Theorie und Praxis. (3. Aufl.) (Springer Spektrum) Berlin – Heidelberg.
- DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR GEOGRAPHIE (DGfG) (2019a): Deutsche Gesellschaft für Geographie. Eine wichtige Aufgabe (Selbstverlag) Passau, abrufbar unter: <https://geographie.de/wp-content/uploads/2019/06/DGfG-Flyer-Homepage.pdf> (Stand: 13.04.20).
- DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR GEOGRAPHIE (DGfG) (2019b): Offener Brief an die demokratischen Parteien im Deutschen Bundestag im Juni 2019, abrufbar unter: <http://www.erdkunde.com/info/20190611%20Klimabrief.pdf> (Stand: 16.07.20).
- DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR GEOGRAPHIE (DGfG) (2020): Die Geographie in der schulischen Praxis stärken. Roadmap 2030. Konzept und Einladung zur Mitarbeit, abrufbar unter: <http://geographiedidaktik.org/wp-content/uploads/2020/04/roadmap-2030-Konzept.pdf> (Stand: 16.07.20).
- DEUTSCHES ZENTRUM FÜR LUFT- UND RAUMFAHRT (DLR) (2011) (Hrsg.): Deutschland auf der ISS. Germany on the ISS. (Selbstverlag) Bonn.

- DEUTSCHES ZENTRUM FÜR LUFT- UND RAUMFAHRT (DLR) (2014): „Siegburg, i hear you loud and clear“: Schüler funken mit Alexander Gerst. Montag, 1. September 2014, abrufbar unter: https://www.dlr.de/content/de/downloads/news-archiv/2014/20140901_-siegburg-i-hear-you-loud-and-clear-schueler-funken-mit-alexander-gerst_11446.pdf?blob=publicationFile&v=13 (Stand: 22.08.20).
- DIENST, M., EMDE, K., FISCHER, P., KONTER, O., OBROCKI, L., WERNER, V. WILLERSHAUSER, T. & A. VÖTT (2020): Gelände- und Labormethoden. In: GEBHARDT, H., GLASER, R., RADTKE, U., REUBER, P. & A. VÖTT (Hrsg.): Geographie. Physische Geographie und Humangeographie. (3. Aufl.) (Springer) Berlin, S. 89–104.
- DITTER, R., MICHEL, U. & A. SIEGMUND (2012): Neue Medien – Möglichkeiten und Grenzen. In: HAVERSATH, J.-B. (Hrsg.): Geographiedidaktik. Theorie – Themen – Forschung. (Westermann) Braunschweig, S. 214–235.
- DITTER, R. & A. SIEGMUND (2013): Digitale Medien. In: BÖHN, D. & G. OBERMAIER (Hrsg.): Wörterbuch der Geographiedidaktik. (Westermann) Braunschweig, S. 54–56.
- DITTER, R. (2014): Die Wirksamkeit digitaler Lernwege in der Fernerkundung. Eine empirische Untersuchung zur Lernmotivation und Selbstkonzept bei Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe. Dissertation. Pädagogische Hochschule Heidelberg, abrufbar unter: <https://opus.ph-heidelberg.de/frontdoor/index/index/docId/45> (Stand: 16.04.20).
- DITTER, R. (2016): Wie werte ich ein Satellitenbild aus? In: SIEGMUND, A. (Hrsg.): Diercke Geographie 1. Gymnasien in Baden-Württemberg. (Bildungshaus Schulbuchverlage) Braunschweig, S. 184–185.
- DITTER, R. & A. SIEGMUND (2016): Lernen mit digitalen Satellitenbildern – eine genderspezifische Analyse. In: VEREIN FÜR GEOGRAPHIE UND WIRTSCHAFTLICHE BILDUNG (Hrsg.): GW Unterricht 142/143 Wien, S. 162–173.
- DITTMANN, A., HOFFMANN, K.W. & R. MEHREN (2019): Die Geographie in der schulischen Praxis stärken. Initiative Roadmap 2030, abrufbar unter: <http://geographiedidaktik.org/wp-content/uploads/2020/04/roadmap-2030-Konzept.pdf> (Stand: 13.07.20).
- DITTON, H. (2000): Qualitätskontrolle und -sicherung in Schule und Unterricht – ein Überblick über Stand der empirischen Forschung. In: HELMKE, A., HORNSTEIN, W. & E. TERHART (2000) (Hrsg.): Qualitätssicherung im Bildungsbereich. Beiheft Nr. 14 der Zeitschrift für Pädagogik (Beltz Juventa) Weinheim, S. 73–92.
- DITTON, H. (2010): Evaluation und Qualitätssicherung. In: TIPPELT, R. & B. SCHMIDT (Hrsg.): Handbuch Bildungsforschung. (3. Aufl.) (VS Verlag für Sozialwissenschaften) Wiesbaden, S. 607–623.
- DÖRING, J. & T. THIELMANN (Hrsg.) (2009): Mediengeographie. Theorie – Analyse – Diskussion. (transcript Verlag) Bielefeld.
- DÖRING, N. & J. BORTZ (2016): Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften. (5. Aufl.) (Springer-Verlag) Heidelberg.

- DÖRMER, U. & G. OBERMAIER (1999): Fächerübergreifender/Fachübergreifender Unterricht. In: BÖHN, D. (Hrsg.): Didaktik der Geographie. Begriffe. (Oldenburg) München, S. 42–43.
- DRIEBEN, M. (2017a): Geografie: Bochumer Institut im Copernicus-Academy-Network. In: idw – Informationsdienst Wissenschaft. Nachrichten, Termine, Experten vom 06.06.2017, abrufbar unter: <https://idw-online.de/de/news675844> (Stand: 04.08.20).
- DRIEBEN, M. (2017b): RUB News. Geografie: Wie Weltraumbilder in den Schulunterricht kommen, abrufbar unter: <https://news.rub.de/presseinformationen/wissenschaft/2017-05-02-geografie-wie-weltraumbilder-den-schulunterricht-kommen> (Stand: 29.08.20).
- DROR, Y. (1968): Public policymaking re-examined (Chandler) Scranton, Pennsylvania.
- DUBUISSON, B. (1975): Pratique de la photogrammétrie et de moyens cartographiques dérivés des ordinateurs. (Editions Eyrolles) Paris.
- EHWERS, R. (2014): Geocaching für Anfänger. Basiswissen für die Praxis. (Bruckmann) München.
- ELLIOT, J. (1981): Action-research: A framework for self-evaluation in schools. TIQL-Working Paper No. 1 (Institute of Education) Cambridge.
- ERNST, E. (1969): Das Luftbild im Unterricht. In: Der Erdkundeunterricht (1969), Nr. 10, S. 3–4.
- EUROPEAN SPACE AGENCY (ESA) (2020): Biographie von Alexander Gerst, abrufbar unter: https://www.esa.int/Space_in_Member_States/Germany/Biographie_von_Alexander_Gerst (Stand: 04.08.20).
- EUROPEAN SPACE EDUCATION RESOURCE OFFICE (ESERO Germany) (2020): Über ESERO Germany, abrufbar unter: <http://www.esero.de> (Stand: 25.07.20).
- EWALD, E. (1920): Die Flugzeugphotographie im Dienste der Geographie. In: Petermanns Geographische Mitteilungen (PGM), H. 1/2 (Klett-Perthes) Gotha, S. 1–6.
- FAHRMEIR, L., HEUMANN, CH., KÜNSTLER, R., PIGEOT, I. & G. TUTZ (2016): Statistik. Der Weg zur Datenanalyse. (8. Aufl.) (Springer Spektrum) Berlin, Heidelberg.
- FISCHER, S. (2016): Schulentwicklung. Bildungspolitische Wunschvorstellung oder pädagogische Realität? (Peter Lang AG) Bern.
- FLICK, U., VON KORDORFF, E. & I. STEINKE (2004) (Hrsg.): Qualitative Forschung. Ein Handbuch. (3. Aufl.) (Rowohlt Taschenbuch Verlag) Reinbek.
- FLICK, U. (2005): Standards, Kriterien, Strategien: zur Diskussion über Qualität qualitativer Sozialforschung. In: Zeitschrift für qualitative Bildungs-, Beratungs- und Sozialforschung 6 (2), S. 191–210.
- FUCHSGRUBER, V., DITTER, R. & A. SIEGMUND (2017): Geographieunterricht mit Satellitenbildern innovativ gestalten. In: Praxis Geographie, H. 3 (Westermann) Braunschweig, S. 8–9.
- FULLAN, M. (1999): Die Schule als lernendes Unternehmen. (Klett-Cotta) Stuttgart.

- GALLE, M. (2014): Herausforderungen eines komplexen Forschungsdesigns – Längsschnitt-Fallanalyse und Mixed-Methods-Datenanalyse kombiniert. Forschungsprojekt perLen. Universität Zürich, abrufbar unter: https://www.researchgate.net/publication/311583000_Herausforderungen_eines_komplexen_Forschungsdesigns_Langsschnitt-Fallanalyse_und_Mixed-Methods-Datenanalyse_kombiniert (Stand: 02.01.21).
- GALLE, M. (2015): Schulentwicklung in den perLen-Fallschulen. Erste Ergebnisse zu Entwicklungsprozessen. In: REUSSER, K., PAULI, CH. & R. STEBLER (Hrsg.): Personalisierte Lernkonzepte in heterogenen Lerngruppen (perLen). Zwischenbericht 2015 mit Einblicken in Teilprojekte. Universität Zürich – Stiftung Mercator Schweiz (Künzle Druck) Zürich, S. 16–19, abrufbar unter: https://www.researchgate.net/publication/311583172_Schulentwicklung_in_den_perLen-Fallschulen_Erste_Ergebnisse_zu_Entwicklungsprozessen (Stand 02.01.21).
- GAST, R. (2018): Der Traum vom Terraforming. In: Spektrum der Wissenschaft. Die Woche. 31/2018, (Spektrum der Wissenschaft Verlag) Heidelberg, abrufbar unter: <https://www.spektrum.de/news/der-traum-vom-terraforming/1581948> (Stand: 13.02.21).
- GEBARDT, H., GLASER, R., RADTKE, U., REUBER, P. & A. VÖTT (2020): Globale Risiken und die Rolle der Geographie. In: GEBHARDT, H., GLASER, R., RADTKE, U., REUBER, P. & A. VÖTT (Hrsg.): Geographie. Physische Geographie und Humangeographie. (3. Aufl.) (Springer) Berlin, S. 3–14.
- GEIPEL, R. (1969): Das Luftbild im Unterricht. In: Der Erdkundeunterricht (1969), Nr. 10, S. 53–80.
- GLASER, R., SAURER, H., ZIPF, A. & R. HOLOGA (2020): Klassische und neue Fragestellungen der digitalen Geographie. In: GEBHARDT, H., GLASER, R., RADTKE, U., REUBER, P. & A. VÖTT (Hrsg.): Geographie. Physische Geographie und Humangeographie. (3. Aufl.) (Springer) Berlin, S. 172–174.
- GOETZKE, R., HODAM, H., ORTWEIN, A., RIENOW, A. & K. VOSS (2014a): Lernmaterialien, Nachschlagewerk, intuitive Bildbearbeitung: Das FIS Lernportal für Fernerkundung. In: DGPF Tagungsband. DGfK, DGPF, GfGI und GiN. Vol. 23, Chap. 111, S. 1–10.
- GOETZKE, R., HODAM, H., RIENOW, A. & K. VOSS (2014b): Floods: Dealing with a Constant Threat. In: JEKEL, T. et al. (Hrsg.): Learning and Teaching With Geomedia. (Cambridge) Newcastle, S. 90–102.
- GRYL, I., JEKEL, T. & K. DONERT (2010): GI and spatial citizenship. In: JEKEL, T., DONERT, K., KOLLER, A. & R. VOGLER (eds.): Learning with GI V. Heidelberg, S. 2–10.
- GUDJONS, H. (1987): Handlungsorientierung als methodisches Prinzip im Unterricht. In: Westermann Pädagogische Beiträge, 39. Jg., H. 5 (Westermann), S. 8–13.
- HACKE, A. (2019): Das Kernfach unserer Zeit. In: Süddeutsche Zeitung – Magazin, H. 41 vom 10.10.2019, abrufbar unter: <https://sz-magazin.sueddeutsche.de/das-beste-aus-aller-welt/erdkunde-87866> (Stand: 14.07.20).

- HASSENPFUG, W. (1996a): Informationstechnologien, insbesondere Fernerkundung, als Basis der Modernisierung des Erdkundeunterrichts. In: Geographie und ihre Didaktik, Jg. 24, H. 3 (Selbstverlag hgd) Essen, S. 113–129.
- HASSENPFUG, W. (1996b): Fernerkundung und Satellitenbilder. Methoden und geographisch bedeutsame Potentiale. In: Geographie und Schule, Jg. 18, H. 104 (Aulis) Hannover, S. 3–11.
- HASSENPFUG, W. (1996c): Satellitenbilder im Erdkundeunterricht. In: geographie heute, Jg. 17, H. 137 (Friedrich-Verlag) Hannover, S. 4–11.
- HAUBRICH, H. (Hrsg.) (2006): Geographie unterrichten lernen. Die neue Didaktik der Geographie konkret. (Oldenbourg) München.
- HAUN, M. (2008): Schulentwicklung als Aufgabe der Lehrerbildung. In: BOVET, G. & V. HUWENDIEK (Hrsg.): Leitfaden Schulpraxis. Pädagogik und Psychologie für den Lehrerberuf. (5. Aufl.) (Cornelsen Scriptor) Berlin, S. 573–595.
- HEIDIG, S., MÜLLER, J. & M. REICHELT (2015): Emotional design in multimedia learning: Differentiation on relevant design features and their effects on emotions and learning. *Computers in Human Behavior*, 44, (Elsevier) Amsterdam, 81–99.
- HEIPKE, CH. (2017): Photogrammetrie und Fernerkundung – eine Einführung. In: HEIPKE, CH. (Hrsg.): Photogrammetrie und Fernerkundung. (Springer Spektrum) Berlin, S. 1–28.
- HEMMER, I. (2016): Standards und Kompetenzen. In: HAVERSATH, J.-B. (Hrsg.): Geographiedidaktik. Theorie – Themen – Forschung. (2. Aufl.) (Westermann) Braunschweig, S. 90–106.
- HEMMER, M. (2018): Die Geographische Brille (nach)-justieren – Ein Plädoyer für mehr metareflexive Phasen in Lehrerbildung und Unterricht. In: REMPFLER, A. (Hrsg.): Wirksamer Geographieunterricht. Unterrichtsqualität: Perspektiven von Expertinnen und Experten. Bd. 5 (Schneider Verlag Hohengehren) Baltmannsweiler, S. 66–76.
- HILLMAYR, D., REINHOLD, F., ZIERNWALD, L. & K. REISS (2017): Digitale Medien im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht in der Sekundarstufe. Einsatzmöglichkeiten, Umsetzung und Wirksamkeit. Zentrum für internationale Vergleichsstudien. Technische Universität München. (Waxmann) München.
- HOFFMANN, K. W. (2019): Erdkunde – Kernfach des 21. Jahrhunderts?! – Ein lebendiges und zukunftsorientiertes Fach und wichtige Ressource für Menschen im 21. Jahrhundert! Impulsvortrag zur Eröffnung des Tags der Schulgeographie in Kiel am 27. September 2019 (VDSG), abrufbar unter: https://geographie.de/wp-content/uploads/2019/10/2019-10-17-Erdkunde-Kernfach-des-21-JH_TSG.pdf (Stand: 14.07.20).
- HOFFMANN, T. (2018): Warum und wozu benötigen wir heute als Gesellschaft Geographieunterricht? In: REMPFLER, A. (Hrsg.): Wirksamer Geographieunterricht. Unterrichtsqualität: Perspektiven von Expertinnen und Experten. Bd. 5 (Schneider Verlag Hohengehren) Baltmannsweiler, S. 77–88.

- HUBER, R. (2018): Komplexe Geographische Probleme schülernah betrachten. In: REMPFLER, A. (Hrsg.): Wirksamer Geographieunterricht. Unterrichtsqualität: Perspektiven von Expertinnen und Experten. Bd. 5 (Schneider Verlag Hohengehren) Baltmannsweiler, S. 99–109.
- KANWISCHER, D. (2014): Digitale Geomedien und Gesellschaft. Zum veränderten Status geographischen Wissens in der Bildung. In: Geographische Rundschau. Jg. 66, H. 6 (Westermann) Braunschweig, S. 12–17.
- KAUBE, J. (2019): Zur Nebensache geworden – Kampf ums Schulfach Erdkunde. In: Frankfurter Allgemeine Zeitung vom 17.12.2019, abrufbar unter: <https://www.faz.net/aktuell/feuilleton/debatten/geographie-der-kampf-um-das-schulfach-erdkunde-16538969.html> (Stand 14.07.20).
- KECK, R. W., SANDFUCHS, U. & B. FEIGE (2004): Wörterbuch Schulpädagogik. (Klinkhardt) Bad Heilbrunn.
- KEMPFERT, G. & H.-G. ROLFF (2005): Qualität und Evaluation. Ein Leitfaden für Pädagogisches Qualitätsmanagement. (4. Aufl.) (Beltz) Weinheim, Basel.
- KERRES, M. (2001): Multimediale und telemediale Lernumgebungen. Konzeption und Entwicklung. (2. Aufl.) (Oldenbourg) München.
- KERRES, M. (2004): Strategieentwicklung für die nachhaltige Implementation neuer Medien in der Hochschule. In: PFEFFER, TH., SINDLER, A., PELLERT, A. & M. KOPP (Hrsg.): Organisationsentwicklungshandbuch Neue Medien in der Lehre. (Waxmann) Münster, abrufbar unter: https://learninglab.uni-due.de/sites/default/files/Kerres-mediensstrategie_0_0.pdf (Stand: 17.01.21).
- KERRES, M. (2006): Potenziale von Web 2.0 nutzen. In: HOHENSTEIN, A. & K. WILBERS (Hrsg.): Handbuch E-Learning. (DWD) München, abrufbar unter: https://learninglab.uni-due.de/sites/default/files/web20-a_0.pdf (Stand: 16.01.21).
- KERSTING, R. (2003): Fachübergreifendes Arbeiten im Geographieunterricht. In: Geographie heute, Jg. 24, H. 207 (Friedrich Verlag) Hannover, S. 2–6.
- KESTLER, F. (2015): Einführung in die Didaktik des Geographieunterrichts: Grundlagen der Geographiedidaktik und ihrer Bezugswissenschaften. (2. Aufl.) (Julius Klinkhardt) Bad Heilbrunn.
- KIRCHBERG, G. (1998): „Fächerübergreifender“ Geographieunterricht. Zu den Möglichkeiten, Formen und Grenzen des fachoffenen Lernens. In: Geographie und Schule, Jg. 20, H. 114, S. 2–8.
- KIRCHBERG, G. (2005): Die Geographielehrpläne in Deutschland heute. Bestandsaufnahme und Ausblick. In: Geographie und Schule, Jg. 27, H. 156 (Aulis) Hannover, S. 2–9.
- KIRSCHNER, P.A. & P. DE BRUYCKERE (2017): The myths of the digital native and the mutlitasker. Teaching and Teacher Education, 67, 135–143, abrufbar unter: <https://doi.org/10.1016/j.tate.2017.06.001> (Stand: 23.01.21).
- KLEIN, G. (2009): Visual Tracking for Augmented Reality: Edge-based tracking techniques for AR applications (Verlag Dr. Müller) Saarbrücken.

- KLITSCH, A., BAUER, TH., MANSBERGER, R. & C. ATZBERGER (2019): Geoinformationssysteme und Fernerkundung. In: SCHMID, E. & T. PRÖLL (Hrsg.): Umwelt- und Bioressourcenmanagement für eine nachhaltige Zukunftsgestaltung (Springer Spektrum) Berlin, S. 244–255.
- KÖCK, P. (2000): Handbuch der Schulpädagogik für Studium – Praxis – Prüfung (Auer) Donauwörth.
- KÖCK, H. (2001): Typen vernetzenden Denkens im Geographieunterricht. In: Geographie und Schule, 23. Jg., H. 132 (Aulis) Hannover, S. 9–15.
- KÖHLER, E. (1986): Das Satellitenbild. In: BRUCKER, A. (Hrsg.) (1986): Handbuch Medien im Geographie-Unterricht. (Schwann) Düsseldorf, S. 62–70.
- KOHLSTOCK, P. (2018) (4. Aufl.): Kartographie. (Schöningh) Paderborn.
- KOLLAR, I. (2012): Die Satellitenbild-Lesekompetenz. Empirische Überprüfung eines theoriegeleiteten Kompetenzstrukturmodells für das „Lesen“ von Satellitenbildern. Dissertation. Pädagogische Hochschule Heidelberg, abrufbar unter: <https://d-nb.info/1070231339/34> (Stand: 16.04.20).
- KREUZBERGER, N. (2018): Geographie – Ein Fach, das die individuelle Förderung herausfordert. In: REMPFLER, A. (Hrsg.): Wirksamer Geographieunterricht. Unterrichtsqualität: Perspektiven von Expertinnen und Experten. Bd. 5 (Schneider Verlag Hohengehren) Baltmannsweiler, S. 122–129.
- KROMLEY, H. (2009): Empirische Sozialforschung. (12. Aufl.) (Lucius & Lucius) Stuttgart.
- KUBINGER, K. D. (2003): Gütekriterien. In: KUBINGER, K. D. & R. S. JÄGER (Hrsg.): Schlüsselbegriffe der Psychologischen Diagnostik. (Beltz PVU) Weinheim.
- LANDESGESCHÄFTSSTELLE DER GEMEINSCHAFTSOFFENSIVE ZENTRUM DURCH INNOVATION. NRW (2021): Das ist zdi-MINT-Förderung in NRW. Düsseldorf, abrufbar unter: <https://www.zdi-portal.de/netzwerk/das-ist-zdi/> (Stand: 31.01.21).
- LEGEWIE, N. & I. TUCCI (2016): Panel-basierte Mixed-Methods-Studien. In: GOEBEL, J. et al. (Hrsg.): SOEppapers on Multidisciplinary Panel Data Research. H.872 (DIW) Berlin, abrufbar unter: https://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw_01.c.545971.de/diw_sp0872.pdf (Stand: 31.12.20).
- LESER, H. (Hrsg.) (1997): DIERCKE-Wörterbuch Allgemeine Geographie. (8. Aufl.) (Westermann/dtv) Braunschweig, München.
- LINDNER, C., HODAM, H., ORTWEIN, A., SCHULTZ, J., SELG, F. & A. RIENOW (2018a): Sentinel-Daten für digitale und interaktive Anwendungen im Schulunterricht. In: 38. Wissenschaftlich-Technische Jahrestagung der DGPF und PFGK18 Tagung in München. Publikationen der DGPF. Band. 27, 2018, München, S. 117–128.
- LINDNER, C., MÜLLER, C., HODAM, H., JÜRGENS, C., ORTWEIN, A., SCHULTZ, J., SELG, F., WEPPLER, J. & A. RIENOW (2018b): From Earth to Moon and beyond – Immersive STEM Education based on Remote Sensing Data. In: 69th International Astronautical Congress (IAC), Bremen, Germany, 1–5 October 2018, 1–9.

- LINDNER, C., MÜLLER, C., HODAM, H., JÜRGENS, C., ORTWEIN, A., SCHULTZ, J., SELG, F. & A. RIENOW (2019a): Expanding STEM Education in Secondary Schools: An Innovative Geography-Physics Course Focusing on Remote Sensing. In: *GI_Forum 2019*, Vol. 7 (2), 153–162.
- LINDNER, C., MÜLLER, C., ORTWEIN, A., HODAM, H., JÜRGENS, C., SCHULTZ, J., SELG, F. & A. RIENOW (2019b): Das Klassenzimmer im Weltraum – Anwendungen zur Erdbeobachtung zwischen Realität und Virtualität. In: KERSTEN, T. (Hrsg.): *Publikationen der DGPF e. V.* (28), S. 241–255.
- LÖFFLER, E., HONECKER, U. & E. T. STABEL (2005): *Geographie und Fernerkundung: eine Einführung in die geographische Interpretation von Luftbildern und modernen Fernerkundungsdaten.* (3. Aufl.) (Borntraeger) Stuttgart.
- MANDL, H. & B. KOPP (2007): Blended Learning: Forschungsfragen und Perspektiven. In: FNM (Hrsg.): *Forschung zu Blended Learning: österreichische F & E Projekte und EU-Beteiligung* (Verlag Forum Neue Medien) Graz, S. 4–24.
- MASON, L., TORNATORA, M. C. & P. PLUCHINO (2015): Integrative processing of verbal and geographical information during re-reading predicts learning from illustrated text: an eye-movement study. *Reading and Writing*, 28(6), 851–872, abrufbar unter: <https://doi.org/10.1007/s11145-015-9552-5> (Stand: 23.01.21).
- MAYER, R. E. (2014): Cognitive Theory of Multimedia Learning. In: MAYER, R. E. (Hrsg.): *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (2. Aufl.) (Cambridge University Press) New York, S. 43–71.
- MAYER, R. E. & G. ESTRELLA (2014): Benefits of emotional design in multimedia instruction. *Learning and Instruction*, 33, (Elsevier) Amsterdam, 12–18, abrufbar unter: <http://nschwartz.yourweb.csuchico.edu/BENEFITS%20OF%20EMOTIONAL%20DESIGN%20IN%20MULTIMEDIA%20INSTRUCTION%20MAYER%20ESTRELLA.pdf> (Stand: 21.01.21).
- MAYRING, P. (2003): *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken* (8. Aufl.) (Beltz) Weinheim.
- MEHREN, R. (2018): Die Geographie behandelt die großen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts. In: REMPFLER, A. (Hrsg.): *Wirksamer Geographieunterricht. Unterrichtsqualität: Perspektiven von Expertinnen und Experten.* Bd. 5 (Schneider Verlag Hohengehren) Baltmannsweiler, S. 130–138.
- MEYER, H. (1994): *Unterrichtsmethoden I und II. Theorieband/Praxisband.* (Cornelsen) Frankfurt am Main.
- MEYER, H. (1997): *Schulpädagogik. Bd. 1: Für Anfänger.* (Cornelsen) Berlin.
- MEYER, TH. (1997): Prinzipien der Umwelterziehung. Zur Beachtung der Prinzipien bei der Unterrichtsplanung und -gestaltung. In: *Zeitschrift für den Erdkundeunterricht*, 49. Jg., H. 4 (Pädagogischer Zeitschriftenverlag) Berlin, S. 146–153.

- MEYER, W. (2005): Wie zukunftsfähig ist die deutsche Zivilgesellschaft? Zur Umsetzung des Leitbildes nachhaltiger Entwicklung in deutschen Interessensorganisationen. Habilitationsschrift. Universität des Saarlandes. Saarbrücken.
- MICHEL, U., SIEGMUND, A. & D. VOLZ (2011): Digitale Revolution im Klassenzimmer?! Potenziale digitaler Geomedien für zeitgemäßen Unterricht. In: Praxis Geographie, H. 11 (Westermann) Braunschweig, S. 4–9.
- MITCHELL, W. J. T. (1992): The Pictorial Turn. Artforum, 30, S. 89–94, abrufbar unter: <https://www.artforum.com/print/199203/the-pictorial-turn-33613> (Stand: 23.01.21).
- MOOSBRUGGER, H. (2020): Qualitätsanforderungen an Tests und Fragebogen. („Gütekriterien“) (3. Aufl.). In: MOOSBRUGGER, H. & A. KELAVA (Hrsg.): Testtheorie und Fragebogenkonstruktion. (Springer-Verlag) Berlin, S. 13–38.
- MORENO, R. (2006): Does the modality principle hold for different media? A test of the method-affects-learning hypothesis. Journal of Computer Assisted Learning, 22(3), 149–158, abrufbar unter: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2006.00170.x> (Stand: 21.01.21).
- MÜLLER, A. (2020): Lexikon der Kartographie und Geomatik (Spektrum der Wissenschaft Verlag) Heidelberg, abrufbar unter: <https://www.spektrum.de/lexikon/kartographie-geomatik/geomatik/1780> (Stand: 13.04.20).
- NAUMANN-MEYER, U.-P. (2005): Der Zugang zu Satellitenbildern in der Orientierungsstufe. Probleme und Möglichkeiten. Dissertation - Erziehungswissenschaftliche Fakultät der Universität zu Kiel abrufbar unter: <https://d-nb.info/978796810/34> (Stand: 09.04.20).
- NUNES, M. B. & M. MCPHERSON (2003): Constructivism vs. objectivism: where is difference for designers of e-learning environments? Proc. Of the 3rd IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies 2003, S. 496–500.
- OHL, U. (2018): Auf die Tiefenstruktur des Geographieunterrichts kommt es an. In: REMPFLE, A. (Hrsg.): Wirksamer Geographieunterricht. Unterrichtsqualität: Perspektiven von Expertinnen und Experten. Bd. 5 (Schneider Verlag Hohengehren) Baltmannsweiler, S. 146–155.
- ORGANISATION FÜR WIRTSCHAFTLICHE ZUSAMMENARBEIT UND ENTWICKLUNG (OECD) PISA DEUTSCHLAND (2007): Internationales und nationales Rahmenkonzept für die Erfassung von naturwissenschaftlicher Grundbildung in PISA. OECD PISA Deutschland. Berlin, abrufbar unter: https://pure.mpg.de/rest/items/item_2620022/component/file_3222266/content (Stand: 20.07.20)
- OTTO, K.-H. (2015): Geographie – (k)ein MINT-Fach!? Der Beitrag der Geographie zur naturwissenschaftlichen (Grund-)Bildung (Scientific Literacy). In: Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht (MNU), Jg. 68, H.4 (Selbstverlag) Düsseldorf, S. 231–236.

- OTTO, K.-H. (2018): Geographieunterricht, seine Qualitäten und Alleinstellungsmerkmale. In: REMPFLE, A. (Hrsg.): *Wirksamer Geographieunterricht. Unterrichtsqualität: Perspektiven von Expertinnen und Experten*. Bd. 5 (Schneider Verlag Hohengehren) Baltmannsweiler, S. 156–166.
- PARK, B., PLASS, J. L., & R. BRÜNKEN (2014): Cognitive and affective processes in multimedia learning. *Learning and Instruction*, 29 (Elsevier) Amsterdam, 125–127, abrufbar unter: <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2013.05.005> (Stand: 21.01.21).
- PÄTZOLD, H. (2007): E-Learning 3-D – welche Potentiale haben virtuelle 3-D-Umgebungen für das Lernen mit neuen Medien. In: *Medien Pädagogik – Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, abrufbar unter: <https://www.medienpaed.com/article/view/201/201> (Stand: 30.07.20).
- PORST, R. (2011): *Fragebogen. Ein Arbeitsbuch*. (3. Aufl.) (VS-Verlag für Sozialwissenschaften) Wiesbaden.
- PORST, R. (2014): *Der Fragebogen. Ein Arbeitsbuch*. (4. Aufl.) (Springer VS-Verlag) Wiesbaden.
- PRENSKY, M. (2001): Digital Natives, Digital Immigrants Part 1, *On the Horizon*, Vol. 9, No. 5, 1–6, abrufbar unter: <https://doi.org/10.1108/10748120110424816> (Stand: 23.01.21).
- RAAB-STEINER, E. & M. BENESCH (2012): *Der Fragebogen. Von der Forschungsidee zur SPSS-Auswertung*. 3. Aufl., (facultas.wuv Universitätsverlag) Wien.
- RASCHKE, N. (2018): Handlungsorientierung. In: BRUCKER, A., HAVERSATH, J.-B. & A. SCHÖPS (Hrsg.): *Geographie-Unterricht. 102 Stichworte*. (Schneider Verlag Hohengehren) Baltmannsweiler, S. 96–97.
- REMPFLER, A. & R. UPHUES (2013): Systemkompetenz. In: BÖHN, D. & G. OBERMAIER (Hrsg.): *Wörterbuch der Geographiedidaktik*. (Westermann) Braunschweig, S. 265–266.
- REMPFLER, A. (2018): *Wirksamer Geographieunterricht – Eine Synthese aus 18 Experteninterviews*. In: REMPFLE, A. (Hrsg.): *Wirksamer Geographieunterricht. Unterrichtsqualität: Perspektiven von Expertinnen und Experten*. Bd. 5 (Schneider Verlag Hohengehren) Baltmannsweiler, S. 206–219.
- REUSCHENBACH, M. (2007a): Entwicklung und Realisierung eines Konzeptes zur verstärkten Integration der Fernerkundung, insbesondere von Luft- und Satellitenbildern, in den Geographieunterricht. *Remote Sensing Series*, vol. 50, Department of Geography, Zurich.
- REUSCHENBACH, M. (2007b): *Lernen mit Luft- und Satellitenbildern. Folien und Arbeitsmaterialien für die Klassen 5–13*. (Friedrich Verlag) Seelze.
- REUSCHENBACH, M. (2008): Fernerkundungsdidaktik konkret – das Potenzial von Luft- und Satellitenbildern im Geographieunterricht. In: JEKEL, T., KOLLAR, A. & J. DONERT (Hrsg.): *Lernen mit Geoinformation III*. (Wichmann) Heidelberg, S. 15–22.
- RICHTER, D. (1997): Lehrplangestaltung. In: HAUBRICH, H. (Hrsg.): *Didaktik der Geographie konkret*. (Oldenbourg) München, S. 133–157.

- RIEMBAUER, G., SIEGMUND, A. & N. WOLF (2017): Erdbeobachtung mit Satelliten. In: Praxis Geographie, H. 3 (Westermann) Braunschweig, S. 4–7.
- RIENOW, A., GOETZKE, R., HODAM, H. & G. MENZ (2014a): Columbus Eye – HD-Erdbeobachtung von der ISS. In: Gemeinsame Tagung 2014 der DGfK, der DGPF, der GfGI und des GiN (DGPF Tagungsband 23/2014), Beitrag 112.
- RIENOW, A., HODAM, H., MENZ, G. WEPPLER, J. & S. RUNCO (2014b): Columbus Eye – High Definition Earth Viewing from the ISS in Secondary Schools. IAC-14-E1.1.8, 65th International Astronautical Congress, Toronto, Canada, 29 September- 03 October, S. 1–5.
- RIENOW, A., HODAM, H. & K. VOSS (2015a): Die Erde von oben verstehen lernen – Das Lernportal „Fernerkundung in Schulen“. In: Geographie aktuell und Schule, Jg. 37, H. 214 (Stark-Verlagsgruppe) (o. O.), S. 29–33.
- RIENOW, A., HODAM, H., MENZ, G. & K. VOß (2015b): Wissensvermittlung aus der Vogelperspektive – Fernerkundung und Raumfahrt in Schulen. In: Bridging scales – skalenübergreifende Nah- und Fernerkundungsmethoden. 35. Wissenschaftlich-Technische Jahrestagung der DGPF. Vol. 35/2015, S. 63–71.
- RIENOW, A. (2016): Fernerkundung in Schulen II – FIS II: Schlussbericht: 01.10.2009–30.11.2015. Forschungsbericht (DLR). Bonn, abrufbar unter: https://www.researchgate.net/publication/309632189_Fernerkundung_in_Schulen_II_-_FIS_II_Schlussbericht_01102009-30112015 (Stand: 30.07.20).
- RIENOW, A., ORTWEIN, A. & A. THONFELD (2017): Columbus Eye – Live-Bilder von der ISS im Schulunterricht. Schlussbericht: 01.10.2013 – 30.04.2017. 50JR 1307, abrufbar unter: https://www.researchgate.net/publication/330113836_Columbus-Eye_-_Live-Bilder_von_der_ISS_im_Schulunterricht_-_Schlussbericht_01102013-30042017 (Stand: 30.07.20)
- RINGEL, G. (2005): Nationale Bildungsstandards für den Geographieunterricht. Möglichkeiten und Grenzen. In: Geographie und Schule, 27. Jg., H. 156 (Aulis) Hannover, S. 23–32.
- RINSCHEDI, G. (1999): Schulbuch. In: BÖHN, D. (Hrsg.): Didaktik der Geographie. Begriffe. (Oldenbourg) München, S. 141–142.
- RINSCHEDI, G. (2007): Geographiedidaktik. Grundriss Allgemeine Geographie. (3. Aufl.) (Schöningh/utb) Stuttgart.
- RINSCHEDI, G. & A. SIEGMUND (2020): Geographiedidaktik. Grundriss Allgemeine Geographie. (4. Aufl.) (Schöningh/utb) Stuttgart.
- ROLFF, H.-G., BUHREN, C. G., LINDAU-BANK, D. & S. MÜLLER (1999): Manual Schulentwicklung. Handlungskonzept zur pädagogischen Schulentwicklungsberatung (SchuB). (Beltz) Weinheim, Basel.
- ROLFF, H.-G. (2000): Instrumente und Verfahren der Schulentwicklung. Fernstudium Schulmanagement. Studienbrief SEM0400. Universität Kaiserslautern.

- ROLFF, H.-G. (2001): Schulentwicklung konkret. Steuergruppe, Bestandsaufnahme, Evaluation. Institut für schulische Fortbildung und schulpsychologische Beratung des Landes Rheinland-Pfalz
- ROLFF, H.-G. (2007): Studien zu einer Theorie der Schulentwicklung. (Beltz) Weinheim.
- RÖLL, F. J. (2003): Pädagogik der Navigation. Selbstgesteuertes Lernen durch Neue Medien. (Kopaed) München.
- ROST, J. (2004): Lehrbuch Testtheorie-Testkonstruktion. (2. Aufl.) (Huber) Bern.
- SAURER, H. & H.-J. ROSNER (2007): Kartographie – von Mercator zur virtuellen Welt. In: GEBHARDT, H., GLASER, R., RADTKE, U. & P. REUBER (Hrsg.): Geographie. Physische Geographie und Humangeographie. (Spektrum Akademischer Verlag) München, S. 134–152.
- SAURER, H. & H.-J. ROSNER (2020): Von Mercator zur virtuellen Welt. In: GEBHARDT, H., GLASER, R., RADTKE, U., REUBER, P. & A. VÖTT (Hrsg.): Geographie. Physische Geographie und Humangeographie. (3. Aufl.) (Springer), Berlin, S. 171–220.
- SCHÄFER, TH. (2016): Methodenlehre und Statistik. Einführung in Datenerhebung, deskriptive Statistik und Inferenzstatistik. (Springer) Wiesbaden.
- SCHALLER, M. (2018): Geographieunterricht 4.0. Chancen und Risiken digitaler Medien für die Arbeit im Geographieunterricht. (ScienceFactory) Norderstedt.
- SCHALLHORN, E. (1998): Unterricht im Fach Erdkunde ist integrativ! Fächerübergreifender Unterricht und fächerverbindendes Lernen – „moderne“ Grundsätze für den erdkundlichen Unterricht? In: Zeitschrift für den Erdkundeunterricht. 50 Jg., H. 4 (Pädagogischer Zeitschriftenverlag) Berlin, S. 231–239.
- SCHEEFER, G. (2018): Geographische Kompetenzen entwickeln sich nicht im Schnelldurchlauf. In: REMPFLE, A. (Hrsg.): Wirksamer Geographieunterricht. Unterrichtsqualität: Perspektiven von Expertinnen und Experten. Bd. 5 (Schneider Verlag Hohengehren) Baltmannsweiler, S. 178–185.
- SCHLAG, G. (2011): Kognitive Strategien zur Förderung des Text- und Bildungsverstehens beim Lernen mit illustrierten Sachtexten. (Logos) Berlin.
- SCHLEICHER, Y. (2006): Vielfältige Möglichkeiten: E-Learning und Blended Learning. In: Haubrich, H. (Hrsg.): Geographie unterrichten lernen. Die neue Didaktik der Geographie konkret. (Oldenbourg) München, S. 210–211.
- SCHLOTTERMANN, A. & J. MIGGELBRINK (2009): Visuelle Geographien – ein Editorial. Social Geography, 4(1), 13–24, abrufbar unter: <http://www.soc-geogr.net/4/13/2009/sg-4-13-2009.pdf> (Stand: 23.01.21).
- SCHMEINCK, D. (2018): Geographie bereits in der Grundschule – Die Geographische Perspektive im Sachunterricht. In: REMPFLE, A. (Hrsg.): Wirksamer Geographieunterricht. Unterrichtsqualität: Perspektiven von Expertinnen und Experten. Bd. 5 (Schneider Verlag Hohengehren) Baltmannsweiler, S. 186–194.

- SCHMIDT, M. & F. PERELS (2010): Der optimale Unterricht? Praxishandbuch Evaluation (Vandenhoeck & Ruprecht) Göttingen.
- SCHNELL, R. (2012): Survey-Interviews. Methoden standardisierter Befragungen. Studienskripten zur Soziologie (VS Verlag) Wiesbaden.
- SCHNOTZ, W. & M. BANNERT (2003): Construction and interference in learning from multiple representation. *Learning and Instruction*, 13(2), 141–156, abrufbar unter: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.504.1059&rep=rep1&type=pdf> (Stand: 21.01.21).
- SCHNOTZ, W., LUDEWIG, U. MCELVANY, N., ULLRICH, M., HORZ, H. & J. BAUMERT (2014): Strategy Shifts During Learning from Texts and Pictures. *Journal of Educational Psychology*, 106(4), 974–989, abrufbar unter: <https://doi.org/10.1037/a0037054> (Stand: 23.01.21).
- SCHRÖDER, H. (2000): Lernen-Lehren-Unterricht. Lernpsychologische und didaktische Grundlagen. (Oldenbourg) München, Wien.
- SCHULTZ, J., HODAM, H., LINDNER, C., ORTWEIN, A., SELG, F. & A. RIENOW (2018): Ableitung von 3D-Modellen aus Daten des High Definition Earth Viewing-Experiments (ISS) – Anwendungen für den Schulunterricht. In: 38. Wissenschaftlich-Technische Jahrestagung der DGPF und PFGK18 Tagung in München. Publikationen der DGPF. Band 27, 2018, München, S. 129–140.
- SEDLMEIER, P. & F. RENKEWITZ (2018): Forschungsmethoden und Statistik für Psychologen und Sozialwissenschaftler (3. Aufl.) (Pearson) Hallbergmoos.
- SEGER, M. (1992): Einsatz von Satellitenaufnahmen in der Schulkartographie. In: MAYER, F. (Hrsg.): Schulkartographie. Wiener Symposium 1990, Tagungsband. Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie 5 (Institut für Geographie der Universität Wien), S. 64–82.
- SEGER, M. (2000): Was bedeutet und wozu dient „Geographische Fernerkundung“. In: LECHTHALER, M. & G. GARTNER (Hrsg.): Festschrift für Fritz Kelnhofer zum 60. Geburtstag. Geowissenschaftliche Mitteilungen (IHK) Wien, S. 113–122.
- SEGER, M. (2001): Satellitenbilder – Technologische Informationen und praktische Hinweise für den Einsatz im Unterricht. In: SITTE, W. & H. WOHLSCHLÄGL (Hrsg.): Beiträge zur Didaktik des „Geographie und Wirtschaftskunde“-Unterrichts. (Institut für Geographie und Regionalforschung der Universität Wien) Wien, S. 393–409.
- SEIDLER, C. (2014): Astronauten-Tweets: „Samstags ist auf der Raumstation Putztag“. In: Spiegel Online vom 22.06.2014, abrufbar unter: <https://www.spiegel.de/wissenschaft/weltall/alexander-gerst-twitter-nachrichten-von-der-iss-a-976406.html> (Stand: 04.08.20).
- SIEGMUND, A. & G. MENZ (2005): Fernes nah gebracht. In: *Geographie und Schule*, Jg. 27, H. 154 (Aulis) Hannover, S. 2–10.

- SIEGMUND, A. (2011): Satellitenbilder im Unterricht – eine Ländervergleichsstudie zur Ableitung fernerkundungsdidaktischer Grundsätze. Dissertation. Pädagogische Hochschule Heidelberg, abrufbar unter: https://opus.ph-heidelberg.de/frontdoor/deliver/index/docId/34/file/Dissertation_Siegmund_SatellitenbilderimUnterricht.pdf (Stand: 13.04.20).
- SIEGMUND, A. & U. MICHEL (2013): Digitale Geomedien. In: BÖHN, D. & G. OBERMAIER (Hrsg.): Wörterbuch der Geographiedidaktik. (Westermann) Braunschweig, S. 53–54.
- STADTFELD, P. (2004): Allgemeine Didaktik und Neue Medien. Der Einfluss der Neuen Medien auf didaktische Theorie und Praxis. (Klinkhardt) Kempten.
- STARK, L. (2016): Emotionen und Lernen mit Multimedia. Dissertation. Universität des Saarlandes. Bereich empirische Humanwissenschaften, abrufbar unter: <https://d-nb.info/1124463887/34> (Stand: 21.01.21).
- STEINDORF, G. (2000): Grundbegriffe des Lehrens und Lernens. (5. Aufl.) (Klinkhardt) Bad Heilbrunn.
- STEINER, E. & M. BENESCH (2018): Der Fragebogen. Von der Forschungsfrage zur SPSS-Auswertung (5. Aufl.) (facultas Universitätsverlag) Wien.
- STOCKMANN, R. & W. MEYER (2010): Evaluation. Eine Einführung (Verlag Barbara Budrich) Opladen & Farmington Hills.
- STOCKMANN, R. & W. MEYER (2014): Evaluation. Eine Einführung (2. Aufl.) (Verlag Barbara Budrich) Opladen & Toronto.
- STUFFLEBEAM, D. L. (2000): The CIPP Model for evaluation. In: STUFFLEBEAM, D. L., MADAUS, G. F. & T. KELLAGHAN (2000) (Eds.): Evaluation models. Massachusetts, S. 279–317.
- STÜMPER, C. (2009): Potentiale und Grenzen multimedialer Lerneinheiten im Erdkundeunterricht. Ein Beispiel zum Thema Oasentypen und Fernerkundung. Schriftliche Hausarbeit im Rahmen der Ersten Staatsprüfung für das Lehramt in der Sekundarstufe II. Landesprüfungsamt NRW – Geographisches Institut der Universität Bonn.
- STÜMPER, C. (2011): Möglichkeiten und Grenzen der Umsetzung der Fernerkundung mit Hilfe der Methode „Lernen durch Lehren (LdL)“ im bilingual deutsch-französischen Erdkundeunterricht der Jahrgangsstufe 11 für einen Projekttag zum Thema „*chances et limites de l'application de méthodes de la télédétection pour la prévention des catastrophes naturelles*“ für die Jahrgangsstufe 9. Schriftliche Hausarbeit der Zweiten Staatsprüfung für das Lehramt an Gymnasien und Gesamtschulen. Studienseminar für Lehrämter an Schulen – Vettweiß.
- STÜMPER, C. (2013): Fernerkundung in Schulen – Teil 2: ein Praxisbericht aus der Schule. In: Digital Lernen. Das Online-Magazin zu digitalen Medien in Bildungseinrichtungen (Berlin), abrufbar unter: <https://www.digital-lernen.de/nachrichten/diverses/artikel/fernerkundung-in-schulen-fis-ein-praxisbericht-aus-der-schule.html> (Stand: 13.04.20).

- TULODZIEKI, G. (1999): Neue Medien. Welche Bedeutung haben sie für die Schule der Zukunft. In: MEISTER, D. M. & U. SANDER (Hrsg.): Multimedia. Chancen für die Schule. (Luchterhand) Neuwied, S. 20–34.
- UM, E., PASS, J. L., HAYWARD, E. O. & B. D. HOMER (2012): Emotional Design in multimedia learning. *Journal of Educational Psychology*, 104 (2), 485–498, abrufbar unter: <http://doi.org/10.1037/a0026609> (Stand: 21.01.21)
- VEDUNG, E. (2000): Evaluation Research and Fundamental Research. In: STOCKMANN, R. (2000) (Hrsg.): *Evaluationsforschung* (Leske & Budrich) Opladen, S. 103–127.
- VEHLING, L.-M. (2019): Kampf der Geographen – Steht die Erdkunde vor dem Aus? In: *Frankfurter Allgemeine Zeitung* (26.09.19), abrufbar unter: <https://www.faz.net/aktuell/gesellschaft/menschen/steht-der-erdkunde-unterricht-vor-dem-aus-16402746.html> (Stand: 14.07.20).
- VON DÄNIKEN, A. (2018): Geographieunterricht heute: schüleraktivierend, problemorientiert und auf das Verstehen komplexer Phänomene ausgerichtet. In: REMPLER, A. (Hrsg.): *Wirksamer Geographieunterricht. Unterrichtsqualität: Perspektiven von Expertinnen und Experten*. Bd. 5 (Schneider Verlag Hohengehren) Baltmannsweiler, S. 195–205.
- VOSS, K., GOETZKE, R., & F. THIERFELDT (2007): Integration von angewandten Fernerkundungsmethoden im Geographieunterricht der Sekundarstufen I und II. In: JEKEL, T., KOLLAR, A. & J. DONERT (Hrsg.): *Lernen mit Geoinformation II*. (Wichmann) Heidelberg, S. 183–191.
- VOSS, K., GOETZKE, R. & H. HODAM (2008): Wie wird das Thema „Fernerkundung“ im Unterricht angenommen? – Erste Ergebnisse einer Fallstudie. In: JEKEL, T., KOLLAR, A. & J. DONERT (Hrsg.): *Lernen mit Geoinformation III*. (Wichmann) Heidelberg, S. 8–14.
- VOSS, K., GOETZKE, R., HODAM, H. & A. RIENOW (2009): Fernerkundung verbindet – die „Info-Box“ als fächerübergreifendes Nachschlagewerk für den Schulunterricht. In: JEKEL, T., KOLLAR, A. & J. DONERT (Hrsg.): *Lernen mit Geoinformation IV*. (Wichmann) Heidelberg, S. 164–173.
- VOSS, K. (2011): Fernerkundung – ein Thema für den modernen Geographieunterricht. In: *Praxis Geographie*, Jg. 48, H. 11 (Westermann) Braunschweig, S. 14–16.
- VOSS, K. (2013): E-Learning. In: BÖHN, D. & G. OBERMAIER (Hrsg.): *Wörterbuch der Geographiedidaktik*. (Westermann) Braunschweig, S. 62–63.
- WATERTON, J. & D. LIEVESLEY (1989): Evidence of Conditioning Effects in the British Social Attitudes Panel Survey. In: KASPRZYK, D., DUNCAN, G. KALTON, G., SINGH, M. P. (Hrsg.): *Panel Surveys* (Wiley) New York, S. 319–339.
- WEINERT, F. E. (2001): Vergleichende Leistungsmessung in Schulen – eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In: WEINERT, F. E. (Hrsg.): *Leistungsmessungen in Schulen*. (Beltz Verlag) Weinheim Basel.
- WIECZOREK, U. (1999): Luftbilder. In: BÖHN, D. (Hrsg.): *Didaktik der Geographie. Begriffe*. (Oldenbourg) München, S. 98–100.

- WILLIS, G. B. (2005): Cognitive interviewing: a tool for improving questionnaire design. (Sage) Thousand Oaks.
- WOLF, A., KOLLAR, I. & A. SIEGMUND (2008): Faszination Fernerkundung: Satellitenbildeinsatz im Unterricht. In: Praxis Geographie, Jg. 38, H. 4 (Westermann) Braunschweig, S. 44–46.
- WOLF, N., FUCHSGRUBER, V., VIEHRIG, K., NAUMANN, S. & A. SIEGMUND (2015): Erdbeobachtung für Jugendliche – Entwicklung einer adaptiven, webbasierten Lernplattform für den Einsatz von Satellitenbildern im Geographieunterricht. In: KERSTEN, T. (Hrsg.): Tagungsband der 35. DGPF Jahrestagung. 16.-18.03.2015. Köln, S. 72–77.
- ZURSTRASSEN, B. (2011): Rechtliche Aspekte wissenschaftlich orientierter empirischer Schul- und Unterrichtsforschung an öffentlichen Schulen in Deutschland. In: ZURSTRASSEN, B. (Hrsg.) (2011): Was passiert im Klassenzimmer? Methoden zur Evaluation, Diagnostik und Erforschung des sozialwissenschaftlichen Unterrichts (Wochenschau Verlag) Schwalbach, S. 186–188.

Bildungsstandards, Curricula & Rahmenvorgaben

- DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR GEOGRAPHIE (DGfG) (Hrsg.) (2007): Bildungsstandards im Fach Geographie für den Mittleren Schulabschluss – mit Aufgabenbeispielen (Selbstverlag Deutsche Gesellschaft für Geographie) Bonn.
- DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR GEOGRAPHIE (DGfG) (Hrsg.) (2010): Rahmenvorgaben für die Lehrerbildung im Fach Geographie an deutschen Universitäten und Hochschulen. (2. Aufl.) (Selbstverlag Deutsche Gesellschaft für Geographie) Bonn, abrufbar unter: https://geographie.de/wp-content/uploads/2016/06/pub_lehrerausbldg_geo_rahmenvorgaben.pdf (Stand: 24.07.20).
- DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR GEOGRAPHIE (DGfG) (Hrsg.) (2017): Bildungsstandards im Fach Geographie für den Mittleren Schulabschluss – mit Aufgabenbeispielen (9. Aufl.) (Selbstverlag Deutsche Gesellschaft für Geographie) Bonn, abrufbar unter: http://geographiedidaktik.org/wp-content/uploads/2017/10/Bildungsstandards_Geographie_9.Aufl_.2017.pdf (Stand: 15.07.20).
- KULTUSMINISTERKONFERENZ (KMK) (2008): Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.10.2008 i. d. Fassung vom 16.05.2019, abrufbar unter: https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2008/2008_10_16-Fachprofile-Lehrerbildung.pdf (Stand: 24.07.20).
- KULTUSMINISTERKONFERENZ (KMK) (2009): Empfehlungen der Kultusministerkonferenz zur Stärkung der mathematisch-naturwissenschaftlich-technischen Bildung. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 07.05.2009, abrufbar unter: https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2009/2009_05_07-Empf-MINT.pdf (Stand: 15.01.21).

- KULTUSMINISTERKONFERENZ (KMK) (2016): Strategie der Kultusministerkonferenz „Bildung in der digitalen Welt“. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 08.12.2016 in der Fassung vom 07.12.2017, abrufbar unter: https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2018/Digitalstrategie_2017_mit_Weiterbildung.pdf (Stand: 23.01.21).
- MEDIENBERATUNG NRW (Hrsg.) (2019): In sieben Schritten zum schulischen Medienkonzept. Leitfaden für Grundschulen, Förderschulen mit Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen. (2. Aufl.) (msk marketingservice köln) Köln.
- MEDIENBERATUNG NRW (Hrsg.) (2020): Medienkompetenzrahmen NRW. (3. Aufl.) (msk marketingservice köln) Münster, Düsseldorf.
- MINISTERIUM FÜR SCHULE UND BILDUNG DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN (MSB NRW) (2005/2020): Schulgesetz für das Land Nordrhein-Westfalen vom 15. Februar 2005 – geändert durch Gesetz vom 01. September 2020 (Schulgesetz NRW – SchulG), abrufbar unter: <https://bass.schul-welt.de/6043.htm> (15.12.20).
- MINISTERIUM FÜR SCHULE UND WEITERBILDUNG DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN (MSW NRW) (Hrsg.) (2007): Sekundarstufe I. Gymnasium. Erdkunde. Kernlehrplan. Schule in NRW Nr. 3408 (G8). (Ritterbach-Verlag) Frechen.
- MINISTERIUM FÜR SCHULE UND BILDUNG DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN (MSB NRW) (2012/2019): BASS Online – Bereinigte Amtliche Sammlung der Schulvorschriften NRW. 13–21 Nr. 1.1 Verordnung über die Ausbildung und die Abschlussprüfungen in der Sekundarstufe I (Ausbildungs- und Prüfungsverordnung APO-SI) vom 02.11.2012 und 13–21 Nr. 1.2 Verwaltungsvorschriften zur Verordnung über die Ausbildung und die Abschlussprüfungen in der Sekundarstufe I (VVzAPO-SI) vom 28.06.2019 - §6 – Leistungsbewertung, Klassenarbeiten, Nachteilsausgleich, abrufbar unter: <https://bass.schul-welt.de/Stichwort/12691.htm#13-21nr1.1p6> (Stand: 20.10.20).
- MINISTERIUM FÜR SCHULE UND BILDUNG DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN (MSB NRW) (2012/2019): BASS Online – Bereinigte Amtliche Sammlung der Schulvorschriften NRW. 13–21 Nr. 1.1 Verordnung über die Ausbildung und die Abschlussprüfungen in der Sekundarstufe I (Ausbildungs- und Prüfungsverordnung APO-SI) vom 02.11.2012 und 13–21 Nr. 1.2 Verwaltungsvorschriften zur Verordnung über die Ausbildung und die Abschlussprüfungen in der Sekundarstufe I (VVzAPO-SI) vom 28.06.2019 - §17 – Gymnasium, abrufbar unter: <https://bass.schul-welt.de/Stichwort/12691.htm#13-21nr1.1p17> (Stand: 20.10.20).
- MINISTERIUM FÜR SCHULE UND BILDUNG DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN (MSB NRW) (2018): Medienkompetenzrahmen NRW. Hinweise, abrufbar unter: <https://www.schulministerium.nrw.de/docs/Schulsystem/Medien/Medienkompetenzrahmen/index.html> (Stand: 18.07.20).

- MINISTERIUM FÜR SCHULE UND BILDUNG DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN (MSB NRW) (2019a): BASS Online – Bereinigte Amtliche Sammlung der Schulvorschriften NRW. 10–45 Nr. 2: Wissenschaftliche Untersuchungen, Tests und Befragungen an Schulen gemäß § 120 Abs. 4 SchulG, abrufbar unter: <https://bass.schul-welt.de/Stichwort/Ebene5?Ebene1=B&Ebene2=BE&Ebene3=Befragungen&Ebene4=in+Schulen+&f=1#menuheader> (Stand 15.12.20).
- MINISTERIUM FÜR SCHULE UND BILDUNG DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN (MSB NRW) (Hrsg.) (2019b): Sekundarstufe I. Gymnasium. Erdkunde. Kernlehrplan. Schule in NRW Nr. 3408 (G9). Online-Fassung, abrufbar unter: https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplan/200/g9_ek_klp_%203408_2019_06_23.pdf (Stand: 18.07.20).
- MINISTERIUM FÜR SCHULE UND BILDUNG DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN (MSB NRW) (Hrsg.) (2019c): Sekundarstufe I. Gymnasium. Physik. Kernlehrplan. Schule in NRW Nr. 3408 (G9). Online-Fassung, abrufbar unter: https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplan/208/g9_ph_klp_%203411_2019_06_23.pdf (Stand: 13.02.21).
- MINT ZUKUNFT e. V. (2021): MINT-freundliche Schule, Berlin, abrufbar unter: <https://mintzukunftschaefen.de/mint-freundliche-schule-2/> (Stand: 12.02.21).

Schulbücher

- BETTE, J., BÜNSTORF, U., HEMMER, M., JANSEN, R., KERSTING, R., RAHNER, M., SALMEN, H. J., SAUERBORN, P., SMIELOWSKI, B. & K. ZIMMERMANN (2016): TERRA. Erdkunde 1. Gymnasium. Nordrhein-Westfalen. (Ernst Klett Verlag) Stuttgart.
- BETTE, J., BÜNSTORF, U., HEMMER, M., JANSEN, R., KERSTING, R., RAHNER, M., SALMEN, H. J., SAUERBORN, P., SMIELOWSKI, B. & K. ZIMMERMANN (2017): TERRA. Erdkunde 2. Gymnasium. Nordrhein-Westfalen. (Ernst Klett Verlag) Stuttgart.
- BETTE, J., BÜNSTORF, U., BÜNTEN, G., HEMMER, M., JANSEN, R., KERSTING, R., KORMANN, K., SALMEN, H. J., SAUERBORN, P., SMIELOWSKI, B. & K. ZIMMERMANN (2018): TERRA. Erdkunde 3. Gymnasium. Nordrhein-Westfalen. (Ernst Klett Verlag) Stuttgart.
- LATZ, W. (Hrsg.) (2016): Diercke Praxis. Band 1. Erdkunde. Gymnasium. (Westermann) Braunschweig.
- LATZ, W. (Hrsg.) (2018): Diercke Praxis. Band 2. Erdkunde. Gymnasium. (Westermann) Braunschweig.
- LATZ, W. (Hrsg.) (2018): Diercke Praxis. Band 3. Erdkunde. Gymnasium. (Westermann) Braunschweig.

Studienverlaufspläne – Lehramt für Gymnasien und Gesamtschulen

GEOGRAPHISCHES INSTITUT DER UNIVERSITÄT BONN (2018): Modulhandbuch. Bachelorstudiengang Lehramt Geographie, abrufbar unter: <https://www.geographie.uni-bonn.de/studium/im-studium/bachelor/lehramt/modulhandbuch-bachelor-geographie-lehramt-2018-03-22.pdf> (Stand: 26.07.20).

RHEINISCHE FRIEDRICH-WILHELMS-UNIVERSITÄT BONN: BONNER ZENTRUM FÜR LEHRERBILDUNG (BZL) (2017): Studienverlaufsplan „Bachelor Lehramt Geographie“ nach der Prüfungsordnung vom 11. September 2017, abrufbar unter: <https://www.bzl.uni-bonn.de/studium/studiengaenge/bachelorstudiengang/studienverlauf/studienverlaufsplaene-ba/svpba-po17/geographie-ba-po17> (Stand: 25.07.20).

RUHR-UNIVERSITÄT BOCHUM: FAKULTÄT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN – RUB - Geographie (2019): Gestufter Studiengang Geographie (Abschluss B. Sc./B. A.): Vorlesungsverzeichnis für das Wintersemester 2019/20, abrufbar unter: https://www.geographie.ruhr-uni-bochum.de/fileadmin/vorlesung/VVZ_WiSe2019-20_aktuell.pdf (Stand: 26.07.20).

ZENTRALE STUDIENBERATUNG DER RUB (Hrsg.) (2019): RUB Geographie. Bachelor of Arts – Bachelor 2-Fächer (mit Option Lehramt an Gymnasien und Gesamtschulen), abrufbar unter: <https://www.ruhr-uni-bochum.de/zsb-kinfo/GeographieBA-2-Faecher.pdf> (Stand: 26.07.20).

Anhang

Anhang A: ARISS-Live-Call zur ISS am GSA (01.09.2014)	324
Anhang B: Kooperationsvereinbarungen	329
B.1 Kooperationsvereinbarung – AG Fernerkundung des GIUB & GSA	329
B.2 Kooperationsvereinbarung – AG Geomatik der RUB & GSA	333
Anhang C: Fächerübergreifendes Curriculum „Geographie-Physik“	337
Anhang D: Fragebögen (Schuljahr 2019/20)	344
D.1 Vorevaluation (0)	344
D.2 Erhebung 1 – 1. Schulhalbjahr „Geographie“ – Jahrgangsstufe 8	345
D.3 Erhebung 2 – 2. Schulhalbjahr „Physik“ – Jahrgangsstufe 8	346
D.4 Erhebung 3 – 1. Schulhalbjahr „Physik“ – Jahrgangsstufe 9	347
D.5 Erhebung 4 – 2. Schulhalbjahr „Geographie“ – Jahrgangsstufe 9	349
Anhang E: Unterrichtsmaterialien zur Fernerkundung/Erdbeobachtung	350
E.1 digital-partizipatives Lernsetting	350
E.2 Zusatzmaterialien zur Fernerkundung/Erdbeobachtung	350
Anhang F: Publikationsliste	351

Anhang A: ARISS-Live-Call zur ISS am GSA (01.09.2014)

GSA LIVE-CALL MIT
DR. ALEXANDER GERST ZUR ISS

IN OUTER SPACE

IN DER AULA DES
GYMNASIUMS SIEGBURG ALLEESTRASSE
IN DER ERSTEN SEPTEMBERWOCHE 2014

Den exakten Termin und weiterführende Informationen entnehmen Sie bitte unserer Homepage: <http://www.gymnasium-alleestr.ass.de>.

EINLADUNG

zum Interview mit Dr. Alexander Gerst

Hiermit möchten wir Sie zu einem Live-Call mit Dr. Alexander Gerst in die Aula des Gymnasiums Siegburg Alleestraße einladen. Das Gespräch wird in der **ersten Septemberwoche** stattfinden. Es wurde von unseren Schülern und Schülerinnen vorbereitet. Den exakten Termin und weiterführende Informationen entnehmen Sie bitte unserer Homepage: <http://www.gymnasium-alleestr.ass.de> oder rufen Sie folgende Telefon-Nummer an: 02241 102 66 00.

Zu diesem Zeitpunkt wird die ISS sich über Siegburg befinden, sodass mit Hilfe des Deutschen Amateur Radio Clubs e.V. ein direkter Funkkontakt möglich ist. Über Kameras, die sich an der Raumstation befinden, werden wir den Flug der ISS auch mit Bildern mitverfolgen können. Es handelt sich hierbei um das Projekt (Columbus Eye) der Universität Bonn. Darüber hinaus sind an unserem Live-Call NASA und das DLR federführend beteiligt. Es erwartet Sie ein unterhaltsames Rahmenprogramm.

Für die Schulleitung

Ch. M. H. Feldmann-Kahl
Christel M. H. Feldmann-Kahl
Stellvertretende Schulleiterin, StD*

C. Müller
Christina Müller
Geographin und Expertin für Fernerkundung, StR*

Wir bitten um kurze Rückantwort bis zum 29. August 2014.
sekretariat@gymnasium-alleestr.ass.de oder 02241 102 66 00

Einladung zum Schulevent "Live-Call" mit Dr. Alexander Gerst auf der ISS (Schularchiv GSA)

Ausgewählte Pressemitteilungen:

Leonie: Von der ISS soll der Ausblick fantastisch sein

Siegburger Schüler funken mit Astronaut Alexander Gerst

von SEBASTIAN ECKERT

Siegburg / ISS – „DN 6 KW ruft DP 0 ISS. Alexander, kannst du uns hören, over?“ ruft Moderator Georg Westbeid in das Mikrofon. Atmosphärisches Rauschen knattert durch die volle Aula des Siegburger Gymnasiums an der Alleestraße, minutenlang. Dann taucht endlich die ISS am Siegburger Horizont auf. Und Astronaut Alexander Gerst antwortet den Schülern!

Erst ganz leise, dann immer stärker durchdringt die Stimme von Gerst die Störgeräusche. Dann darf Leonie die erste Frage stellen: „Wie fühlt sich Schwerelosigkeit an?“

Schwer ist der deutsche Astronaut am Anfang zu verstehen, dann wird der Empfang besser. „Ein Gefühl wie unter Wasser“, beschreibt Gerst seinen Arbeitsplatz. Das konnte die Elfjährige aber genau nicht verstehen. „Er war noch zu weit entfernt, erzählt sie etwas traurig. Auch, dass das Videobild nicht zustande kam. Ins All will sie später auf jeden Fall. „Von der ISS soll der Ausblick fantastisch sein“, weiß sie.

Später ist This (13) an der Reihe, fragt: „Gab es bereits einen Not- oder Krankheitsfall?“ „Nein“ antwortet Gerst. Aber man gehe bei der Arbeit immer auf Nummer sicher. „Ich finde die Raumfahrt mit ihrer Forschung und Wissenschaft schon interessant“, so This. Ob er selbst mal ins All reisen will? „Das kommt ganz darauf an, ob die anderen Mitreisenden mir nicht unangenehm sind“, antwortet er kess.

Schüler funken zur ISS! Möglich machte es ein Schulprojekt in Kooperation mit dem Deutschen Amateur Radio Club (DARC). Mit dem deutlich über 5000 Euro teuren Equipment kümmern sich die Funktechniker des DARC um einen reibungslosen Ablauf.

Und: Da man die ISS direkt anfunk, nicht auf Satelliten ausweicht, war die Verzögerung sogar geringer als beim Telefonat von Wirtschaftsminister Sigmund Gabriel mit dem Astronauten vor einigen Tagen.

Die Fragen wurden vorher unter den Schülern verlost. Und tatsächlich: 17 der zwanzig Jugendlichen kommen sogar zu Wort, schicken ihre Fragen via Funk 420 Kilometer hoch ins All, nur wenige Sekunden später antwortet Gerst. Bis nach elf Minuten seine Stimme endgültig wieder im Funkrauschen verschwindet.

600 Besucher waren während der dreistündigen Veranstaltung in der Aula des Gymnasiums.

Fotos: Eckert







Quelle: EXPRESS – 02.09.2014

EXPRESS | Siegburger Schüler funken mit Astronaut Alexander Gerst 07.09.14 17:37

Bonn - 01.09.2014 - 20:41 Uhr

KINDER SCHICKEN FRAGEN INS WELTALL.

Siegburger Schüler funken mit Astronaut Alexander Gerst

Von SEBASTIAN ECKERT

„DN 6 KW ruft DP 0 ISS. Alexander, kannst du uns hören, over?“, ruft Moderator Georg Westbeid in das Mikrofon. Atmosphärisches Rauschen knattert durch die volle Aula des Siegburger Gymnasiums an der Alleestraße, minutenlang. Dann taucht endlich die ISS am Siegburger Horizont auf. Und Astronaut Alexander Gerst antwortet den Schülern!

Erst ganz leise, dann immer stärker durchdringt die Stimme von Gerst die Störgeräusche. Dann darf Leonie die erste Frage stellen: „Wie fühlt sich Schwerelosigkeit an?“ Schwer ist der deutsche Astronaut am Anfang zu verstehen, dann wird der Empfang besser.

„Ein Gefühl wie unter Wasser“, beschreibt Gerst seinen Arbeitsplatz. Das konnte die Elfjährige aber genau nicht verstehen. „Er war noch zu weit entfernt, erzählt sie etwas traurig. Auch, dass das Videobild nicht zustande kam. Ins All will sie später auf jeden Fall. „Von der ISS soll der Ausblick fantastisch sein“, weiß sie.

Später ist This (13) an der Reihe, fragt: „Gab es bereits einen Not- oder Krankheitsfall?“ „Nein“ antwortet Gerst. Aber man gehe bei der Arbeit immer auf Nummer sicher.

„Ich finde die Raumfahrt mit ihrer Forschung und Wissenschaft schon interessant“, so This. Ob er selbst mal ins All reisen will? „Das kommt ganz darauf an, ob die anderen Mitreisenden mir nicht unangenehm sind“, antwortet er kess.

Schüler funken zur ISS! Möglich machte es ein Schulprojekt in Kooperation mit dem Deutschen Amateur Radio Club (DARC). Mit dem deutlich über 5000 Euro teuren Equipment kümmern sich die Funktechniker des DARC um einen reibungslosen Ablauf.

Und: Da man die ISS direkt anfunk, nicht auf Satelliten ausweicht, war die Verzögerung sogar geringer als beim Telefonat von Wirtschaftsminister Sigmund Gabriel mit dem Astronauten vor einigen Tagen.

Die Fragen wurden vorher unter den Schülern verlost. Und tatsächlich: 17 der zwanzig Jugendlichen kommen sogar zu Wort, schicken ihre Fragen via Funk 420 Kilometer hoch ins All, nur wenige Sekunden später antwortet Gerst. Bis nach elf Minuten seine Stimme endgültig wieder im Funkrauschen verschwindet.

Artikel URL: <http://www.express.de/bonn/kinder-schicken-fragen-ins-weltall-siegburger-schueler-funken-mit-astronaut-alexander-gerst.2860.28289712.html>

Copyright 2013 EXPRESS. Alle Rechte vorbehalten.

<http://www.express.de/bonn/kinder-schicken-fragen-ins-weltall-sieg-mit-astronaut-alexander-gerst.2860.28289712.viewVersion.html> Seite 1 von 1

Quelle: EXPRESS online – 01.09.2014

Kölner Stadt-Anzeiger - Krächzende Antworten aus dem All Seite 1 von 3

Kölner Stadt-Anzeiger

SCHÜLER CHATTEN MIT ASTRONAUT
Krächzende Antworten aus dem All

Von Günter Willscheid



Schüler des Gymnasiums Alleestraße durften dem Astronauten Alexander Gerst elf Minuten Fragen stellen. Seit Wochen wurde der Chat von den Schülern der Uni Bonn und dem DLR vorbereitet. Was vermisst der Astronaut wohl am meisten?

Level 1 zeigen die Kepler-Daten auf dem PC an: Kurz nach 15 Uhr Ortszeit taucht die International Space Station (ISS) am Horizont auf und nähert sich aus südwestlicher Richtung der spanischen Küste. Dreimal schon hat Dr. Alexander Gerst die Erde umrundet, während in der Aula des Gymnasiums Alleestraße die Schülerinnen und Schüler ihrer Begegnung mit dem deutschen Wissenschaftsastronauten entgegenfieberten, während wissenschaftliche Vorträge und unter anderem ein Videoclip mit John Lenons „Imagine“ und Auftritte des Unterstufenchors die Zeit überbrücken. Dann endlich dröhnt ein erstes Rauschen aus den Lautsprechern. Noch 20 Sekunden: „Delta. November, 06, Kilo, Whiskey“ ruft „Delta, Papa, Zero, India, Sierra, Sierra“. Das Rufzeichen der Raumstation, das Rufzeichen von Alexander Gerst: DPOISS.

Seit Monaten hatte sich die ISS-Arbeitsgemeinschaft der Schule unter Federführung der raumfahrtbegeisterten Lehrerinnen Christel Feldmann-Kahl und Christina Müller mit Unterstützung der Bonner Universität und des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) auf den Live-Call mit dem Astronauten vorbereitet. Ebenso die Mitglieder des Deutschen Amateur-Radio-Club (DARC) aus Bad Honnef, die rund 3000 Euro in das Projekt investierten, darunter auch eine spezielle Funkantenne auf dem Dach des Gymnasiums. Der sogenannte Elevations-Rotor richtet sich permanent am aktuellen Standort des Raumschiffs aus, erläuterte der DARC-Vorsitzende Stefan Scharfenstein. Und die ISS ist mit atemberaubender Geschwindigkeit von 28 000 km/st unterwegs.

Da blieben allenfalls elf Minuten, um die Fragen zu stellen, die sich die Projektgruppe zuvor ausgedacht hatte. „Wie fühlt sich Schwerelosigkeit an?“, wollte die elfjährige Leonie wissen. „Wie Unterwasser“, lautete die Antwort aus 350 Kilometern über Barcelona. Ob es schon einen Notfall auf der ISS gegeben habe?, beschäftigte den 13-jährigen This. „Wir hatten Glück“, doch das größte Risiko sei ein Druckabfall, krächzte es halbwegs verständlich aus dem Lautsprecher, während die Antwort auf die Frage, was Gerst am meisten vermisse, etwas deutlicher zu hören war: die Grillabende auf der Dachterrasse. Wie lange es noch dauern werde, bis die Menschheit zum Mars fliege? Ob er sich auf seinen ersten Spaziergang im All freue? Wie er seine Freizeit an Bord verbringe? Die Antworten gingen unter im Gekrächze. Und die letzte Frage blieb ungehört. Um 13:25 Uhr UTC (Universal Time, coordinated/koordinierte Weltzeit) verschwand das Raumschiff über Nordafrika, ging unter am Horizont wie die Sonne.

Rund 30 Funkamateure sorgten gestern vor Ort für einen reibungslosen Ablauf des Live-Calls. Eigens aus Frankreich angereist war Jean Pierre Courjaud, der dafür sorgen sollte, dass auch Live-Bilder von

<http://www.ksta.de/siegburg/schueler-chatten-mit-astronaut-krachzende-antworten-a...> 02.09.2014

Kölner Stadt-Anzeiger - Krächzende Antworten aus dem All Seite 2 von 3

Alexander Gerst in die Aula übertragen würden. Doch die NASA hatte kurzfristig ohne Begründung abgelehnt. Überhaupt behielt die US-Raumfahrtbehörde das Zepher in der Hand und bestimmte auch den Zeitpunkt des Live-Calls. „Wäre schön gewesen, wenn Alexander Gerst gerade auch über Siegburg geflogen wäre“, meinte Punkerin Martina Neid, doch: „Das muss mit dem Alltags an Bord kompatibel sein“, tröstete sie sich. Erst vor knapp einer Woche hatte die NASA den Termin mitgeteilt. Und schon stieg die Nervosität am Gymnasium, vor allem bei den Schülern Tatjana Ihnenfeld (17) und Daniel Stefan (16), die gestern die Begegnung mit dem Astronauten moderierten. Weniger nervös war Funker Vincent Stalbaum, der sich mit seinen Kollegen unter anderem bei einem Fieldday auf den großen Tag vorbereitet hatte.

„Da haben wir die Raumstation sogar am Himmel gesehen“. In der Aula war indes nur ein großes Modell des 100 Meter langen „Dienstfahrzeugs“ von Alexander Gerst zu sehen. Und Live-Bilder von „Blue Dot“, dem blauen Planeten. Der sehe, meinte Bürgermeister Franz Huhn in seinem Grußwort, „so art und verletzlich“ aus, dass es unvorstellbar sei, dass auf der Erde Kriege geführt würden. Die Wissenschaftsmission, fand auch Christel Feldmann-Kahl, müsse zur „Friedensmission“ werden. Denn: „Unser Nachbar ist die Welt“, lautet der Slogan der Amateurfunker. Gestern war das Weltall der Nachbar.

Grundlagen lernen

Lehrerin Christine Müller hat sich schon während ihres Geografie-Studiums an der Universität Bonn mit dem Projekt „Fernerkundung an Schulen“ beschäftigt.

Auch das Gymnasium Alleestraße pflegt seit Jahren die Kontakte zur Uni, ebenso zu dem Projekt „Columbus Eye“ des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt, das Liebhaber von der Raumstation für den Schulunterricht zur Verfügung stellt.

Beide Projekte, zu denen als Höhepunkt der Live-Call mit dem Astronauten Alexander Gerst gehörte, werden vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie finanziert. Sie sollen Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufen I und II die Grundlagen von Raumfahrt, Erdbeobachtung und Bildbearbeitung mit Blick auf inhaltliche Fragen der

<http://www.ksta.de/siegburg/schueler-chatten-mit-astronaut-krachzende-antworten-a...> 02.09.2014

Quelle: Kölner Stadtanzeiger online: 02.09.2014

er 2014

PANORAMA

GENERAL-ANZEIGER

„Hörst du uns, Alex?“

Siegburger Gymnasium Alleestraße spricht über Funk mit Astronaut Alexander Gerst auf der ISS

Von Anna Maria Beekes

SIEGBURG. Es ist ganz genau 15:13 Uhr, als die Stimme von Alexander Gerst zum ersten Mal durch die Aula des Gymnasiums Alleestraße hallt: „Ja, ich höre euch, hallo!“ Im Halbdunkel der Siegburger Schule haben 600 Menschen gebannt und mucksmäuschenstill auf ein Zeichen aus dem All gewartet – jetzt ist es da, zwar mit Knackern und Rauschen unterlegt, aber er ist es: der deutsche ESA-Astronaut Alexander Gerst, der seit Ende Mai und noch bis Mitte November auf der internationalen Raumstation ISS unterwegs ist. Die Spannung entlädt sich in aufgeregtem Tuscheln und Wispeln, das Georg Westfeld mit einer Handbewegung einzudämmen versucht.

Westfeld vom Deutschen Amateur-Radio-Club hat zuvor die Verbindung mit Gerst hergestellt. Nichts hatten der Amateurfunker und seine Kollegen dem Zufall überlassen, seit neun Monaten haben sie das Projekt gemeinsam mit

„Gerst hat selbst als Junge mit seinem Opa zum Mars gefunkt“

Georg Westfeld, Funkamateureur

abgesichert. Und sollte alles schiefgehen, stehen als „Back-up“ die sogenannte WEB-SDR-Technologie, eine softwarebasierte Signalverarbeitung, oder aber der italienische Funker-Kollege Claudio Ariotti bereit, um zu übernehmen. „Selbst wenn der Strom hier komplett ausfällt, können wir immer noch mit Alexander Gerst sprechen“, sagte Westfeld.

„Alles klappt trotzdem nicht: Anders als eigentlich geplant, können die Schüler Alexander Gerst während des Funkkontakts nicht live sehen. „Das ist gleichsam in letzter Sekunde durch die Nasa gecancelled worden“, erklärt Martin Fleischmann vom DLR. So lächelt Gerst nur in voller Montur von der Leinwand auf die in der Aula Versammelten herab – und vielleicht auch von viel weiter oben. Denn schon lange bevor die Gymnasiasten der „ISS-AG“ unter Leitung von Lehrerin Christina Müller endlich ihre Fragen an den Mann im All stellen dürfen, können sie auf einer virtuellen Karte

regt“, sagt der 14-jährige Milan Bucaka. Er trägt, wie die anderen 19 ausgewählten Schüler, die Gerst Fragen stellen, ein gelbes T-Shirt mit der Aufschrift „GSA in contact with ISS“ und will von Gerst wissen, welche Erkenntnisse dessen Mission „Blue Dot“ schon hervorgebracht hat.

Um zehn nach drei wird es ernst: Alle Türen werden geschlossen, alle müssen leise sein. „Delta-Nova-Sechs-Kilo-Whiskey ruft Delta-Papa-Null-India-Sierra – hörst du uns, Alex?“, ruft Georg Westfeld ins Mikrofon, das an die Funkanlage gekoppelt ist. DN 6 KW, das ist Westfelds Funkcode, und DP 0 ISS ge-



Daten & Fakten

■ **Deutscher Amateur Radio Club (DARC) und ARIS:** Der DARC ist mit mehr als 38 000 Mitgliedern der größte Zusammenschluss deutscher Funkamateure. ARIS (Amateur Radio on the International Space Station) ermöglicht es Schülern, mit Hilfe von Amateurfunkern Kontakt zur Raumstation ISS aufzunehmen. Das Projekt am Siegburger Gymnasium wurde von einer 25-köpfigen Gruppe von Funkern aus vier europäischen Ländern unter Leitung von Georg Westfeld (DL 3 YAT, Leverkusen) und Stefan Scharfenstein (DJ 5 KX, Bad Honnel) umgesetzt.

■ **Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR):** Das DLR ist das Forschungszentrum der



Verbindung mit Gerst hergestellt. Nichts hatten der Amateurfunker und seine Kollegen dem Zufall überlassen, seit neun Monaten haben sie das Projekt gemeinsam mit

„Gerst hat selbst als Junge mit seinem Opa zum Mars gefunkt“

Georg Westfeld, Funkamateureur

dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) und der Universität Bonn vorbereitet. Für die Funker ist der Kontakt zu Gerst etwas ganz Besonderes: „Schließlich hat Gerst selbst als Junge mit seinem Opa zum Mars gefunkt und wollte deshalb Astronaut werden“, erzählt Westfeld.

Für den Fall, dass der Empfang in Siegburg gestört sein sollte, haben die Funker doppel- und dreifach vorgesorgt: Das Antennensystem, das sie auf dem Dach des Siegburger Gymnasiums installiert haben, ist mehrfach

ter oben. Denn schon lange bevor die Gymnasiasten der „ISS-AG“ unter Leitung von Lehrerin Christina Müller endlich ihre Fragen an den Mann im All stellen dürfen, können sie auf einer virtuellen Karte beobachten, wo

sich die ISS gerade befindet. Eine halbe Stunde vor dem geplanten Funk-

kontakt schwebt Gerst noch über Mexiko, wenig später ist er bereits in der Karibik unterwegs, und genau um 15.12 Uhr soll er sich über dem Rhein-Sieg-Kreis und damit über dem Gymnasium Alleestraße befinden. Neun bis elf Minuten lang können die Schüler dann mit ihm kommunizieren –

„schließlich ist die Raumstation irre schnell“, sagt Amateurfunker Stefan Scharfenstein, „mit 28 000 Stundenkilometern umrundet sie in nur 91 Minuten die Erde.“ Ein paar davon sind den Siegbürgern vorbehalten.

In den Minuten, bevor es ernst wird, graben sich schwitzige Finger in Stuhllehnen, Füße in Turnschuhen trippeln nervös auf dem Boden. „Ich bin total aufge-



Von Siegburg per Funkkontakt zur ISS: Schüler vom Gymnasium Alleestraße durften Alexander Gerst gestern nachmittag ihre Fragen stellen. FOTO: ARNDT

hört natürlich zur ISS und damit zu Alexander Gerst. Drei Mal muss Westfeld nach ihm rufen, dann meldet sich der Astronaut plötzlich: „Ja, ich höre euch!“

Und jetzt geht alles ganz schnell: Einer nach dem anderen stellen die Schüler dem 38-Jährigen ihre Fragen und berechnen sie – ganz wichtig – mit dem Wort „Over“, um zu signalisieren, dass jetzt nicht mehr gesendet, sondern empfangen wird. Wie aufwendig die Reparaturarbeiten außerhalb der ISS sind, wollen die Schüler wissen. Was ist das größte Risiko eines Astronauten? Was

vermisst Gerst am meisten? Und was macht im All den größten Spaß? „Den Leuten auf der Erde zuzuschauen“, sagt Gerst. Er ist nur schwer zu verstehen. Seine Zuhörer sind trotzdem begeistert und danken ihm mit einem langen Applaus, als nach wenigen Minuten schon wieder alles vorbei ist. Merlin Fejzuli (15) ist beeindruckt: „Ich kann mir gut vorstellen, selbst mal Astronaut zu werden.“ Gesprochen hat er jedenfalls schon mit einem.

„In meiner Freizeit schaue ich den Leuten auf der Erde zu“

Alexander Gerst, Astronaut

Video des Funkkontakts unter www.ga-bonn.de/gerst

funkern Kontakt zur Raumstation ISS aufzunehmen. Das Projekt am Siegburger Gymnasium wurde von einer 25-köpfigen Gruppe von Funkern aus vier europäischen Ländern unter Leitung von Georg Westfeld (DL 3 YAT, Leverkusen) und Stefan Scharfenstein (DJ 5 KX, Bad Honnel) umgesetzt.

■ **Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR):** Das DLR ist das Forschungszentrum der Bundesrepublik für Luft- und Raumfahrt. Seine Forschungs- und Entwicklungsarbeiten sind in nationale und internationale Kooperationen eingebunden. Im Auftrag der Bundesregierung plant das DLR deutsche Raumfahrtaktivitäten und setzt sie um.

■ **Blue Dot:** Alexander Gersts Mission auf der ISS steht unter dem Motto „Blue Dot – shape the future“. Damit ist gemeint, dass viele Experimente, die die Astronauten auf der Raumstation durchführen, das zukünftige Leben auf der Erde nachhaltig beeinflussen könnten. Beispielsweise werden im Elektromagnetischen Levitator Materialien entwickelt, die in Zukunft in Flugzeugturbinen stecken oder Autos leichter machen und so helfen könnten, Treibstoff zu sparen. Außerdem werden Krankheiten wie Osteoporose untersucht.

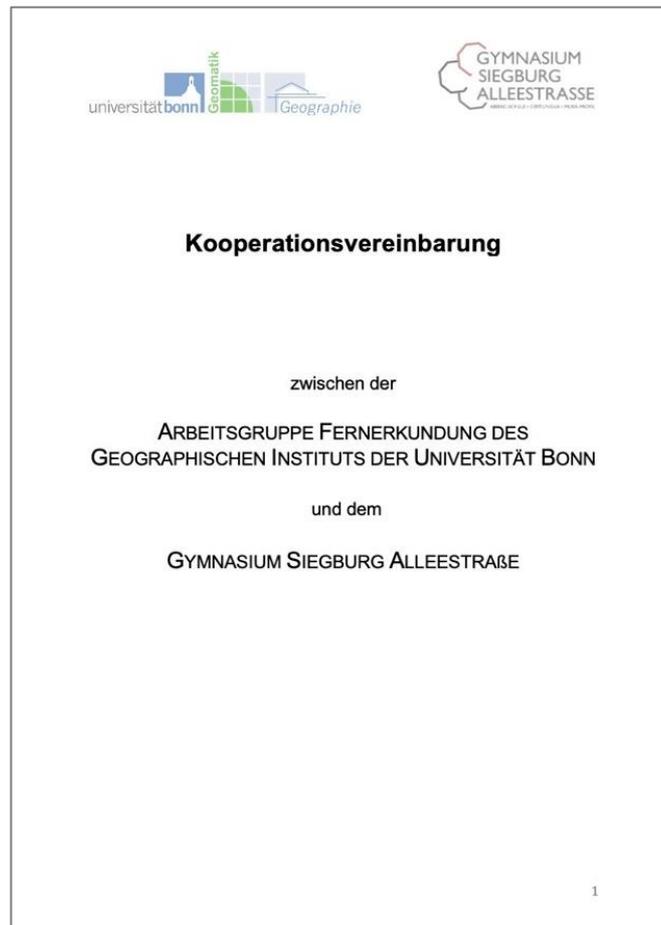
■ **Columbus Eye:** Das Projekt „Columbus Eye“ (www.columbuseye.uni-bonn.de) wird von der Arbeitsgruppe Fernerkundung am Geographischen Institut der Uni Bonn durchgeführt. Bilder und Videos von an der ISS angebrachten Kameras werden für die Bedürfnisse des Schulunterrichtes aufbereitet. „Columbus Eye“ wird in enger Kooperation mit der amerikanischen Weltraumbehörde Nasa durchgeführt. amb



Anhang B: Kooperationsvereinbarungen

B.1 Kooperationsvereinbarung – AG Fernerkundung des GIUB & GSA

- Die Originale liegen mit Unterschriften im Kooperationsordner des Sekretariats am GSA.



Hintergrund

Seit Oktober 2009 kooperiert das Gymnasium Siegburg Alleestraße (GSA) mit der Arbeitsgruppe Fernerkundung des Geographischen Instituts der Universität Bonn (RSRG) im Rahmen der Projekte "Fernerkundung in Schulen (FIS)" und „Columbus Eye – Live-Bilder von der ISS im Schulunterricht“. Die Projekte werden vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert. Ziel des Projektes ist es, Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufen I und II die Grundlagen der satellitengestützten Fernerkundung sowie die Auswertung dieser Daten in Hinblick auf fachspezifische Fragestellungen zu vermitteln. Unser Gymnasium als Partnerschule mit FIS-Zertifikat setzt die entwickelten digitalen Unterrichtsmodule seit Beginn der Kooperation regelmäßig im Geographieunterricht ein. Zudem realisierte das GSA in Zusammenarbeit mit „Columbus Eye“ und Partnern beim Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), der NASA und des Deutschen Amateur- und Radioclubs (DARC) e.V. am 1. September 2014 am GSA einen erfolgreichen Live-Call zwischen zwanzig Schülerinnen und Schülern zum ESA-Astronauten Dr. Alexander Gerst auf der Internationalen Raumstation (ISS).

Um die Synergieeffekte der gemeinsamen Kooperation auf der Grundlage einer umfassenden Bildungs- und Erziehungsarbeit in der Schulpraxis sowie in der universitären Lehre und Forschung zu nutzen, wird ab dem Schuljahr 2016/17 das neue Differenzierungsfach „Geographie-Physik“ mit dem Teilbereich Fernerkundung für die Jahrgangsstufen 8 und 9 am GSA angeboten. Das neue fächerverbindende Differenzierungsfach integriert die durch die RSRG entwickelten Unterrichtsmaterialien der Projekte „FIS“ und „Columbus Eye“ in Anlehnung an die Kernlehrpläne Geographie und Physik.

Der Teilbereich der Fernerkundung bietet vor dem Hintergrund der Kooperation mit der RSRG ein zentrales Element in der fächerverbindenden Verknüpfung der Fachbereiche Geographie und Physik. Dabei steht die Anwendung von Fernerkundungsmethoden im Blickwinkel der Geographie, während die Grundlagen der Fernerkundung das Fach Physik bildet.

Eine zentrale Lehrerfortbildung zur praktischen Anwendung der digitalen Lernmodule der Projekte „FIS“ und „Columbus Eye“ wurde von der RSRG anlässlich der Einführung des neuen MINT-Faches „Geographie-Physik“ im Differenzierungsbereich der Mittelstufe am GSA für die Fachschaften Geographie und Physik organisiert und durchgeführt.

2

Ziele der Kooperation

1. Übergeordnetes Ziel der Kooperation zwischen der RSRG und dem GSA ist eine Intensivierung des Austausches zwischen schulischer Praxis und universitärer Lehre und Forschung. Dadurch soll eine Stärkung von Theoriewissen und Praxiserfahrung im Bereich der bildungswissenschaftlichen Forschung und Anwendung ermöglicht werden.
2. Grundlage des neuen Differenzierungsfaches „Geographie-Physik“ am GSA ab dem Schuljahr 2016/17 ist die Integration der digitalen Lernmodule und die Recherche- und Analysetools der Projekte „FIS“ sowie „Columbus Eye – Live-Bilder von der ISS im Schulunterricht“. Darüber hinaus sollen die universitären Unterrichtsmaterialien für die Fächer Geographie und Physik der Sekundarstufen I und II in Anlehnung an die Kerncurricula eingesetzt werden.
3. Ziel der partnerschaftlichen Zusammenarbeit ist die nachhaltige Integration des Themas Fernerkundung in den Schulunterricht der Sekundarstufen I und II. Durch den Einsatz der digitalen und fächerverbindenden Lernmodule der Projekte „FIS“ und „Columbus Eye“ soll die Methodenkompetenz, die Medienkompetenz und das aktive und eigenständige Arbeiten der Schülerinnen und Schüler gefördert werden.
4. Das Geographische Institut der Universität kann als außerschulischer Lern- und Bildungsort für Schülerinnen und Schüler sowie für Lehrkräfte der Fachschaften Geographie und Physik den Austausch zwischen Schulpraxis und universitärer Lehre und Forschung ergänzen.
5. Ein aktiver Informationsaustausch zwischen den Lehrkräften des GSA und den Wissenschaftlern der RSRG wird durch benannte Kontaktpersonen regelmäßig vorgenommen, um die Praxiserprobung der Unterrichtsmaterialien evaluieren zu können (s. Organisation der Kooperation).

3

Zeitlicher Rahmen der Kooperation

Die Laufzeit der Vereinbarungen beginnt mit dem Datum der Unterzeichnung und ist für beide Kooperationspartner für mindestens einen Probedurchgang (s. Ziele der Kooperation) für die Schuljahre 2016/17 und 2017/18 vor dem Hintergrund der Einführung des neuen Differenzierungsfaches „Geographie-Physik“ am GSA verpflichtend, um die Fachwahl der Schülerinnen und Schüler der kommenden Jahrgangsstufe 8 im Differenzierungsbereich für mindestens einen Turnus von zwei Schuljahren gewährleisten zu können. Nach mindestens einem Probedurchgang der oben benannten Schuljahre kann die Kooperationsvereinbarung von beiden Kooperationspartnern jeweils zum Schuljahresende beendet werden.

4

Organisation und Elemente der Kooperation

Die RSRG und das GSA benennen jeweils eine Kontaktperson, die in der Anlage zur Kooperationsvereinbarung eingetragen wird.

Die Kontaktpersonen treffen sich einmal jährlich zur Evaluation der bisherigen Aktivitäten und zu konkreten Planungen für das Folgejahr.

Vor dem Hintergrund der Zielvereinbarungen werden folgende Angebote der Kooperationspartner festgelegt:

Angebote der Arbeitsgruppe Fernerkundung des Geographischen Instituts der Universität Bonn:

- Bereitstellung der digitalen Lernmodule der Projekte „FIS“ und „Columbus Eye“ für den Einsatz am GSA
- Organisation einer jährlichen Lehrerfortbildung zum Thema Fernerkundung und zum Einsatz von Fernerkundungsmethoden im Schulunterricht durch die RSRG für Lehrkräfte des GSA
- Gemeinsame Organisation und Durchführung eines jährlichen Geocaches für Schülerinnen und Schüler des Differenzierungsfaches „Geographie-Physik“ der Lerngruppen der Jahrgangsstufen 8 und 9
- Auf Anfrage Betreuung von thematisch passenden Facharbeiten im Fach Geographie für Schülerinnen und Schüler des GSA durch Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der RSRG
- Das Geographische Institut der Universität Bonn als außerschulischer Lernort für z.B. Expertenvorträge für Schülerinnen und Schüler des GSA – soweit die Ressourcen des Instituts dies zulassen
- Nutzung der Bibliothek und der Kartensammlung des Geographischen Instituts der Universität Bonn

5



universität**bonn** Geomatik Geographie



GYMNASIUM
SIEGBURG
ALLEESTRASSE

Angebote des Gymnasiums Siegburg Alleestraße

Das GSA ermöglicht seinen Lehrkräften, an fachdidaktischen Entwicklungsprojekten der Universität mitzuwirken, die die Schulpraxis mit einbeziehen und neue Unterrichtskonzepte hervorbringen:

- Evaluation der digitalen Unterrichtseinheiten/-materialien der Projekte „FIS“ und „Columbus Eye“
- Regelmäßige Rückmeldungen für die Ausarbeitung von Unterrichtsmaterialien zum Thema Fernerkundung
- Verbindliche Einbindung der Unterrichtseinheiten in den schulinternen Lehrplan der Fächer Geographie-Physik, Geographie und Physik
- Ausbildungsmöglichkeiten durch Mentoren im Differenzierungsfach „Geographie-Physik“ für Lehramtsstudentinnen und -studenten der RSRG – soweit die Ressourcen des GSA dies zulassen

Siegburg, den _____

<p>_____ Leitung RSRG Prof. Dr. Gunter Menz</p>	<p>_____ Schulleitung GSA OSID` Margret Sagorski</p>
	<p>_____ stellvertretende Bürgermeisterin der Stadt Siegburg Dr. Susanne Haase-Mühbauer</p>
<p>_____ RSRG Kontaktperson Dr. Andreas Rienow</p>	<p>_____ GSA Kontaktperson SIR` Christina Müller</p>

6



universität**bonn** Geomatik Geographie



GYMNASIUM
SIEGBURG
ALLEESTRASSE

Anlage zur Kooperationsvereinbarung zwischen der Arbeitsgruppe Fernerkundung des Geographischen Instituts der Universität Bonn und dem Gymnasium Siegburg Alleestraße

Kontaktpersonen:

Arbeitsgruppe Fernerkundung des Geographischen Instituts der Universität Bonn (RSRG):

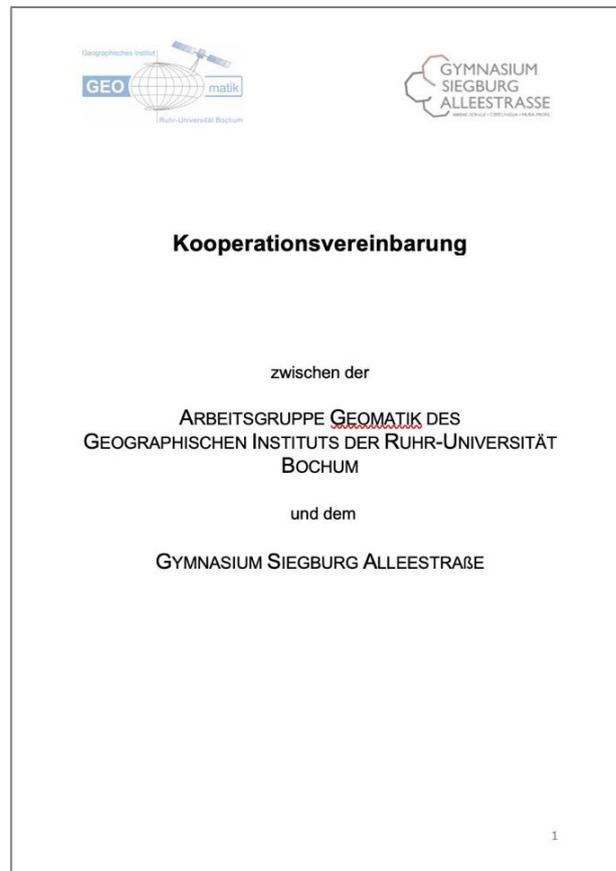
Dr. Andreas Rienow
0228 - 73 - 9706
a.rienow@geographie.uni-bonn.de

Gymnasium Siegburg Alleestraße (GSA):

Christina Müller
02241 - 102 - 6600
christina.mueller@gymnasium-alleestraße.de

7

B.2 Kooperationsvereinbarung – AG Geomatik der RUB & GSA



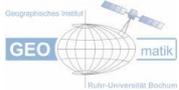


Mittelstufe am GSA für die Fachschaften Geographie und Physik organisiert und durchgeführt.

Ziele der Kooperation

1. Übergeordnetes Ziel der Kooperation zwischen der GRG und dem GSA ist eine Intensivierung des Austausches zwischen schulischer Praxis und universitärer Lehre und Forschung. Dadurch soll eine Stärkung von Theoriewissen und Praxiserfahrung im Bereich der bildungswissenschaftlichen Forschung und Anwendung ermöglicht werden.
2. Grundlage des neuen Differenzierungsfaches „Geographie-Physik“ am GSA ab dem Schuljahr 2016/17 ist die Integration der digitalen Lernmodule und die Recherche- und Analysetools der Projekte „FIS“ sowie „Columbus Eye – Live-Bilder von der ISS im Schulunterricht“. Ab dem Schuljahr 2017/18 wird diese Grundlage durch das Projekt „KEPLER ISS“ und „FIS III“ der GRG erweitert. Darüber hinaus sollen die universitären Unterrichtsmaterialien für die Fächer Geographie und Physik der Sekundarstufen I und II in Anlehnung an die Kerncurricula eingesetzt werden.
3. Ziel der partnerschaftlichen Zusammenarbeit ist die nachhaltige Integration des Themas Fernerkundung in den Schulunterricht der Sekundarstufen I und II. Durch den Einsatz der digitalen und fächerverbindenden Lernmodule der Projekte „FIS“, „Columbus Eye“ sowie „KEPLER ISS“ soll die Methodenkompetenz, die Medienkompetenz und das aktive und eigenständige Arbeiten der Schülerinnen und Schüler gefördert werden.
4. Das Geographische Institut der Universität Bochum kann als außerschulischer Lern- und Bildungsort für Schülerinnen und Schüler sowie für Lehrkräfte der Fachschaften Geographie und Physik den Austausch zwischen Schulpraxis und universitärer Lehre und Forschung ergänzen.
5. Ein aktiver Informationsaustausch zwischen den Lehrkräften des GSA und den Wissenschaftlern der GRG wird durch benannte Kontaktpersonen regelmäßig vorgenommen, um die Praxiserprobung der Unterrichtsmaterialien evaluieren zu können (s. Organisation der Kooperation).

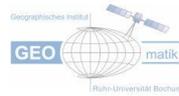
3



Zeitlicher Rahmen der Kooperation

Die Laufzeit der Vereinbarungen beginnt mit dem Datum der Unterzeichnung und ist für beide Kooperationspartner für mindestens einen Probedurchgang (s. Ziele der Kooperation) für die Schuljahre 2017/18 und 2018/19 vor dem Hintergrund der Einführung des neuen Differenzierungsfaches „Geographie-Physik“ am GSA verpflichtend, um die Fachwahl der Schülerinnen und Schüler der kommenden Jahrgangsstufe 8 im Differenzierungsbereich für mindestens einen Turnus von zwei Schuljahren gewährleisten zu können. Nach mindestens einem Probedurchgang der oben benannten Schuljahre kann die Kooperationsvereinbarung von beiden Kooperationspartnern jeweils zum Schuljahresende beendet werden.

4



Organisation und Elemente der Kooperation

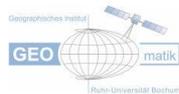
Die GRG und das GSA benennen jeweils eine Kontaktperson, die in der Anlage zur Kooperationsvereinbarung eingetragen wird. Die Kontaktpersonen treffen sich einmal jährlich zur Evaluation der bisherigen Aktivitäten und zu konkreten Planungen für das Folgejahr.

Vor dem Hintergrund der Zielvereinbarungen werden folgende Angebote der Kooperationspartner festgelegt.

Angebote der Arbeitsgruppe Geomatik des Geographischen Instituts der Ruhr-Universität Bochum:

- Bereitstellung der digitalen Lernmodule der Projekte „FIS“, „Columbus Eye“ und „KEPLER ISS“ für den Einsatz am GSA
- Organisation einer jährlichen Lehrerfortbildung zum Thema Fernerkundung und zum Einsatz von Fernerkundungsmethoden im Schulunterricht durch die GRG für Lehrkräfte des GSA
- Gemeinsame Organisation und Durchführung eines jährlichen Geocaches/Exkursion für Schülerinnen und Schüler des Differenzierungsfaches „Geographie-Physik“ der Lerngruppen der Jahrgangsstufen 8 und 9. Die Exkursion kann z.B. zum Zeiss Planetarium in Bochum oder zur Sternwarte erfolgen.
- Auf Anfrage Betreuung von thematisch passenden Facharbeiten im Fach Geographie für Schülerinnen und Schüler des GSA durch Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der GRG
- Das Geographische Institut der Ruhr-Universität Bochum als außerschulischer Lernort für z.B. Expertenvorträge für Schülerinnen und Schüler des GSA – soweit die Ressourcen des Instituts dies zulassen
- Unterstützung bei der Akquise/Recherche von Geobasis- und Copernicusdaten.

5



Angebote des Gymnasiums Siegburg Alleestraße

Das GSA ermöglicht seinen Lehrkräften, an fachdidaktischen Entwicklungsprojekten der Universität mitzuwirken, die die Schulpraxis mit einbeziehen und neue Unterrichtskonzepte hervorbringen:

- Evaluation der digitalen Unterrichtseinheiten/-materialien der Projekte „FIS“, „Columbus Eye“ und „KEPLER ISS“
- Regelmäßige Rückmeldungen für die Ausarbeitung von Unterrichtsmaterialien zum Thema Fernerkundung
- Verbindliche Einbindung der Unterrichtseinheiten in den schulinternen Lehrplan der Fächer Geographie-Physik, Geographie und Physik
- Ausbildungsmöglichkeiten durch Mentoren im Differenzierungsfach „Geographie-Physik“ für Lehramtsstudentinnen und -studenten der AG Geomatik – soweit die Ressourcen des GSA dies zulassen

Siegburg, den _____

Leitung AG Geomatik
Prof. Dr. Carsten Jürgens

Schulleitung GSA
OSID' Margret Sagorski

Bürgermeister der Stadt Siegburg
Franz Huhn

AG Geomatik Kontaktperson
Dr. Andreas Rienow

GSA Kontaktperson
SIR' Christina Müller

6



Anlage zur Kooperationsvereinbarung zwischen der Arbeitsgruppe Geomatik des Geographischen Instituts der Ruhr-Universität Bochum und dem Gymnasium Siegburg Alleestraße

Kontaktpersonen:

Arbeitsgruppe Geomatik des Geographischen Instituts der Ruhr-Universität Bochum (GRG):

Dr. Andreas Rienow
0234 - 32 - 24791
andreas.rienow@ruhr-uni-bochum.de

Gymnasium Siegburg Alleestraße (GSA):

Christina Müller
02241 - 102 - 6600
christina.mueller@gymnasium-alleestraße.de

Anhang C: Fächerübergreifendes Curriculum „Geographie-Physik“



Gymnasium Siegburg Alleestraße

Schulinterner Lehrplan für das MINT-Differenzierungsfach

„Geographie-Physik“ mit dem Teilbereich Fernerkundung

in der Sekundarstufe I*

Jahrgangsstufen 8/9

(Stand: Januar 2019)

* zu den Kerncurricula Erdkunde NRW 2007 und Physik NRW 2008

1



Inhalt

- 1 Rahmenbedingungen der fachlichen Arbeit
- 2 Zentrale Inhalte des Differenzierungsfachs Geographie-Physik
 - 2.1 Jahrgangsstufe 8
 - 2.2 Jahrgangsstufe 9
- 3 Lernerfolgsüberprüfungen und Leistungsbewertung

2

1 Rahmenbedingungen der fachlichen Arbeit

Ab dem Schuljahr 2015/16 besteht am Gymnasium Siegburg Alleestraße (GSA) in den Jahrgangsstufen 8 und 9 die Möglichkeit, das neue MINT-Differenzierungsfach „Geographie-Physik“ mit dem Teilbereich Fernerkundung zu wählen. Da das per se interdisziplinäre Fach Geographie eine enge Verbindung zur Physik – vor allem durch die Themen der Physischen Geographie – eingeht, werden im Rahmen dieses neuen Wahlpflichtfaches die fächerverbindenden Themen vor dem Hintergrund der Kerncurricula in NRW vertieft und erweitert.

Seit Oktober 2009 kooperiert das Gymnasium Siegburg Alleestraße mit dem Geographischen Institut der Universität Bonn im Rahmen des Projektes „Fernerkundung in Schulen (FIS)“. Das Projekt wird vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) getragen und durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) finanziert. Ziel des Projektes ist es, Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufen I und II die Grundlagen der satellitengestützten Fernerkundung sowie die Auswertung dieser Daten in Hinblick auf inhaltliche Fragestellungen zu vermitteln. Unser Gymnasium als Partnerschule mit FIS-Zertifikat setzt die entwickelten digitalen Unterrichtsmodulare bereits seit Oktober 2009 im Geographieunterricht ein und konnte durch das Folgeprojekt „Columbus-Eye – Live-Bilder von der ISS im Schulunterricht“ der Arbeitsgruppe Fernerkundung der Universität Bonn in Zusammenarbeit mit dem Deut-

3

schen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), der NASA und dem Deutschen Amateur Radio Club (DARC) am 1. September 2014 einen Live-Call zum ESA-Astronauten Alexander Gerst auf der ISS vornehmen.

Um die Synergieeffekte der gemeinsamen Kooperation auf der Grundlage einer umfassenden Bildungs- und Erziehungsarbeit in der Schulpraxis sowie in der universitären Lehre und Forschung zu nutzen, wird seit dem Schuljahr 2016/17 das neue MINT-Differenzierungsfach „Geographie-Physik“ mit dem Teilbereich Fernerkundung für die Jahrgangsstufen 8 und 9 am GSA angeboten. Das neue fächerverbindende Differenzierungsfach integriert die durch die Arbeitsgruppe Fernerkundung (RSRG) der Universität Bonn entwickelten Unterrichtsmaterialien der Projekte „FIS“ und „Columbus Eye“ in Anlehnung an die Kernlehrpläne Geographie und Physik. Ab Juni 2017 werden ebenfalls die Unterrichtsmaterialien der Nachfolgeprojekte „KEPLER ISS – Kompetenzorientiertes, erfahrungsbasiertes und praktisches Lernen mit Erdbeobachtung von der ISS“ (FKZ 50JR1701) und „FIS III“ (FKZ 50EE1703) der AG Geomatik des Geographischen Instituts der Ruhr-Universität Bochum (GRG) im Unterricht erprobt und angewendet, um im September 2017 mit der AG Geomatik eine weitere Kooperationsvereinbarung mit dem GSA abschließen zu können.

Der Teilbereich der Fernerkundung bietet vor dem Hintergrund der Kooperationen mit der Arbeitsgruppe Fernerkundung der Universität Bonn sowie der AG Geomatik der Ruhr-Universität Bochum ein zentrales Element in der fächerverbindenden Verknüpfung der Fachbereiche Geographie und Physik. Dabei steht die Anwendung von Fernerkundungsmethoden im Blickwinkel der Geographie, während die Grundlagen der Fernerkundung das Fach Physik bildet.

4

Durch die Intensivierung der außerschulischen Kooperation im Rahmen der offiziellen Kooperationsvereinbarungen mit den universitären Arbeitsgruppen werden Exkursionen und Fachvorträge externer Experten vor den Differenzierungskursen ermöglicht.

Eine zentrale Lehrerfortbildung zur praktischen Anwendung der digitalen Lernmodule der Projekte „FIS“ und „Columbus-Eye - Live-Bilder von der ISS im Schulunterricht“ wurde von der Arbeitsgruppe Fernerkundung vor dem Hintergrund der Einführung des neuen MINT-Faches „Geographie-Physik“ am GSA für die Fachschaften Geographie und Physik organisiert sowie durchgeführt und wird einmal im Schuljahr – ebenso zum Projekt „KEPLER ISS“ – oder nach Bedarf angeboten.

Die angebotenen Exkursionen sowie Expertengespräche werden neben einem fest integrierten *Geocaching* an der Universität Bonn zu verschiedenen Themen mit Blick auf aktuelle universitäre Veranstaltungen, wie zum Beispiel der Veranstaltungsreihe „Hörsaal City – der Klimawandel vor der Tür“ an der Universität Bochum, Ausstellungen in Museen (Bundeskunsthalle Bonn, Vulkanpark Eifel etc.), außerschulischen Lernorten (Zentrum für Fernerkundung der Landoberfläche (ZfL) der Universität Bonn) und zdi-Schülerlaboren (Sternwarte Bochum, Physikwerkstatt Rheinland etc.) gemeinsam mit den Zuständigen der Arbeitsgruppen zu Beginn eines Schuljahres vereinbart.

Das hier vorliegende Curriculum für das neue MINT-Differenzierungsfach „Geographie-Physik“ mit dem Teilbereich Fernerkundung wurde nach Erarbeitung mit den Fachschaften Geographie und Physik im Januar 2016 nach einem vollständigen Probedurchlauf in den Schuljahren 2016/17 und 2017/18 mit den zwei unterrichtenden LehrerInnen der Teilbereiche Geographie und Physik durch die Erfahrungen in der Unterrichtspraxis im Januar 2019 überarbeitet und ergänzt.

Ansprechpartnerin für das MINT-Fach „Geographie-Physik“ mit dem Teilbereich Fernerkundung & Koordinatorin für die außerschulische Kooperation mit der Uni Bonn und der Uni Bochum am GSA:

Christina Müller
christina.mueller@gymnasium-alleestraße.de

Gymnasium Siegburg Alleestraße
Alleestraße 2
53721 Siegburg
Tel.: 02241 – 102 – 6600

2 Zentrale Inhalte des Differenzierungsfachs Geographie-Physik

2.1 Jahrgangsstufe 8

1. Schulhalbjahr: Geographie

- a) **Geographie – ein MINT-Fach?**
 - i. Forschungsgebiete der Geographie
 - ii. Methoden der Geographie
- b) **Anwendung von Fernerkundungsmethoden**
 - i. **Wozu benötige ich Fernerkundungsmethoden?** (FIS: Analysetools, Info-Box)
 - ii. **Anwendung: Vom Satellitenbild zur Karte** (FIS-Modul „Vom Satellitenbild zur Karte“)
- c) **Geologische Grundlagen – Anwendungsmöglichkeiten von Fernerkundungsmethoden bei endogenen Prozessen**
 - i. **Schalenbau der Erde**

7

- ii. **Plattentektonik**
- iii. **Vulkanismus** (Archiv: Live-Bilder von der ISS, BLIF-Modul „Leben am Vulkan“)
- iv. **Erdbeben/Seebeben und ihre Auswirkungen** (FIS-Modul „Wenn Wellen alles ändern“)
- v. **Einsatz der *Klassifikation* und *Change Detection* bei endogenen Naturgefahren/-katastrophen**
- vi. ***Kreislauf der Gesteine*** (optional nach Zeitbedarf)

2. Schulhalbjahr: Physik

- a) **Das elektromagnetische Spektrum** (FIS-Modul „Dem Unsichtbaren auf der Spur“, FIS: Info-Box, Columbus Eye: „Streuung und Farben in der Atmosphäre“)
 - i. **Zerlegung des weißen Lichts in die Spektralfarben**
 - ii. **RGB-Farben**
 - iii. **Emission, Absorption, Reflexion, Transmission der Strahlung, aktive und passive Fernerkundungsverfahren**
 - iv. **Unterschiedliche Spektren von Wärmestrahlern und Atomen bzw. Molekülen**

8

- b) Fernerkundungssensoren (FIS: Info-Box)**
 - i. Farbempfindlichkeit des menschlichen Auges und eines Sensors in einer Digitalkamera (CCD)**
- c) Satellitenbahnen**
 - i. Geostationäre Bahnen für Wettersatelliten vs. sonnensynchrone Systeme, Auflösung, Satelliten auf polaren Bahnen (FIS: Recherchetools - Satellitensysteme)**
 - ii. Internationale Raumstation ISS (Columbus Eye: ISS)**
 - iii. Keplersche Gesetze**
 - iv. Gefahren des Weltraumschrotts**
 - v. Geocaching (Uni Bonn/Bochum – zeitlich flexibler Baustein, der auch zum Ende des ersten Schulhalbjahres eingesetzt werden kann)**

2.2 Jahrgangsstufe 9

1. Schulhalbjahr: Physik

- a) Digitale Bilddarstellung (FIS-Modul „1, 0 – Spalte, Reihe, Bild“)**
 - i. Rasterpunkte oder Pixel**
 - ii. Verschiedene Bildformate JPEG, TIFF, BMP...**
 - iii. Punkt- und vektororientierte Bilder**
 - iv. Digitale Bildbearbeitung**
- b) Thermodynamik (FIS-Modul „Summer in the City“)**
 - i. Drucksysteme**
 - ii. Spezifische Wärmekapazitäten**
- c) Zusammensetzung und Aufbau der Atmosphäre (FIS: Recherchetools)**
 - i. Thermische Schichtung**
 - ii. Bildung der Atmosphäre**
 - iii. Luftbewegung**

iv. Corioliskraft

d) Strahlungs- und Wärmehaushalt der Erde

- i. Warum ist es so kalt, wenn keine Wolken am Himmel sind?
- ii. Warum ist es in der Polaren Zone kälter als am Äquator?

e) Astrophysik

- i. Planetenbewegung
- ii. Planetensystem

2. Schulhalbjahr: Geographie

a) Wetter, Witterung und Klima

- i. Definitionen
- ii. Bausteine des Wetters: Wolken, Niederschlag, Sonne, Wind, Blitz und Donner
- iii. Wetter (FIS: Analysetools)
 - I. Wetterkarten
 - II. Messgeräte

11

III. Wetterbeobachtung

iv. Klimazonen

- v. Land-See-Windsystem und Atmosphärische Zirkulation (optional: FIS-Modul „Atmosphärische Zirkulation“)

b) Exogene Naturgefahren/-katastrophen

- i. Stürme, Hurrikane/Taifune/Zyklonen, Tornados (Columbus Eye App „Im Auge des Sturms“)
- ii. Dürren und Hochwasser (FIS-Modul „Hochwasser“)

c) Klimawandel

- i. Natürlicher vs. anthropogener Klimawandel
- ii. Dem Klimawandel mit Satellitenbildern auf der Spur (Praxis Geographie: Rückgang der alpinen Vergletscherung am Beispiel der Ötztaler Alpen – BLIF/ ESA – LeoWorks 4)

- d) Experimente zum Thema Wetter: z.B. Temperaturunterschiede, Luftdruck, Verdunstung und Wolkenbildung (optional - je nach Zeitbedarf oder/und in Absprache mit Experten oder durch Exkursionen möglich)

12

3 Lernerfolgsüberprüfungen und Leistungsmessung

- 1 Projektarbeit & 1 Klassenarbeit pro Schulhalbjahr im Fachbereich Geographie
- 2 Klassenarbeiten pro Schulhalbjahr im Fachbereich Physik
 - 8.1 Geographie: Projektarbeit (z.B. Modell eines Vulkans), Klassenarbeit
 - 8.2 Physik: 2 Klassenarbeiten*
 - 9.1 Physik: 2 Klassenarbeiten
 - 9.2 Geographie: Projektarbeit (z.B. zum Thema Wetterbeobachtung), Klassenarbeit

Projektarbeit im Fachbereich Geographie:

Referat über das Projektthema mit

- *PowerPoint-Präsentation/Prezi-Präsentation + Handout* oder
- **Anfertigung einer Internetseite oder eines Lernvideos + Handout**

* Die Fachschaft Physik wird auf der nächsten Fachkonferenz im Schuljahr 2019/20 den Antrag stellen, eine Klassenarbeit durch eine Projektarbeit - wie im Teilbereich Geographie - in beiden Jahrgangsstufen zu ersetzen.

Anhang D: Fragebögen (Schuljahr 2019/20)

D.1 Vorevaluation (0)





Fragebogen

Liebe Schülerin, lieber Schüler,

bei diesem Fragebogen handelt es sich nicht um einen Test. Ich möchte vielmehr etwas über Deine Erwartungen und Wünsche an das neue MINT-Fach „Geographie-Physik“ erfahren.

Nimm Dir einige Minuten Zeit, die folgenden Fragen in Ruhe zu beantworten.

Vielen Dank für Deine Mitarbeit und Deine Rückmeldung! ☺

C. Müller

Du bist...

eine Schülerin

ein Schüler

Hast Du vorher schon einmal mit Satellitenbildern bzw. Fernerkundungsmethoden gearbeitet?

Ja

Nein

Wenn ja, wann und in welchem Fach sind Dir Fernerkundungsmethoden begegnet. Was war das Thema der Unterrichtsstunde?

.....

.....

Nutzt Du Satellitenbilder auch zu Hause?

Ja

Nein

Wenn ja, wann und in welchem Zusammenhang?

.....

.....

Schuljahr 2019/20 – Jahrgangsstufe 8 – 4. Wahljahrgang - Vorevaluation 1





Ich habe den MINT-Differenzierungskurs „Geographie-Physik“ gewählt, weil..

(Mehrfachnennungen möglich!)

- ich Spaß an Naturwissenschaften habe.
- ich fächerverbindenden MINT-Unterricht interessant finde.
- ich die vorgestellten Unterrichtsinhalte interessant finde.
- ich das Fach „Geographie“ interessant finde.
- ich das Fach „Physik“ interessant finde.
- ich das Thema Erdbeobachtung/Fernerkundung interessant finde.
- ich Satellitenbilder interessant finde.
- ich ISS-Bilder und -Videos interessant finde.
- ich Exkursionen zu außerschulischen Lernorten unternehmen kann.
- ich Expertengespräche mit Wissenschaftlern/*innen interessant finde.
- Freunde/*innen oder Klassenkameraden/*innen den Kurs gewählt haben.
- bestimmte Lehrer/*innen den MINT-Differenzierungskurs unterrichten.
- Sonstiges:

.....

Welche Erwartungen/Wünsche hast Du an das Fach „Geographie-Physik“?

.....

.....

.....

Was würde Dich noch zusätzlich interessieren?

.....

.....

.....

Was möchtest Du sonst noch sagen?

.....

.....

Vielen Dank für Deine Mitarbeit! ☺

Schuljahr 2019/20 – Jahrgangsstufe 8 – 4. Wahljahrgang - Vorevaluation 2

D.2 Erhebung 1 – 1. Schulhalbjahr „Geographie“ – Jahrgangsstufe 8



Fragebogen

Liebe Schülerin, lieber Schüler,

bei diesem Fragebogen handelt es sich nicht um einen Test. Ich möchte vielmehr Deine Meinung zum 1. Schulhalbjahr „Geographie“ des neuen MINT-Differenzierungsfaches „Geographie-Physik“ erfahren. Nimm Dir einige Minuten Zeit, die folgenden Fragen in Ruhe zu beantworten.
Vielen Dank für Deine Mitarbeit und Deine Rückmeldung. ☺

C. Müller

Du bist...

eine Schülerin
ein Schüler

Kreuze bitte die für Dich zutreffenden Antworten an:
1 bedeutet „trifft völlig zu“, 6 bedeutet „trifft überhaupt nicht zu“.

	Das FIS-Lernmodul „Vom Satellitenbild zur Karte“...	1 trifft völlig zu	2	3	4	5	6 trifft überhaupt nicht zu
1	...ist interessant aufgebaut.						
2	...hat einen logischen Aufbau.						
3	...ist verständlich.						
	Die Aufgabenstellungen des FIS-Lernmoduls „Vom Satellitenbild zur Karte“...	1 trifft völlig zu	2	3	4	5	6 trifft überhaupt nicht zu
4	...sind verständlich formuliert.						
5	...sind anwendungsorientiert.						
	Das FIS-Lernmodul „Tsunami“...	1 trifft völlig zu	2	3	4	5	6 trifft überhaupt nicht zu
6	...ist interessant aufgebaut.						
7	...hat einen logischen Aufbau.						
8	...ist verständlich.						

Schuljahr 2019/20 – 4. Wahljahrgang – Jahrgangsstufe 8 – 1. Schulhalbjahr „Geographie“ 1



	Die Aufgabenstellungen des FIS-Lernmoduls „Tsunami“...	1 trifft völlig zu	2	3	4	5	6 trifft überhaupt nicht zu
9	...sind verständlich formuliert.						
10	...sind anwendungsorientiert.						
	Das GEO-Spektiv-Lernmodul „Leben am Vulkan“	1 trifft völlig zu	2	3	4	5	6 trifft überhaupt nicht zu
11	...ist interessant aufgebaut.						
12	...hat einen logischen Aufbau.						
13	...ist verständlich.						
	Die Arbeitsanweisungen des GEO-Spektiv-Lernmoduls „Leben am Vulkan“...	1 trifft völlig zu	2	3	4	5	6 trifft überhaupt nicht zu
14	...sind verständlich formuliert.						
15	...sind anwendungsorientiert.						
	Die Satellitenbilder...	1 trifft völlig zu	2	3	4	5	6 trifft überhaupt nicht zu
16	...sind für das gesamte Verständnis hilfreich.						
17	...sind interessant.						
	Die Live-Bilder von der ISS...	1 trifft völlig zu	2	3	4	5	6 trifft überhaupt nicht zu
18	...sind für das gesamte Verständnis hilfreich.						
19	...sind interessant.						
	Die Arbeit mit dem Computer/Laptop...	1 trifft völlig zu	2	3	4	5	6 trifft überhaupt nicht zu
20	...war für das gesamte Verständnis hilfreich.						
21	...war interessant.						

Schuljahr 2019/20 – 4. Wahljahrgang – Jahrgangsstufe 8 – 1. Schulhalbjahr „Geographie“ 2



	Das Expertengespräch...	1 trifft völlig zu	2	3	4	5	6 trifft überhaupt nicht zu
22	...war für das gesamte Verständnis hilfreich.						
23	...war interessant.						
24	...konnte mir einen Einblick in MINT-Berufe ermöglichen.						
	Die Exkursion...	1 trifft völlig zu	2	3	4	5	6 trifft überhaupt nicht zu
25	...war für das gesamte Verständnis hilfreich.						
26	...war interessant.						
27	...konnte mir einen Einblick in MINT-Berufe ermöglichen.						
	Meine Erwartungen an das MINT-Fach „Geographie-Physik“...	1 trifft völlig zu	2	3	4	5	6 trifft überhaupt nicht zu
28	...wurden im 1. Schulhalbjahr im Teilbereich „Geographie“ erfüllt.						

Es fiel mir leicht, dem Unterricht zu folgen,
Ja

...weil (Mehrfachnennungen möglich!)

mich die Unterrichtsthemen interessieren.
 die Satellitenbilder/ISS-Bilder für das gesamte Verständnis hilfreich sind.
 ich durch fächerverbindenden Unterricht die Inhalte besser verstehe.
 Sonstiges:

.....

Nein

...weil

.....

Schuljahr 2019/20 – 4. Wahljahrgang – Jahrgangsstufe 8 – 1. Schulhalbjahr „Geographie“ 3



Was hast Du Neues gelernt?

.....

.....

.....

Was hast Du nicht verstanden?

.....

.....

.....

Was würde Dich noch zusätzlich interessieren?

.....

.....

.....

Was hättest Du Dir für das erste Schulhalbjahr im Teilbereich „Geographie“ der Jahrgangsstufe 8 noch gewünscht?

.....

.....

.....

Was möchtest Du sonst noch sagen?

.....

.....

Vielen Dank für Deine Mitarbeit! ☺

Schuljahr 2019/20 – 4. Wahljahrgang – Jahrgangsstufe 8 – 1. Schulhalbjahr „Geographie“ 4

D.3 Erhebung 2 – 2. Schulhalbjahr „Physik“ – Jahrgangsstufe 8



Fragebogen

Liebe Schülerin, lieber Schüler,

bei diesem Fragebogen handelt es sich nicht um einen Test. Ich möchte vielmehr Deine Meinung zum 2. Schulhalbjahr „Physik“ des neuen MINT-Differenzierungsfaches „Geographie-Physik“ in der Jahrgangsstufe 8 erfahren. Nimm Dir einige Minuten Zeit, die folgenden Fragen in Ruhe zu beantworten.
Vielen Dank für Deine Mitarbeit und Deine Rückmeldung. ☺

C. Müller

Du bist...

eine Schülerin

ein Schüler

MINT-Fächer und -Unterrichtsthemen interessieren mich.

Ja

Nein

Ich finde Erdbeobachtung/Fernerkundung für Wirtschaft und Gesellschaft wichtig.

Ja

Nein

Ich kann mir vorstellen, im Bereich Raumfahrt (einschließlich Fernerkundung, Astronomie, Ingenieurwissenschaften...) zu arbeiten.

Ja

Nein

Ich kann mir vorstellen, im Bereich Fernerkundung zu arbeiten.

Ja

Nein

Schuljahr 2019/20 – 4. Wahljahrgang – Jahrgangsstufe 8 – 2. Schulhalbjahr „Physik“ 1



Kreuze bitte die für Dich zutreffenden Antworten an:
1 bedeutet „trifft völlig zu“, 6 bedeutet „trifft überhaupt nicht zu“.

	Die FIS-Lernmodule...	1 trifft völlig zu	2	3	4	5	6 trifft überhaupt nicht zu
1	...sind interessant aufgebaut.						
2	...haben einen logischen Aufbau.						
3	...sind verständlich.						
4	...sind zu schwer.						
	Die Aufgabenstellungen und Arbeitsanweisungen der FIS-Lernmodule...	1 trifft völlig zu	2	3	4	5	6 trifft überhaupt nicht zu
5	...sind verständlich formuliert.						
6	...sind anwendungsorientiert.						
	Die Info-Box...	1 trifft völlig zu	2	3	4	5	6 trifft überhaupt nicht zu
7	...ist verständlich formuliert.						
8	...ist anwendungsorientiert.						
	Die Illustrationen und Animationen sind...	1 trifft völlig zu	2	3	4	5	6 trifft überhaupt nicht zu
9	...sind für das gesamte Verständnis hilfreich.						
10	...sind interessant.						
	Die Satellitenbilder...	1 trifft völlig zu	2	3	4	5	6 trifft überhaupt nicht zu
11	...sind für das gesamte Verständnis hilfreich.						
12	...sind interessant.						
	Die Live-Bilder von der ISS...	1 trifft völlig zu	2	3	4	5	6 trifft überhaupt nicht zu
13	...sind für das gesamte Verständnis hilfreich.						
14	...sind interessant.						



	Die Arbeit mit dem Computer/Laptop...	1 trifft völlig zu	2	3	4	5	6 trifft überhaupt nicht zu
15	...war für das gesamte Verständnis hilfreich.						
16	...war interessant.						
	Die Arbeit mit dem Smartphone (Lernapps)...	1	2	3	4	5	6
17	...war für das gesamte Verständnis hilfreich.						
18	...war interessant.						
	Die Expertengespräche...	1	2	3	4	5	6
19	...waren für das gesamte Verständnis hilfreich.						
20	...waren interessant.						
21	...konnten mir einen Einblick in MINT-Berufe ermöglichen.						
	Die Exkursionen¹ zu außerschulischen Lernorten.	1	2	3	4	5	6
22	...waren für das gesamte Verständnis hilfreich.						
23	...waren interessant.						
24	...konnten mir einen Einblick in MINT-Berufe ermöglichen.						
	Meine Erwartungen an das MINT-Fach „Geographie-Physik“...	1 trifft völlig zu	2	3	4	5	6 trifft überhaupt nicht zu
25	...wurden im 2. Schulhalbjahr „Physik“ der Jahrgangsstufe 8 erfüllt.						

¹ Durch den Unterricht auf Distanz (Coronalhalbjahr – kein Präsenzunterricht im Diff-Kurs -) nicht eingesetzt.
² Durch Schulloekdown keine Expertengespräche möglich, aber Unterricht auf Distanz.
³ Durch Schulloekdown keine Exkursionen möglich.

Schuljahr 2019/20 – 4. Wahljahrgang – Jahrgangsstufe 8 – 2. Schulhalbjahr „Physik“ 3



	Die digitalen Unterrichtsmaterialien...	1 trifft völlig zu	2	3	4	5	6 trifft überhaupt nicht zu
26	...waren für den digitalen Unterricht auf Distanz hilfreich.						

Was hast Du Neues gelernt?

.....

.....

Was hast Du nicht verstanden?

.....

.....

Was würde Dich noch zusätzlich interessieren?

.....

.....

Was hättest Du Dir für das zweite Schulhalbjahr im Teilbereich „Physik“ in der Jahrgangsstufe 8 noch gewünscht?

.....

.....

Wie hilfreich waren die digitalen Unterrichtsmaterialien für den Distanzunterricht im Corona-Schuljahr?

.....

.....

Danke für Deine Mitarbeit! ☺

Schuljahr 2019/20 – 4. Wahljahrgang – Jahrgangsstufe 8 – 2. Schulhalbjahr „Physik“ 4

D.4 Erhebung 3 – 1. Schulhalbjahr „Physik“ – Jahrgangsstufe 9



Fragebogen

Liebe Schülerin, lieber Schüler,

bei diesem Fragebogen handelt es sich nicht um einen Test. Ich möchte vielmehr Deine Meinung zum 1. Schulhalbjahr „Physik“ des neuen MINT-Differenzierungsfaches „Geographie-Physik“ in der Jahrgangsstufe 9 erfahren. Nimm Dir einige Minuten Zeit, die folgenden Fragen in Ruhe zu beantworten.
Vielen Dank für Deine Mitarbeit und Deine Rückmeldung. ☺

C. Müller

Du bist...

eine Schülerin

ein Schüler

MINT-Fächer und -Unterrichtsthemen interessieren mich.

Ja

Nein

Ich finde Erdbeobachtung/Fernerkundung für Wirtschaft und Gesellschaft wichtig.

Ja

Nein

Ich kann mir vorstellen, im Bereich Raumfahrt (einschließlich Fernerkundung, Astronomie, Ingenieurwissenschaften...) zu arbeiten.

Ja

Nein

Ich kann mir vorstellen, im Bereich Fernerkundung zu arbeiten.

Ja

Nein

Schuljahr 2019/20 – Jahrgangsstufe 9 – 3. Wahljahrgang – 1. Schulhalbjahr „Physik“ 1



Kreuze bitte die für Dich zutreffenden Antworten an:
1 bedeutet „trifft völlig zu“, 6 bedeutet „trifft überhaupt nicht zu“.

	Die FIS-Lernmodule...	1 trifft völlig zu	2	3	4	5	6 trifft überhaupt nicht zu
1	...sind interessant aufgebaut.						
2	...haben einen logischen Aufbau.						
3	...sind verständlich.						
4	...sind zu schwer.						
	Die Aufgabenstellungen und Arbeitsanweisungen der FIS-Lernmodule...	1 trifft völlig zu	2	3	4	5	6 trifft überhaupt nicht zu
5	...sind verständlich formuliert.						
6	...sind anwendungsorientiert.						
	Die Info-Box...	1 trifft völlig zu	2	3	4	5	6 trifft überhaupt nicht zu
7	...ist verständlich formuliert.						
8	...ist anwendungsorientiert.						
	Die Illustrationen und Animationen sind...	1 trifft völlig zu	2	3	4	5	6 trifft überhaupt nicht zu
9	...sind für das gesamte Verständnis hilfreich.						
10	...sind interessant.						
	Die Satellitenbilder...	1 trifft völlig zu	2	3	4	5	6 trifft überhaupt nicht zu
11	...sind für das gesamte Verständnis hilfreich.						
12	...sind interessant.						
	Die Live-Bilder von der ISS...	1 trifft völlig zu	2	3	4	5	6 trifft überhaupt nicht zu
13	...sind für das gesamte Verständnis hilfreich.						
14	...sind interessant.						

Schuljahr 2019/20 – Jahrgangsstufe 9 – 3. Wahljahrgang – 1. Schulhalbjahr „Physik“ 2



	Die Arbeit mit dem Computer/Laptop...	1 trifft völlig zu	2	3	4	5	6 trifft überhaupt nicht zu
15	...war für das gesamte Verständnis hilfreich.						
16	...war interessant.						
	Die Arbeit mit dem Smartphone (Lernapps)...	1 trifft völlig zu	2	3	4	5	6 trifft überhaupt nicht zu
17	...war für das gesamte Verständnis hilfreich.						
18	...war interessant.						
	Die Expertengespräche...	1 trifft völlig zu	2	3	4	5	6 trifft überhaupt nicht zu
19	...waren für das gesamte Verständnis hilfreich.						
20	...waren interessant.						
21	...konnten mir einen Einblick in MINT-Berufe ermöglichen.						
	Die Exkursionen zu außerschulischen Lernorten...	1 trifft völlig zu	2	3	4	5	6 trifft überhaupt nicht zu
22	...waren für das gesamte Verständnis hilfreich.						
23	...waren interessant.						
24	...konnten mir einen Einblick in MINT-Berufe ermöglichen.						
	Meine Erwartungen an das MINT-Fach „Geographie-Physik“...	1 trifft völlig zu	2	3	4	5	6 trifft überhaupt nicht zu
25	...wurden im 2. Schulhalbjahr „Geographie“ der Jahrgangsstufe 9 erfüllt.						

Schuljahr 2019/20 – Jahrgangsstufe 9 – 3. Wahljahrgang – 1. Schulhalbjahr „Physik“ 3



Es fiel mir leicht, dem Unterricht zu folgen,

Ja

...weil (Mehrfachnennungen möglich!)

mich die Unterrichtsthemen interessieren.

die Satellitenbilder/ISS-Bilder für das gesamte Verständnis hilfreich sind.

die Aufgabenstellungen der Lernmodule/Lernapps verständlich erklärt sind.

ich durch fächerverbindenden Unterricht die Inhalte besser verstehe.

Sonstiges:

.....

Nein

...weil

.....

Schuljahr 2019/20 – Jahrgangsstufe 9 – 3. Wahljahrgang – 1. Schulhalbjahr „Physik“ 4



Was hast Du Neues gelernt?

.....
.....

Was hast Du nicht verstanden?

.....
.....

Was würde Dich noch zusätzlich interessieren?

.....
.....

Was hättest Du Dir für das erste Schulhalbjahr im Teilbereich „Physik“ in der Jahrgangsstufe 9 noch gewünscht?

.....
.....

Was möchtest Du sonst noch sagen?

.....
.....

Vielen Dank für Deine Mitarbeit! ☺

D.5 Erhebung 4 – 2. Schulhalbjahr „Geographie“ – Jahrgangsstufe 9



Fragebogen

Liebe Schülerin, lieber Schüler,

bei diesem Fragebogen handelt es sich nicht um einen Test. Ich möchte vielmehr Deine Meinung zum 2. Schulhalbjahr „Geographie“ des neuen Differenzierungsfaches „Geographie-Physik“ in der Jahrgangsstufe 9 sowie Deine Meinung zu den zwei Schuljahren des neuen MINT-Faches erfahren. Nimm Dir einige Minuten Zeit, die folgenden Fragen in Ruhe zu beantworten.
 Vielen Dank für Deine Mitarbeit und Deine Rückmeldung ☺.

C. Müller

Du bist...

eine Schülerin

ein Schüler

Kreuze bitte die für Dich zutreffenden Antworten an:
 1 bedeutet „trifft völlig zu“, 6 bedeutet „trifft überhaupt nicht zu“.

Die FIS-Lernmodule...		1	2	3	4	5	6
		trifft völlig zu					trifft überhaupt nicht zu
1	...sind interessant aufgebaut.						
2	...haben einen logischen Aufbau.						
3	...sind verständlich.						
4	...sind zu schwer.						
Die Aufgabenstellungen und Arbeitsanweisungen der FIS-Lernmodule...		1	2	3	4	5	6
		trifft völlig zu					trifft überhaupt nicht zu
5	...sind verständlich formuliert.						
Die Satellitenbilder...		1	2	3	4	5	6
		trifft völlig zu					trifft überhaupt nicht zu
6	...sind für das gesamte Verständnis hilfreich.						
7	...sind interessant.						

Schuljahr 2019/20 – 3. Wahljahrgang – Jahrgangsstufe 9 – 2. Schulhalbjahr „Geographie“ 1



Die Live-Bilder/-Videos von der ISS...		1	2	3	4	5	6
		trifft völlig zu					trifft überhaupt nicht zu
8	...sind für das gesamte Verständnis hilfreich.						
9	...sind interessant.						
Die Arbeit mit BLIF...		1	2	3	4	5	6
		trifft völlig zu					trifft überhaupt nicht zu
10	...war einfach.						
Die Arbeit mit der App „Im Auge des Sturms“...		1	2	3	4	5	6
		trifft völlig zu					trifft überhaupt nicht zu
11	...war einfach.						
Die Unterrichtsmaterialien in Kombination mit der App „Im Auge des Sturms“...		1	2	3	4	5	6
		trifft völlig zu					trifft überhaupt nicht zu
12	...sind interessant aufgebaut.						
13	...haben einen logischen Aufbau.						
14	...sind verständlich.						
15	...sind zu schwer.						
Die digitalen Unterrichtsmaterialien...		1	2	3	4	5	6
		trifft völlig zu					trifft überhaupt nicht zu
16	...waren für den digitalen Unterricht auf Distanz im Corona-Schuljahr hilfreich.						
Meine Erwartungen an das Fach „Geographie-Physik“...		1	2	3	4	5	6
		trifft völlig zu					trifft überhaupt nicht zu
17	...wurden im 2. Schulhalbjahr „Geographie“ der Jahrgangsstufe 9 erfüllt.						

Schuljahr 2019/20 – 3. Wahljahrgang – Jahrgangsstufe 9 – 2. Schulhalbjahr „Geographie“ 2



Was hast Du Neues gelernt?

.....

.....

.....

Was hast Du nicht verstanden?

.....

.....

.....

Was würde Dich noch zusätzlich interessieren?

.....

.....

.....

Was hättest Du Dir für das zweite Schulhalbjahr im Teilbereich „Geographie“ in der Jahrgangsstufe 9 noch gewünscht?

.....

.....

.....

Welche Erwartungen hattest Du vor der Wahl des Differenzierungskurses an das neue MINT-Fach „Geographie-Physik“?

.....

.....

.....

Haben sich Deine Erwartungen an das neue MINT-Fach „Geographie-Physik“ nun nach Ablauf der zwei Schuljahre erfüllt?

Ja

Nein

Schuljahr 2019/20 – 3. Wahljahrgang – Jahrgangsstufe 9 – 2. Schulhalbjahr „Geographie“ 3



Kreuze bitte die für Dich zutreffenden Antworten an:
 1 bedeutet „trifft völlig zu“, 6 bedeutet „trifft überhaupt nicht zu“.

Meine Erwartungen an das neue MINT-Fach „Geographie-Physik“...		1	2	3	4	5	6
		trifft völlig zu					trifft überhaupt nicht zu
18	...wurden nach Abschluss der zwei Schuljahre erfüllt.						

Was sollte in jedem Fall beibehalten werden?

.....

.....

.....

Was sollte verbessert werden?

.....

.....

.....

Was möchtest Du sonst noch sagen?

.....

.....

.....

Meine LK-Erstwahl für die Oberstufe enthält das Fach:

Geographie

Physik

das MINT-Fach

ein anderes Fach.

Vielen Dank für Deine Mithilfe! ☺

Schuljahr 2019/20 – 3. Wahljahrgang – Jahrgangsstufe 9 – 2. Schulhalbjahr „Geographie“ 4

Anhang E: Unterrichtsmaterialien zur Fernerkundung/Erdbeobachtung

E.1 digital-partizipatives Lernsetting

- Fernerkundung in Schulen (FIS): <https://www.fis.uni-bonn.de/node/22>
- Columbus Eye – Live-Bilder von der ISS im Schulunterricht:
- <http://columbuseye.rub.de>
- European Space Education Ressource Office (ESERO): <http://www.esero.de>
- LEOWorks: <http://leoworks.terrasigna.com>
- Geo:spektiv: <https://www.geospektiv.de/?redirect=true>
- BLIF – Blickpunkt Fernerkundung: <https://server2.blif.de/login>
- SEOS – Science through Earth Observation for High-Schools: <https://seos-project.eu>

E.2 Zusatzmaterialien zur Fernerkundung/Erdbeobachtung

- DLR_next – Jugendportal des DLR: Schülerwettbewerbe, Unterrichtsmaterial, Multimedia: <https://www.dlr.de/next>
- Praxis Geographie, Jg. 47, H. 3, (2017): Fernerkundung. Satellitenbilder im Geographieunterricht (Westermann) Braunschweig.
- Schüler- und Lehrerbrochüre zur Fernerkundung für die Schulfächer Geographie & Physik: https://www.dlr.de/next/desktopdefault.aspx/tabid-7173/11936_read-28173/
- Unterrichtsmaterial der ESA für Schüler und Lehrer: <https://www.esa.int/Education>

Anhang F: Publikationsliste

- LINDNER, C., MÜLLER, C., HODAM, H., JÜRGENS, C., ORTWEIN, A., SCHULTZ, J., SELG, F., WEPPLER, J. & A. RIENOW (2018): From Earth to Moon and beyond – Immersive STEM Education based on Remote Sensing Data. In: 69th International Astronautical Congress (IAC), Bremen, Germany, 1–5 October 2018, 1–9.
- LINDNER, C., MÜLLER, C., HODAM, H., JÜRGENS, C., ORTWEIN, A., SCHULTZ, J., SELG, F. & A. RIENOW (2019): Expanding STEM Education in Secondary Schools: An Innovative Geography-Physics Course Focusing on Remote Sensing. In: GI_Forum 2019, Vol. 7 (2), 153–162.
- LINDNER, C., MÜLLER, C., ORTWEIN, A., HODAM, H., JÜRGENS, C., SCHULTZ, J., SELG, F. & A. RIENOW (2019): Das Klassenzimmer im Weltraum – Anwendungen zur Erdbeobachtung zwischen Realität und Virtualität. In: KERSTEN, T. (Hrsg.): Publikationen der DGPF e. V. (28), S. 241–255.

Vorstellung des MINT-Differenzierungsfaches "Geographie-Physik" auf der 11. Bildungskonferenz des Rhein-Sieg-Kreises (21. November 2019):

- <https://www.hennefer-modell.de/wp-content/uploads/2019/10/Übersicht-Workshops-und-Vorträge.pdf> (Stand: 11.03.21).
- https://www.rhein-sieg-kreis.de/bk-2019/13_Einfuehrung_eines_neuen_MINT-Differenzierungsfaches_Geographie-Physik.pdf (Stand: 11.03.21).

F.1: Vorstellung des MINT-Differenzierungsfaches "Geographie-Physik" auf der 11. Bildungskonferenz des Rhein-Sieg-Kreises (21. November 2019):

- <https://www.hennefer-modell.de/wp-content/uploads/2019/10/Übersicht-Workshops-und-Vorträge.pdf> (Stand: 11.03.21).

Nr.	Titel	Unternehmen/ Institution	Kooperation mit	Kurzbeschreibung
1	Augmented Reality in der Schweißtechnik	Gerhard Sandbrink, Georg-Kerschensteiner-Berufskolleg Troisdorf-Sieglar	Anke Richter, Allan Gray, WeldPlus GmbH	Soldamatic ist eine digitale Trainingslösung für Schweißerqualifizierungen. Unter Einsatz von Augmented Reality (AR) Technologie werden Fachkräfte von Morgen schnell, effizient, kostengünstig und mit modernsten Lehr- und Lernkonzepten qualifiziert. Neue pädagogische Konzepte ermöglichen individualisiertes, passgenaues und effektives Training des einzelnen Teilnehmers. Theorie und Praxis werden aufeinander aufbauend vermittelt - Integriertes DVS-angelehntes Lehrmaterial mit modernster Simulationstechnologie führt zum bestmöglichen Trainingserfolg. Soldamatic ist eine attraktive AR-basierte Technologie, die vor allem auch junge Menschen anspricht.
2	Scannen und Verarbeiten von Produkten mit Freiformoberflächen (3D-Druck)	Detlev Elsinghorst, Georg-Kerschensteiner-Berufskolleg Troisdorf-Sieglar		Mit Hilfe eines 3D-Scanners werden Produkte/Personen eingescannt, die Daten weiterverarbeitet und auf dem 3D-Drucker reproduziert. Bei diesem Workshop kann durch aktives Ausprobieren erfahren werden, welche Kompetenzen Lernende dazu erwerben müssen.
3	Smart factory - Industrie 4.0	Stefan Vogelsang, Georg-Kerschensteiner-Berufskolleg Troisdorf-Sieglar		Die Prinzipien der „smart factory“ im Sinne von Industrie 4.0 werden an einem einfachen Beispiel erläutert. In der „smart factory“ wird ein Massenprodukt kundenspezifisch individualisiert hergestellt. Die Daten hierfür werden in der Cloud gespeichert und verarbeitet.
4	Digitalisierung im Tischlerhandwerk	Günther Au, Schulleiter Carl-Reuther-Berufskolleg Hennef	Thomas Radermacher, Kreishandwerksmeister, Kreishandwerkerschaft Bonn-Rhein-Sieg	Am Beispiel eines Gesellenstückes im Tischlerhandwerk wird die Prozesskette von der Planung über die Herstellung bis zum fertigen Möbelstück im Verbund von klassisch-handwerklichen wie digitalisierten Arbeitsschritten dargestellt.

Nr.	Titel	Unternehmen/ Institution	Kooperation mit	Kurzbeschreibung
5	Digitale Transformation in der Berufsbildung – Herausforderungen und Umsetzung am Beispiel des neuen Ausbildungsberufes der Kaufleute im E-Commerce	Monika Rosorius, Björn Kettner, Berufskolleg des Rhein-Sieg-Kreises in Siegburg	Alexander Sarellas, Firma PAJ UG - GPS Tracker, Windeck, Prof. Dr. Nicole Naevest, Universität Köln	Der Vortrag veranschaulicht, wie die speziellen Herausforderungen des digitalen Tätigkeitsfeldes der Kaufleute im E-Commerce, im Abgleich mit betrieblichen Prozessen, praxisorientiert in die berufsschulische Unterrichtsorganisation übertragen werden. Verdeutlicht wird dies anhand typischer betrieblicher Handlungsfelder (Online-Sortimentsgestaltung und Online-Marketing) und deren Übersetzung in praxisnahe Unterrichtsszenarien für Auszubildende. In diesen werden digitale Schlüsselkompetenzen in multimedial angelegte Lernprozesse integriert und vermittelt.
6	E-Business als Unterrichtsfach im Differenzierungsbereich der Höheren Handelsschule in Zusammenarbeit mit dem Verband der Internetwirtschaft	Beate Buttke, Stellvertretende Schulleiterin, Berufskolleg des Rhein-Sieg-Kreises in Bonn-Duisdorf	Matthias Kurzahls, ECO – Verband der Internetwirtschaft	Das Unterrichtsfach E-Business wird seit August 2017 im Differenzierungsbereich der Höheren Handelsschule als Schwerpunkt angeboten. Der Unterricht basiert auf dem modular aufgebautem Kurs CEBRA (Counselor for E-Business Related Assignments), eine Initiative zur Vermittlung von E-Business Kompetenzen. Initiiert durch ECO und koordiniert von Herrn Kurzahls werden handlungsorientierte Lernmodule für die Vermittlung von E-Business Know-how bereitgestellt. In diesem Workshop erläutern wir Ihnen das Unterrichtskonzept.
7	Praktische Industrie 4.0 - Maschine mit dem Handy steuern <u>Hinweis:</u> Eigener Laptop erforderlich!	Prof. Ingo Groß, Hochschule Bonn-Rhein-Sieg		Mit einfachen und günstigen Komponenten lassen sich spannende elektronische Versuche aufbauen und programmieren, die moderne Kommunikation über das Internet nutzen. Bitte eigenen Laptop mitbringen. Es muss eine Admin-Berechtigung vorhanden sein, die erlaubt, den Laptop in ein neues WLAN einzuloggen.
8	Der Laborführerschein - ein Kooperationsprojekt zur beruflichen Orientierung	Dr. Georg Rajca, Deutsches Museum Bonn mit Schülerinnen und Schülern der Gesamtschule Königswinter-Oberpleis	Jürgen Schließer, Firma LyondellBasell, Wesseling	Die Inhalte des Laborführerscheinprojektes sowie die Workshops mit Laborführerscheinelementen werden vorgestellt. Der »Laborführerschein Experimentierküche« nutzt den außerschulischen Lernort zur Berufsorientierung. Er verknüpft naturwissenschaftliche Inhalte mit Berufsorientierungsprozessen und wendet sich an Lernende ab der 8. Klasse. Zur Anschauung werden verschiedene Stationen aus dem Projekt aufgebaut. Die Teilnehmenden haben Gelegenheit, Fragen zu stellen und/oder selber etwas auszuprobieren. Das Projekt sowie die Workshops mit Laborführerscheinelementen sind im Rahmen der zdi-BSO-MINT-Angebote förderfähig und von den Schulen kostenlos buchbar.

Nr.	Titel	Unternehmen/ Institution	Kooperation mit	Kurzbeschreibung
9	Formel 1 in der Schule. Konstruktion und Fertigung eines Rennwagens	Daniel Schultheiss, Städt. Gymnasium Hennef mit Schülerinnen und Schülern	3D EduWorks	Der Wettbewerb Formel 1 in der Schule wird kurz vorgestellt. Ein zentraler Punkt des Wettbewerbs ist die Konstruktion und die Fertigung eines Miniaturrennwagens. Die Teilnehmer erhalten die Möglichkeit die 3D CAD Software SolidWorks kennenzulernen und einfache Modelle zu konstruieren. Diese können anschließend mit einem 3D-Drucker gefertigt werden.
10	Hacker-Praktikum <u>Hinweis:</u> Eigener Laptop erforderlich. Informatische Vorkenntnisse sind von Vorteil!	Mischa Meier, Universität Bonn, Institute of Computer Science 4	Claudia Sarver und Schülerinnen und Schüler des zdi-BSO-MINT-Kurses der CJD-Christophoruschule	Für die Entwicklung sicherer Software muss bekannt sein, welche Sicherheitslücken existieren, wie diese entstehen und wie man diese vermeidet. Das Hacker-Praktikum für Schülerinnen und Schüler vermittelt auf spielerische Art und Weise, wie Sicherheitslücken entstehen und warum sie so gefährlich sind. Nach dem Hacker-Praktikum sind die Teilnehmenden in der Lage, Sicherheitslücken in Webanwendungen und Binärprogrammen zu erkennen und zu demonstrieren, wie diese ausgegüt werden können.
11	3D-Druck-Technologie im Mathematikunterricht der Primarstufe	Lutz Killmann, Schulleiter, Grundschule Am Wenigerbach, Neunkirchen-Seelerscheid mit Schülerinnen und Schülern	Prof. Dr. Ingo Witzke, Universität Siegen, Fachbereich Mathematik	Von den am Bildungsbereich beteiligten Gruppen wird eine rasche Umsetzung einer digitalen Revolution im Klassenzimmer erwartet. Den (Mathematik) Lehrerinnen und Lehrern wird dabei die Aufgabe zugeschrieben, sinnstiftende Konzepte und paradigmatische Beispiele zu entwickeln, die im Mathematikunterricht eingesetzt werden können. Dazu wollen wir in diesem Workshop einen Eindruck von dem Einsatz der 3D-Druck-Technologie im Mathematikunterricht (der Primarstufe) vermitteln und an einem konkreten Anwendungsbeispiel auf einige praktische Umsetzungsperspektiven eingehen.
12	Bildungsinitiative „Robotik 4.0“ – Gedanken zur Ausweitung des „hdg-Y-Konzepts“ auf weitere Schulen	Hans Werner Meurer, Christian Zimbelmann, Hans-Dietrich-Genscher-Schule Wachtberg mit Schülerinnen und Schülern	Torben Schäfer, Manager YASKAWA Akademie, YASKAWA Europe GmbH (Eschborn)	Nach einem Impulsvortrag, einigen Informationen zum Projekt und einem kurzen Video steht Ihnen Zeit zum Anfassern und Ausprobieren zur Verfügung. Einige unserer Schülerinnen und Schüler und wir werden Ihnen bei den verschiedenen Projektbausteinen zur Seite stehen (Scratch, Calliope, Lego, Industrieroboter) und auch gerne Fragen zum Projekt „Robotik 4.0“ beantworten. Als Highlight dürfen Sie sich an die Programmierung und Steuerung eines Industrieroboters von Yaskawa wagen.

Nr.	Titel	Unternehmen/ Institution	Kooperation mit	Kurzbeschreibung
13	Einführung des neuen MINT-Differenzierungsfaches „Geographie-Physik“ in der Sekundarstufe I in Kooperation mit Wissenschaft und Forschung	Christina Müller, Gymnasium Siegburg Alleestraße mit Schülerinnen und Schülern	Dr. Andreas Rienow: ESERO Germany, Claudia Lindner, Geomatics Research Group, Geographisches Institut der Ruhr-Universität Bochum	In Kooperation mit der AG Fernerkundung der Universität Bonn und der AG Geomatik der Ruhr-Universität Bochum und des European Space Education Resource Office (ESERO) werden digitale Unterrichtsmaterialien wie Apps und Live-Bilder von der Internationalen Raumstation ISS im neuen MINT-Schulfach eingesetzt und erprobt, um den Austausch zwischen Schulpraxis und universitärer Lehre und Forschung zu fördern und zukunftsfähigen MINT-Unterricht anbieten zu können. Im Workshop werden die Voraussetzungen für die Implementation eines neuen MINT-Differenzierungsfaches in Verbindung mit universitären Kooperationen erläutert und digitale Unterrichtssequenzen wie am Beispiel der App „Aralkum“ vorgestellt.
14	Kommunale Medienentwicklungsplanung im Dialog	Wolfgang Wirtz, Co-Leitung Kompetenzteam des Rhein-Sieg-Kreises, Medienberater	Kurt Löhr, IT-Abteilung, Hennef Josefine Dedenbach, Fachdienstleitung Schule und Bildungsplanung Sankt Augustin und Brigitte Kelnhofer, Medienentwicklungsplanerin, Sankt Augustin	Medienkonzept Schulen und Ausstattung Schulträger – Erörterung von zwei Beispielen guter Praxis für die Umsetzung: 1: Mit Kurt Löhr im Gespräch über „Medienkonzepte der Schulen, Medienentwicklungsplanung der Stadt Hennef und Jahresinvestitions-Gespräche der Stadt Hennef mit den Schulen. 2: Bei der Stadt Sankt Augustin wurde im Jahr 2018 der Prozess zur Medienentwicklungsplanung für die städt. Schulen angestoßen. Die erforderlichen politischen Entscheidungen wurden herbeigeführt und die Rahmenbedingungen geschaffen. Es wurden Strukturen geschaffen, in denen der Schulträger zusammen mit Vertretern der Schulen, Politik, Stadtschulpflegschaft und Schülervertretung den Prozess der Digitalisierung der Schulen voranbringt. Die Gestaltung des Prozesses und die damit verbundenen Handlungsfelder werden im Rahmen des Workshops mit den Teilnehmern beleuchtet und diskutiert.
15	Online-Angebote des Medienzentrums für Schulen	Wolfgang Dax-Romswinkel, Co-Leitung Kompetenzteam des Rhein-Sieg-Kreises, Medienberater	Christoph Schlug, Albert-Einstein-Gymnasium Sankt Augustin	Seit dem Jahr 2004 bietet das Medienzentrums des Rhein-Sieg-Kreises im Rahmen einer Online-Bereitstellung allen Schulen im Kreisgebiet zahlreiche speziell für den Schulunterricht produzierte Medien – hauptsächlich Filme – zur kostenlosen Nutzung per Download oder Streaming an. Die Medien können Schülerinnen und Schülern nach Vorauswahl durch die Lehrkräfte online wie offline auch für das häusliche Lernen zur Verfügung gestellt werden. Eine neue Offline-App für alle wichtigen Systemplattformen stellt eine weitere Erleichterung und Funktionserweiterung der Nutzung dar.

F.2: Vorstellung des MINT-Differenzierungsfaches "Geographie-Physik" auf der 11. Bildungskonferenz des Rhein-Sieg-Kreises (21. November 2019):

- https://www.rhein-sieg-kreis.de/bk-2019/13_Einfuehrung_eines_neuen_MINT-Differenzierungsfaches_Geographie-Physik.pdf (Stand: 11.03.21).

Schulentwicklung durch digitalen MINT-Unterricht in Kooperation mit Wissenschaft und Forschung

Das GSA als Pionierschule stellt das neue MINT-Differenzierungsfach „Geographie-Physik“ in Kooperation mit dem *European Space Education Resource Office (ESERO) Germany* auf der Bildungskonferenz vor

„Mind the gap! – Gemeinsam lernen und die Zukunft gestalten.“ In Anlehnung an das diesjährige Thema der Bildungskonferenz des Rhein-Sieg-Kreises konnte das Gymnasium Siegburg Alleestraße (GSA) im Rahmen eines Workshops den Teilnehmenden der Konferenz aufzeigen, welches Lern- und Gestaltungspotential in langjährigen Kooperationen mit universitären Partnern steckt, um den stetig neuen Anforderungen der Weiterentwicklung digitaler Technologien für den MINT-Unterricht gerecht werden zu können.

Am GSA wurden seit dem Schuljahr 2016/17 die Themen Fernerkundung und Raumfahrt durch die Einführung des neuen MINT-Differenzierungsfaches „Geographie-Physik“ in den Schulunterricht implementiert. In Kooperation mit der AG Fernerkundung der Universität Bonn, der AG Geomatik der Ruhr-Universität Bochum (RUB) und des *European Space Education Resource Office Germany* (ESERO) werden digitale Unterrichtsmaterialien wie Apps oder Live-Bilder von der Internationalen Raumstation ISS im neuen interdisziplinären MINT-Schulfach eingesetzt und erprobt, um den Austausch zwischen Schulpraxis und universitärer Lehre und Forschung zu fördern und zukunftsfähigen MINT-Unterricht anbieten zu können.

Im Workshop auf der Bildungskonferenz konnten nun die Teilnehmenden aktiv miterleben, was eine langjährig „gelebte“ Kooperation in Verbindung mit der Einführung des neuen MINT-Differenzierungsfaches für die Schulentwicklung im MINT-Bereich des GSA ermöglichen konnte. Ob regelmäßige Exkursionen zu den Kooperationspartnern, Lernen an außerschulischen Lernorten, die Teilnahme an verschiedenen MINT-Veranstaltungen oder sogar eine Videokonferenz mit Astronauten auf der ISS: Die Synergieeffekte der gemeinsamen Kooperationen in Verbindung mit dem neuen Schulfach können als Anregung für mögliche Kooperationsprojekte in der Bildungsregion des Rhein-Sieg-Kreises dienen.

Die Geographielehrerin und Initiatorin des neuen MINT-Faches am GSA, Christina Müller, wendete die von der AG Geomatik der RUB entwickelte Lernapp „Aralkum“ des Projektes „Columbus Eye“ gemeinsam mit den Besuchern des Workshops und Schülerinnen und Schülern des neuen MINT-Schulfaches an, während die wissenschaftliche Mitarbeiterin und Doktorandin der AG Geomatik der RUB, Claudia Lindner, neben der Präsentation der entwickelten digitalen Unterrichtsmaterialien mit *Augmented Reality*-Elementen für den MINT-Unterricht auch die Aufgaben, Ziele und Angebote von ESERO an der RUB vorstellte. Dass die Einführung des neuen MINT-Differenzierungsfaches „Geographie-Physik“ am GSA in Verbindung mit den Kooperationsvereinbarungen mit Wissenschaft und Forschung einen deutlichen Mehrwert für den Schulunterricht bereithält, konnten letztendlich die Erfahrungen und Aussagen der Schülerinnen und Schüler deutlich machen. „*Ich habe das Fach gewählt, weil die Themen Fernerkundung und Raumfahrt in keinem anderen Schulfach besprochen werden wie im neuen MINT-Schulfach an unserer Schule [...]*“ erklärte beispielsweise Maximilian Brenner aus der 8a, der das neue Wahlpflichtfach in diesem Schuljahr gewählt hat. „*[...] die Begeisterung, als eine der Ersten bei Pilotprojekten mit neuen Unterrichtsmaterialien zum Thema Weltraum im Schulunterricht mitwirken zu können [...]*“ ergänzte dabei Amelie Glaw aus der Q1, die als eine der ersten Schülerinnen am GSA die Möglichkeit hatte, das neue MINT-Differenzierungsfach vor vier Schuljahren wählen zu können. Das Schulfach Geographie gehört – auch noch in der Oberstufe – zu ihrer abiturrelevanten Fächerwahl. Geographie-Physik-sei-Dank!

Text: Christina Müller & Claudia Lindner

Links:

- Gymnasium Siegburg Alleestraße (GSA):
<http://www.gymnasium-alleestrassen.de>
- Das neue MINT-Differenzierungsfach „Geographie-Physik“ am GSA:
<http://www.gymnasium-alleestrassen.de/fachbereiche/mint-faecher/geographie-mit-physik.html>
- „Vom Weltall ins Klassenzimmer“:
<http://gymnasium-alleestrassen.de/aktuelles/801-vom-weltall-ins-klassenzimmer.html>
- ESERO Germany – Veranstaltungen und Materialien rund um die Raumfahrtbildung in Deutschland:
<http://esero.de/>
- Columbus Eye – Live-Bilder von der ISS im Schulunterricht, mit vielen Highlight-Videos und Lernmaterialien zur Erdbeobachtung von der ISS:
<http://columbuseye.rub.de/>
- Fernerkundung in Schulen – Lernmaterialien zur Fernerkundung für Anfänger und Fortgeschrittene:
<http://fis.rub.de/>
- Die Augmented-Reality-App „Columbus Eye“ zu den Lernmaterialien der gleichnamigen Webseite:
<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ColumbusEye.Main&hl=de>