

**Analyse des Einflusses einer strukturierten
Befunderhebung auf die Präzision von
Ultraschallbefunden des Kopf-Hals-Bereichs**

Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades (Dr. med.)
der Medizinischen Fakultät
der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität
Bonn

Christoph Julian Klaus Fischer, geb. Raczeck

aus Köln

2026

Angefertigt mit der Genehmigung
der Medizinischen Fakultät der Universität Bonn

1. Gutachter: PD Dr. med. Benjamin Philipp Ernst
2. Gutachter: Prof. Dr. Julian A. Luetkens

Tag der Mündlichen Prüfung: 19.03.2026

Aus der Klinik und Poliklinik für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde

Für meine Eltern Ruth und Bruno und meine Frau Hannah

Inhaltsverzeichnis

	Abkürzungsverzeichnis	6
1.	Einleitung	7
1.1	Die Sonographie	8
1.2	Die Geschichte der Sonographie	8
1.3	Physikalische Grundlagen des Ultraschalls	11
1.4	Technische Aspekte der Ultraschalldiagnostik	12
1.5	Sonographische Diagnostik der Kopf-Hals-Region	13
1.6	Qualitätskriterien medizinischer Befunde	14
1.7	Der aktuelle Stand der strukturierten Befunderhebung und ihre Perspektiven	17
2.	Material und Methoden	24
2.1	<i>Studiendesign</i>	24
2.1.1	Materialien	25
2.2	Allgemeiner Ablauf der Befunderhebung	30
2.2.1	Ablauf der konventionellen Befunderhebung	31
2.2.2	Ablauf der strukturierten Befunderhebung	31
2.2.3	Auswertung der FTR und SR	34
2.3	Statistische Methodik	35
2.3.1	Berechnung der Stichprobengröße	35
2.3.2	Statistische Analyse	35
3.	Ergebnisse	37
3.1	Inferenzstatistik und Studiengrundcharakteristika	37
3.2	Vollständigkeit und Präzision der einzelnen Befundgruppen	39
3.3	Korrelation und lineare Regressionsanalyse	42
4.	Diskussion	43
5.	Zusammenfassung	57
6.	Abbildungsverzeichnis	59
7.	Tabellenverzeichnis	61
8.	Literaturverzeichnis	62
9.	Erklärung zum Eigenanteil	73
10.	Danksagung	75

Abkürzungsverzeichnis

HNO	Hals-Nasen-Ohrenheilkunde
FTR	<i>free text reporting</i> , konventionelle Befunderhebung
SR	<i>structured reporting</i> , strukturierte Befunderhebung
DEGUM	Deutsche Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin e.V.
CPU	<i>Central Processing Unit</i>
SD	<i>standard deviation</i> , Standardabweichung
IRR	<i>interrater reliability</i> , Interrater Reliabilität
KI	Künstliche Intelligenz
IT	Informationstechnologie
BDA	<i>Big Data</i> Analysen
KIS	Krankenhausinformationssystem
PACS	<i>Picture Archiving and Communication System</i>
RIS	Radiologieinformationssystem
HL7	<i>Health Level 7</i>
DSGVO	Datenschutz-Grundverordnung
NNH	Nasennebenhöhle
NNH-OP	Nasennebenhöhlenoperation
VAS	Visuelle Analogskala
SOP	<i>Standard Operating Procedure</i> , standardisierte Operationsplanungen

1. Einleitung

Die Sonographie ist ein zentrales Diagnostikum in der Hals-Nasen-Ohrenheilkunde (HNO) und wird als Goldstandard durchschnittlich zehn bis zwölfmal pro Tag von HNO-Ärzten verwendet (Heyduck et al., 2018; Weimer et al., 2022). Trotz dieser hohen Relevanz werden Befunde von Ultraschalluntersuchungen zum jetzigen Zeitpunkt größtenteils immer noch in einem Freitextformat (*free text reporting*, FTR) verfasst, oftmals sogar noch handschriftlich erstellt (Pinto Dos Santos & Baessler, 2018). Ein Format, das viele Mängel mit sich bringt: fehlende Standardisierung, unzureichende Vollständigkeit, nicht ausreichende Lesbarkeit, zeitaufwändig und schlechte Vergleichbarkeit (Ernst et al., 2021; Ernst, Katzer, et al., 2019; Ernst, Reissig, et al., 2020). Ungünstige Voraussetzungen, um der komplexen Diagnostik der Kopf-Hals-Region gerecht zu werden, welche durch stetig weiterentwickelnde und zunehmend komplexer werdende Parameter umfangreicher wird (Brierley et al., 2016; Orlandi et al., 2019). Zusätzlich ist die korrekte Dokumentation für Ärzte durch juristische Verankerungen wie im §57 des Bundesmantelvertrag-Ärzte, §10 Absatz 2 der Ultraschallvereinbarung oder im §10 der Musterberufsordnung – Ärzte, verpflichtend, was eine weitere Herausforderung an Ärzte im klinischen Alltag stellt (Ärzttekammern, 2018; Bundesvereinigung, 2008, 2025). Um die vorhandenen Mängel konkret zu adressieren und die korrekte Dokumentation zu gewährleisten, könnte eine strukturierte Befundung (*structured reporting*, SR) in vielen medizinischen Disziplinen die Lösung sein. Durch solche Systeme bieten sich viele Vorteile, die speziell in der HNO durch Ernst et al. auf vielen Ebenen auf ihre Verbesserungspotentiale untersucht wurden. Unter anderem wurde in der Literatur eine verbesserte zeitliche Effizienz, Vollständigkeit und hilfreiche Unterstützung in Lehre von Studierenden und Weiterbildungsassistenten beschrieben (Ernst et al., 2021; Ernst, Katzer, et al., 2019; Ernst, Reissig, et al., 2020). Zusätzlich lässt sich ein großes Potential in den digitalen und semantisch standardisierten SR-Daten für *Big-Data-Analysen* (BDA) und maschinelles Lernen durch ihre hohe Interrater Reliabilität (IRR) vermuten (Ernst et al., 2021). In dieser Dissertation erfolgt daher die systematische Untersuchung eines bislang weniger beachteten Aspekts: Wird die inhaltlichen Präzision durch SR-Befundung im Vergleich zur FTR-Befundung verbessert? Eine weitere Zielsetzung dieser Dissertation soll es sein, die vielen in der Literatur beschriebenen

Erkenntnisse dieser Dokumentationsform zu vereinen und eine zukünftige Perspektive zu beleuchten.

1.1 Die Sonographie

Ultraschall bezeichnet Schallwellen mit einer Frequenz oberhalb des für das menschliche Ohr hörbaren Bereichs, das heißt über 20.000 Hz. (Moore & Copel, 2011). In den letzten siebenzig Jahren hat sich die diagnostische Sonographie zu einem unverzichtbaren bildgebenden Verfahren entwickelt, das eine nicht-invasive Untersuchung nahezu sämtlicher Körperregionen ermöglicht (Rajamani et al., 2024). Derzeit ist sie an schätzungsweise einem Drittel aller weltweit durchgeführten bildgebenden medizinischen Untersuchungen beteiligt (Rajamani et al., 2024) und stellt damit das am häufigsten angewandte bildgebende Verfahren in der Medizin dar (Kaproth-Joslin et al., 2015).

Vor dem Hintergrund dieser Eigenschaften bietet die Sonographie gegenüber anderen bildgebenden Verfahren erhebliche Vorteile, da sie nicht-invasiv, kostengünstig und nahezu universell in verschiedenen medizinischen Fachbereichen einsetzbar ist.

1.2 Die Geschichte der Sonographie

Die Grundlagen der Sonographie lassen sich auf tierexperimentelle Beobachtungen von L. Spallanzani aus dem Jahr 1793 zurückführen. In seinen Versuchen konnte er nachweisen, dass Fledermäuse auch ohne visuellen Sinn zur räumlichen Orientierung fähig sind. Durch das gezielte Ausschalten der Seh- bzw. Hörfähigkeit leitete er die Hypothese eines orientierungsrelevanten Schallsinns ab (Kane et al., 2004).

Der experimentelle Nachweis eines solchen Ultraschallsinns gelang 1939 durch D. Griffin und R. Galambos, die mit einem Schalldetektor die von Fledermäusen ausgesandten Ultraschallwellen registrierten. Auf dieser Grundlage beschrieben sie erstmals das Prinzip der Echoortung (Rajamani et al., 2024).

Für die Entwicklung der Sonographie ist ein weiteres, essenzielles physikalisches Grundprinzip nennenswert. Das von dem österreichischen Mathematiker und Physiker C. Doppler um 1842 beschrieben wurde. Dieses, nach ihm selbst benannte Prinzip, beschreibt die Veränderung von Schallfrequenzen während der Bewegung von Schallquelle zu Schallempfänger. Bei einer Bewegung der Schallquelle auf den Schallempfänger zu, wird die Frequenz in Herz, abhängig von der relativen

Geschwindigkeit der bewegten Schallquelle gestaucht und damit in der Frequenz als höher war genommen. Durch die Stauchung ist nicht nur das subjektive Schallempfinden verändert, sondern ebenfalls wird die Frequenz in Herz erhöht. In der Bewegung von dem Schallempfänger weg, verhält es sich mit der Frequenz durch Dehnung umgekehrt. Dieses Phänomen bildet die physikalische Grundlage der später entwickelten Doppler-Sonographie (Kaproth-Joslin et al., 2015) und ermöglichte den naturwissenschaftlichen Ansatz der Sonographie.

Die bis hierhin noch fehlende technische Grundlage für die Anwendung von Ultraschall, wurde 1880 durch die Entdeckung des piezoelektrischen Effekts durch P. und J. Curie, sowie G. Lippmann geschaffen. Der Effekt ermöglicht sowohl die Erzeugung als auch die Detektion von Ultraschallwellen und stellte damit eine wesentliche Voraussetzung für die Entwicklung der medizinischen Ultraschalldiagnostik dar (Rajamani et al., 2024).

Der medizinische Kontext dieser Technologie, wurde jedoch vernachlässigt und die technologische Weiterentwicklung erfolgte zunächst im militärischen Kontext. Insbesondere durch die Entwicklung von Echolotverfahren zur U-Boot-Ortung während des Zweiten Weltkriegs (Donald, 1974).

Die erste dokumentierte medizinische Anwendung von Ultraschall erfolgte 1947 durch K. Th. Dussik. Er modifizierte ein Sonarsystem, welches zuvor militärisch genutzt worden war, so um, dass er die Seitenventrikel im Cranium auf wärmeempfindlichem Papier darstellen konnte. Mit dieser, von ihm selbst genannten, Hyperphonographie erbrachte Dussik den ersten Nachweis für den Einsatz von Ultraschall in der medizinischen Diagnostik (Dussik, 1954).

Weitere technische Entwicklung der Sonographie im medizinischen Kontext wurde 1949 durch G. Ludwig in Pennsylvania vorangetrieben. Er stellte das erste Impulsechoverfahren vor, das die Grundlage für die spätere A-Scan-Technik bildete. Mithilfe dieses Verfahrens gelang ihm die Detektion von Gallenblasensteinen in vivo mit einer Sensitivität von 85 %. Was jedoch wesentlich bedeutender in seinen Arbeiten war, waren bedeutende Daten zur Bestimmung der Ausbreitungsgeschwindigkeit von Ultraschallwellen in verschiedenen Weichteilgeweben des Menschen, womit er essenzielle Erkenntnisse für die Anwendung der Sonographie in der medizinischen Diagnostik schuf (Kaproth-Joslin et al., 2015).

Nennenswerte Weiterentwicklungen der Sonographietechnik wurde durch D. Howry und J. Holmes vollbracht. Sie entwickelten den B-Mode. Dieser B-Mode erlaubt es in der heutigen Medizin eine Echtzeitdarstellung des zu untersuchenden Areals. Diese erstmalige Durchführung gelang ihnen unter Verwendung eines motorgesteuerten Schallkopfes, dessen Sende- und Empfangsrichtung während der Bewegung automatisch, mechanisch und oszillierend variiert wurde. Dieses Verfahren, wurde als „*compounding*“ bezeichnet. Das „*Compounding*“-Prinzip ermöglichte es aus verschiedenen Winkeln Informationen zu gewinnen, während der Schallkopf über die zu untersuchende Körperregion geführt wurde und sämtliche erhaltene Informationen in eine Bildgebung verarbeitet. Auf diese Weise konnte ein vollständiges, anatomisches, zweidimensionales Abbild erzeugt und dargestellt werden (Rajamani et al., 2024).

Simultan zu dieser Arbeitsgruppe, konnte J. Wild und J. Reid bereits 1950 verschiedene Wandschichten des Dickdarms im Ultraschall nachweisen. Sie erkannten somit die Möglichkeit mittels Ultraschalldiagnostik Gewebscharakterisierungen vorzunehmen. Diese Entdeckung veranlasste sie dazu ihr Hauptinteresse auf die Diagnostik von Brusttumoren zu fokussieren und 1956 eine Untersuchungsreihe mit einer Sensitivität zur Erkennung von Brusttumoren von 90 % zu publizierten (Wild & Reid, 1952).

Die letzte in diesem Zusammenhang relevante technische Weiterentwicklung wurde 1957 durch J. Donald und T. Brown realisiert. Sie entwickelten den ersten *Contact-Compound-Scanner*, bei dem der Schallkopf nicht mehr in einem Wasserbad geführt werden musste, sondern direkt auf die Haut der zu untersuchenden Person aufgesetzt und manuell bewegt werden konnte. Somit fand das erste Ultraschallgerät, das kommerziell verfügbar war, einen routinierten Einsatz im klinischen Alltag (Rajamani et al., 2024).

Im weiteren Verlauf wurde die Sonographie durch den Fortschritt der Technik, insbesondere im Bereich der Mikroelektronik, sukzessiv weiterentwickelt. Durch den Einsatz von Computerchips wurden kompaktere Geräte ermöglichte entwickelt (Harris & Marks, 2009), während funktionale Erweiterungen wie die Doppler-Sonographie (Hind et al., 2003), die Graustufenbildgebung, Farbdopplerverfahren, Elastographie sowie interventionelle Anwendungen die diagnostischen Möglichkeiten und Einsatzgebiete in der Medizin erheblich erweiterten (Kamaya et al., 2013).

Mit diesen Entwicklungen war die Grundlage für die moderne Sonographie gelegt, deren diagnostisches Potenzial sich durch das Verständnis der zugrunde liegenden physikalischen Prinzipien systematisch erschließt.

1.3 Physikalische Grundlagen des Ultraschalls

Die hochauflösende Ultraschalldiagnostik basiert auf den physikalischen Prinzipien der Schallwellenausbreitung und der Reflexion an Grenzflächen.

Mithilfe eines Schallkopfes, der den piezoelektrischen Effekt nutzt, werden hochfrequente Schallwellen in das zu untersuchende Gewebe ausgesandt und dort reflektiert. Gleichzeitig empfängt der Schallkopf die zurückgeworfenen Echosignale. Das gleichzeitige Senden und Empfangen der Schallwellen ermöglicht es, bei bekannter Schallgeschwindigkeit anhand von Laufzeitdifferenzen und Intensität der reflektierten Wellen, diese in elektrische Signale umzuwandeln. Diese Signale werden anschließend verarbeitet und zu einem Bild überführt (Hofer, 2023).

Wie im Kapitel Geschichte der Sonographie dargestellt, beruhen die gemessenen Laufzeitdifferenzen und Intensitätsschwankungen auf spezifischen Gewebeeigenschaften, insbesondere der sogenannten akustischen Impedanz. Die Impedanz Z ergibt sich aus dem Produkt der Schallgeschwindigkeit c im Medium und dessen Dichte ρ , also $Z = c \cdot \rho$. Sie beschreibt den Widerstand, den das Gewebe der Ausbreitung von Schallwellen entgegensetzt und wird maßgeblich durch die Dichte des Gewebes bestimmt, was eine partielle Reflexion der Schallwellen verursacht (Hofer, 2023). Diese Reflexionsunterschiede werden in der Ultraschalldiagnostik gezielt genutzt, um aus den reflektierten Schallwellen detaillierte Informationen über die Gewebestruktur zu extrahieren. Diese können anschließend durch den zuvor beschriebenen Effekt in ein zweidimensionales Bild, den sogenannten B-Modus, verarbeitet werden (Hofer, 2023).

Die Qualität der erhaltenen Bildinformationen ist wesentlich abhängig von der verwendeten Frequenz (Lawrence, 2007). Durch Umstellen der Schallgeschwindigkeitsformel $c = \lambda \cdot f$ ergibt sich $\lambda = c / f$. Daraus lassen sich die untersuchungsrelevanten Frequenzen ableiten. Hierbei erhalten wir durch eine höhere Frequenz ein höheres Auflösungsvermögen, sprich ein detaillierteres Bild. Allerdings ist die Wellenlänge λ umgekehrt proportional zur Frequenz f , was ein limitierender Faktor

zur Eindringtiefe darstellt, da die Wellenlänge bestimmend für die Eindringtiefe ins Gewebe ist (Lawrence, 2007).

Durch diese Prinzipien ermöglicht die Sonographie einen ubiquitären Einsatz in den verschiedenen Disziplinen der Humanmedizin. Insbesondere die HNO profitiert von den zeitlich und örtlich hochauflösenden Eigenschaften der Ultraschalldiagnostik, um die komplexen und unterschiedlichen anatomischen Strukturen der Kopf- und Halsregion detailliert darzustellen und zu untersuchen (Beach et al., 2010; Moshtaghi et al., 2017).

1.4 Technische Aspekte der Ultraschalldiagnostik

Ultraschallgeräte dienen der Erzeugung, Emission und Detektion hochfrequenter Schallwellen, welche durch Ultraschallsonden ausgesendet, im Körpergewebe reflektiert und anschließend erneut vom Schallkopf aufgenommen werden (Lawrence, 2007). Die empfangenen Signale werden elektronisch verarbeitet und auf einem Monitor in Form eines Ultraschallbildes (Sonogramm) visualisiert. Die grundlegende Funktionsweise ist bei allen Ultraschallsystemen vergleichbar, variiert jedoch hinsichtlich Aufbaus und Komponenten in Abhängigkeit vom jeweiligen Gerätetyp und Anwendungsbereich (Hofer, 2023).

Ein klassisches Ultraschallsystem gliedert sich in drei Hauptkomponenten: Dem Schallkopf, die *Central Processing Unit* (CPU) und dem Monitor (HealthCare, 2024).

Der Schallkopf enthält piezoelektrische Kristalle, die bei Anlegen elektrischer Impulse mechanische Schwingungen erzeugen und damit Schallwellen freisetzen. Die Frequenz dieser Wellen wird maßgeblich durch die physikalischen Eigenschaften der Kristalle bestimmt, insbesondere durch deren Dicke, Anordnung und Materialbeschaffenheit (Mount, 2023). Je nach Einsatzgebiet, vaskulär, abdominell oder im Kopf-Hals-Bereich sind die Sonden unterschiedlich aufgebaut. Aus diesen strukturellen Unterschieden ergeben sich verschiedene Bauformen von Schallköpfen, die an die jeweiligen klinischen Anwendungsgebiete angepasst sind (Fischetti & Scott, 2007).

In der Praxis haben sich unterschiedliche Sondenformen etabliert, abhängig von dem zu untersuchenden Areal und dem gewünschten Tiefenbereich. Zu den gängigen Varianten zählen Linear-, Trapez-, Konvex-, Sektor- sowie Vaginal- und Rektalschallköpfe.

Beispielhaft sei der Linearschallkopf erwähnt, welcher Frequenzen von 5 bis 15 MHz

besitzt. Aufgrund seiner hohen Auflösung wird er vor allem zur Darstellung oberflächennaher Strukturen, wie Lymphknoten oder Halsgefäße verwendet (Mount, 2023) und kam auch bei den in dieser Arbeit verwendeten Bildern von typischen Sonopathologien des Kopf-Hals-Bereichs zum Einsatz.

Die CPU besteht aus dem Ultraschallgerät und dem Analog-Digital-Wandler. Dieser bildet die zentrale Schnittstelle zwischen dem analog arbeitenden Schallkopf und der digitalen Signalverarbeitung und ist verantwortlich sowohl für die Erzeugung der steuernden elektrischen Impulse als auch für die Digitalisierung der empfangenen Echosignale (Lawrence, 2007).

Innerhalb der CPU finden mehrere Verarbeitungsschritte statt.

Dazu zählen die Scankonvertierung, bei der die aufgenommenen Schalllinien geometrisch rekonstruiert und in ein darstellbares, zweidimensionales Bildraster übertragen werden, sowie die Weiterverarbeitung der digitalisierten Signale mittels bildverarbeitender Algorithmen (Lawrence, 2007).

Zusätzlich werden die Funktionen der Benutzeroberfläche, wie Cursor, Menüs und Regleranpassungen von der CPU gesteuert. Zusätzlich stellt sie Mess- und Kalkulationsfunktionen bereit, archiviert Bild- und Videodaten und gibt die Signale für Monitor und Schnittstellen aus (GE HealthCare, 2012).

Der Ausgabemonitor bildet die dritte zentrale Komponente eines Ultraschallsystems. Er besteht aus einem digitalen Display, auf dem die von der CPU verarbeiteten und interpretierten Daten in Form eines Sonogramms visualisiert werden (GE HealthCare, 2012). Diese Bilddarstellung dient dem Untersuchenden als Grundlage für die Befundung.

1.5 Sonographische Diagnostik der Kopf-Hals-Region

Die Kopf-Hals-Ultraschalldiagnostik ist ein maßgeblicher Bestandteil im klinischen Alltag der HNO (Heyduck et al., 2018). Diese Stellung ist durch vielfältige, anatomische Fragestellungen des behandelnden Fachgebietes gegeben. Begründet durch die komplexen, jedoch meist oberflächennahen und somit gut sonographisch zugänglichen Strukturen und Organen in dieser Körperregion (Weimer et al., 2022). Unter Berücksichtigung der Vielzahl an diagnostischen und therapeutischen Fragestellungen, wie die Tumornachsorge nach Kopf-Hals-Malignomen, Diagnostik von zervikalen Speicheldrüsen, sowie Lymphadenopathien und präoperatives Planen, wird ein breites

Spektrum an Können an den Untersuchenden gestellt (Adibelli et al., 1998; Kunzel et al., 2017). Diese Vielseitigkeit in den Fragestellungen, sowie die verpflichtende, ordnungsgemäße und zeitlich unmittelbare zu erfolgende Dokumentation stellt Untersuchende im Klinikalltag vor eine Herausforderung, da diese durch konventionelle FTR nicht ausreichend abgedeckt sein kann (Tuncyurek et al., 2019).

Zusätzlich ist die sonographische Diagnostik der Kopf Hals Region eine Voraussetzung in der Weiterbildungsordnung der Bundesärztekammer. Hiernach wird eine adäquate Untersuchungs- und Befundungssicherheit mit insgesamt 200 Ultraschalluntersuchungen angegeben (Ärzttekammern, 2018). Zusätzlich wird im Ausbildungskatalog der HNO die Darstellung der extrakraniellen Gefäße und sonographische Untersuchungen der Gesichts- und Halsweichteile, sowie der Nasennebenhöhlen benannt. Diese, für die Fachweiterbildung essenziellen, Voraussetzungen werden weiterführend durch die gesetzliche Verpflichtung im Bundesmantelvertrag Ärzte und Musterberufsordnung ergänzt (Bundesvereinigung, 2025).

In vorangegangenen Arbeiten zu diesem Thema wurden bereits die Zeiteffizienz (Ernst et al., 2020b), die IRR (Ernst et al., 2021) und die vorteilhafte Verwendung von SR in Bezug auf die Vollständigkeit der Befunde (Ernst et al., 2020b) untersucht. Fraglich ist jedoch, ob durch die Verwendung von SR eine vorteilhafte inhaltliche Präzision in den Befunden zu finden ist. Ob diese Anforderungen durch konventionelle FTR ausreichend erfüllt ist oder eine Verbesserung durch SR etabliert werden kann, ist Bestandteil dieser Dissertation.

1.6 Qualitätskriterien medizinischer Befunde

Als medizinischer Befund wird eine schriftliche oder mündliche, systemische Erfassung, Beschreibung und Dokumentation bezeichnet, die im Rahmen einer ärztlichen Untersuchung, Diagnostik oder eines therapeutischen Verfahrens erhoben wurden. Er ist eine objektive Schilderung des gesundheitlichen Zustands oder der aktuellen Pathologien und bildet die Basis für weitere diagnostische oder therapeutische Entscheidungen (Morgan et al., 2014).

Diese adäquate Dokumentation eines Befundes kommt einer großen Bedeutung zu und ist essenziell, wenn es um die Versorgung von Patienten geht. Eine allgemeine Empfehlung von Befundstruktur und Inhalt ist im *American College of Radiology* zu finden,

welches zu Beginn die Nennung von allgemeinen Informationen vorgibt, worunter Name des Untersuchers, Informationen der zu behandelnden Person: Name, Vorname, Geburtsdatum, Anamnese oder Indikation, Informationen zur durchgeführten Untersuchung und deren Details: Angewandte Technik und wenn vorhanden Dosis der Strahlenexposition fällt. Die Schilderung der aktuellen Befundergebnisse und ggf. vergleichend zu Voruntersuchungen und eine anschließende Beurteilung der zusammengefassten Ergebnisse sind ebenfalls Bestandteil eines inhaltlich präzisen Befundes.

Um die Anforderung der inhaltlichen Präzision erfüllen zu können, ist die Definition der Präzision, sowie der aktuelle Stand von solchen Befunden in Betracht zu ziehen. Bislang liegen keine systematisch erhobenen Daten zum Einfluss auf die inhaltliche Präzision im Hinblick auf die korrekte Interpretation und Beschreibung von Befunden der Kopf-Hals-Region vor.

Einen inhaltlich präzisen Befund verfassen zu können, obliegt vielfältigen Anforderungen (Reiner et al., 2007), die auf mehreren fachlichen und inhaltlichen Kompetenzbereichen zurückzuführen sind. Die Interpretation des Befundes ist abhängig von dem jeweiligen untersuchenden Fachgebiet, den zugehörigen Leitlinien und den daraus resultierenden therapeutischen Konsequenzen. Demzufolge muss die inhaltliche Präzision individuell angepasst werden, dennoch den Standard einer fachlichen Untersuchung gerecht werden (Nobel et al., 2020). Diese Anforderungen wurden in Reiner et al. in sechs Kriterien zusammengefasst: eindeutige Formulierung, exakte Durchführung, Verlässlichkeit, Präzision, Vollständigkeit und Validierbarkeit.

Eine eindeutige Formulierung sollte dabei der Grundbaustein des Befundes sein, da bei vagen Formulierungen das Risiko besteht, die zuvor genannte therapeutische Konsequenz nicht leitliniengerecht und befundadaptiert durchzuführen. Dies kann in einer übermäßigen Therapie resultieren, insbesondere im Rahmen der Tumornachsorge, bei der es zu einer fälschlichen Diagnosestellung von Rezidiven führen könnte. Eine unzureichende Formulierung könnte als Konsequenz, eine inadäquate Therapieentscheidung nach sich ziehen, beispielhaft eine unzureichende weiterführende Diagnostik (Albuck et al., 2023).

Eine exakte Durchführung der Untersuchung ist essenziell für den weiterbehandelnden Arzt. Dieser setzt nach seiner Fragestellung voraus, dass eine Untersuchung mit

standardisierten Messungen und Funktionstests erfolgt ist und Pathologien sowie Normalbefunde mit fachgerechter Terminologie beschrieben wurden.

Diese beiden Kriterien setzen jedoch eine Verlässlichkeit und das damit verbundenen Vertrauen des behandelnden Arztes in den Untersuchenden voraus. Der behandelnde Arzt vertraut auf die Sorgfalt und Kompetenz des Untersuchenden, der die für die Fragestellung relevanten Areale fachgerecht in den Befund dokumentieren sollte, um eine fachgerechte Ableitung der Diagnose zu ermöglichen (Higginson et al., 2023).

In den sechs beschriebenen Kriterien von Reiner et al. wird auch die Präzision angeführt, welche den Schwerpunkt dieser Dissertation bildet. Grundlegend sollte die inhaltliche Präzision die beiden erstgenannten Kriterien vereinen. Ein Befund sollte exakt, prägnant und ohne Ausschweifungen formuliert sein. Zusätzlich sollte eine klare Gewichtung auf die primäre Pathologie erfolgen und die Fragestellung eindeutig beantwortet sein, um idealerweise eine therapeutische Schlussfolgerung und einen eindeutigen Behandlungsansatz zu ermöglichen und Fehlinterpretationen auszuschließen (Schoppe et al., 2018).

Um Fehlinterpretationen zu vermeiden, gilt es einen vollständigen Befund zu erheben, wobei hier die Herausforderung ist, relevante von irrelevanten Strukturen zu selektieren und die Fragestellung des behandelnden Arztes gemäß den oben erläuterten Kriterien zu beantworten. Diese Selektion an Informationen ist schwierig, da, wie bereits in Kapitel 1.5 beschrieben, viele anatomische Strukturen differenziert und spezifisch untersucht sein müssen. Darüber hinaus sollten Nebenergebnisse ausführlich genug beschrieben sein, um eine fundierte Differentialdiagnose stellen zu können. Diese Voraussetzungen erfordern es eine standardisierte Befunderhebung zu implementieren, wie sie bereits in vielen Publikationen gefordert wurde (Ernst et al., 2020c).

Das letzte Kriterium eines strukturierten Befundes ist die Validierbarkeit. Hierbei sollte ein Befund durch die vorher festgelegten Kriterien so standardisiert sein, dass er in sich schlüssig, aufeinander aufbauend formuliert ist und für Fachkollegen durch Einsicht in die Dokumentation nachvollziehbar ist. Das daraus resultierende Schema ermöglicht einen konsistent gegliederten Befund, der die Hauptdiagnose, relevante nebenbefundliche Beobachtungen beschreibt und beurteilt und abschließend Empfehlungen für weiterbehandelnde Fachkollegen darstellt (Michaely, 2021).

1.7 Der aktuelle Stand der strukturierten Befunderhebung und ihre Perspektiven

In den vergangenen Jahrzehnten sowie auch heute noch werden Untersuchungsergebnisse in der HNO überwiegend in FTR dokumentiert (Pinto Dos Santos & Baessler, 2018). Je nach Fragestellung erfolgt dabei eine Ergänzung durch Piktogramme, in denen Pathologien manuell skizziert werden können. Aus dieser Art der Befundung ergeben sich trotz etablierter Routine und langjähriger Nutzung verschiedene Problematiken. Fehlende Kriterien, wie sie im Kapitel 1.6 beschrieben sind oder ungenaue Formulierungen aufgrund von fehlender Erfahrung, Unsicherheiten in der Terminologie oder der Interpretation von untersuchten Ergebnissen (Gassenmaier et al., 2017).

Da hierdurch die Grundlage für Kontrolluntersuchungen, Arztbriefe, Abrechnungen und therapeutische Entscheidungen gelegt wird ist es wichtig, dass die inhaltliche Qualität eine hohe Validität enthält und replizierbar ist. (Kobberling, 2017). Aus der individuellen Sorgfalt und Erfahrung des Untersuchersuchenden lässt sich eine hohe Fehlerquelle ableiten und ist maßgeblich von ihr abhängig (Sinitsyn et al., 2014).

Ergänzend verpflichtet die Ultraschallvereinbarung nach §135 Absatz 2 SGB V zusätzlich in mehreren Aspekten. Sie schreibt eine fachliche Qualifikation der Ärzte vor. Sie reglementiert die zu verwendende apparative, sonographische Ausstattung und ihre technischen Anforderungen und verpflichtet zur fachgerechten Dokumentation der Untersuchung. Die Ergebnisse der Untersuchungen müssen ordnungsgemäß dokumentiert sein, um eine Nachvollziehbarkeit zu gewährleisten und die Grundvoraussetzung für eine regelmäßige, stichprobenhafte Prüfung zu bilden (Bundesvereinigung, 2008).

Bezieht man die zunehmende Arbeitsbelastung und, wie in Kapitel 1.5 beschrieben, die komplexe Anforderung der Diagnostik, bedingt durch sich stetig aktualisierende und im Detail zunehmende Klassifikationen und Leitlinien (Brierley et al., 2016) mit ein, wird das Risiko für unvollständige, ungenaue oder fehlerhafte Befunde größer (Michaely, 2021).

Diese Herausforderungen betreffen vor allem unerfahrene Assistenzärzte, da ihnen die zu dokumentierenden Strukturen und die korrekte Terminologie noch nicht ausreichend bekannt sind (Forghani et al., 2015). Das Resultat ist eine unsichere Befundung, mit sich daraus ergebendem erhöhten Korrekturaufwand für erfahrene Kollegen und einem erhöhten Risiko, relevante Pathologien nicht adäquat zu dokumentieren oder unvollständig darzustellen (Bialek et al., 2006). Diese formelle Herausforderung wird

durch verfahrensbedingte Handhabung verstärkt. Anders als bei anderen bildgebenden Verfahren wie Computertomographie oder Magnetresonanztomographie, muss bei sonographischen Befunden die räumliche Zuordnung durch eine schriftliche Dokumentation in den topografischen Kontext gesetzt werden, da im Gegensatz zu anderen diagnostischen Verfahren die Sonographie keine dreidimensionale Ausrichtung implementiert hat, sondern eine rein zweidimensionale. Somit muss die räumliche Zuordnung individuell durch schriftliche Dokumentation erfolgen (Nobel et al., 2022).

Weiterführende Untersucher vertrauen auf die korrekte räumliche Zuordnung. Ist diese Vertrauenswürdigkeit eingeschränkt, leiden bereits andere erwähnte Qualitätskriterien für medizinische Befunde. Weitere Kriterien, wie die eindeutigen Formulierungen, inhaltliche Präzision, Vollständigkeit oder Validierbarkeit bleiben bei der klassischen FTR häufig ungenügend ausgearbeitet (Reiner et al., 2007).

Die bedeutsame Zunahme von Ultraschall in der Diagnostik, durchschnittlich 11 sonographische Untersuchungen pro Tag in niedergelassenen Praxen und in spezialisierten Tumorzentren sogar deutlich mehr (Canadian Agency for Drugs and Technologies in Health, 2024), unterstreicht die folgenschweren Risiken dieses *First-Line*-Diagnostikums (Wu, 2011).

Vor diesem Hintergrund fordern nationale und internationale Fachgesellschaften zunehmend die Implementierung von strukturierten Befunderhebungen (SR), um eine höhere Standardisierung und Qualität zu gewährleisten (Morgan et al., 2014; Weiss & Langlotz, 2008).

Vorangegangene Arbeiten wiesen nach, dass strukturiertes Befunderheben die Intra- und IRR, die Vollständigkeit und die daraus resultierende Vergleichbarkeit von Befunden verbessern (Armbruster et al., 2018; Ernst et al., 2021). Durch das Standardisieren von Befunden, definieren von festen Formaten und einer einheitlichen Terminologie reduziert sich das Risiko, wichtige anatomische Strukturen zu übersehen oder unpräzise zu dokumentieren (Johnson et al., 2010; Prasad & Chen, 2018).

Besonders bei Weiterbildungsassistenten trägt SR erheblich zur Verbesserung der Befundqualität und zur Unterstützung des Lernprozesses bei (Reiner, 2009; Schoeppe et al., 2018). Der Vorteil moderner SR-Systeme liegt in ihrer universellen Einsetzbarkeit, da sie durch das Strukturieren der formellen Kategorien jeweils an aktuellen Leitlinien angepasst und auf andere Fakultäten übertragen werden können. Im Rahmen dieser

Musterbefundbogen Kopf-Hals-Sonografie (Sektion Kopf-Hals der DEGUM)

Patientenidentität (Name, Geburtsdatum, ID)	Untersuchungsdatum
Untersucher:	
Indikation zur Sonografie/Klinische Verdachtsdiagnose: z.B. Unklare Raumforderung zervikal rechts/links; Primärstaging; Tumornachsorge; Dysphagie etc....	
Schallbedingungen: normal vs. eingeschränkt (z.B. Compliance, Adipositas, fehlende Reklinierbarkeit, Lymphödem, postoperativer Situs, postradiogener Situs, Tracheostoma vorhanden etc.)	
Standardschnitte/Organregionen	
I. Schilddrüse	
<i>Hinweise für intra- und extraparenchymale Raumforderungen (Echogenität, Größe, Lage, Verhältnis Länge x Breite, Begrenzung glatt/irregulär, Kalk/Mikrokalk, Kapselüberschreitung). Vaskularisation.</i>	
Rechts	Links
Muster-Normalbefund: Homogenes echoreiches Binnenreflexmuster ohne Nachweis von fokalen Läsionen, normale Größe rechter Lappen: ... mm x ... mm x ... mm, Vol. ... ml	Muster-Normalbefund: Homogenes echoreiches Binnenreflexmuster ohne Nachweis von fokalen Läsionen, normale Größe linker Lappen: ... mm x ... mm x ... mm, Vol. ... ml; Gesamtvolumen: ... ml; Breite Isthmus: x mm
II. zervikaler Ösophagus/ obere Trachea	
Muster-Normalbefund: regelrechte Lage und Peristaltik, keine Pathologie	
III. Mundhöhle/Zungengrund/Tonsillenloge/Kehlkopf	
<i>Symmetrie des Mundbodens, der Gl. sublinguales und der Zunge, Raumforderungen (Lage, Beziehung zur Medianlinie der Zunge, Beziehung zur A. lingualis, Infiltration in Nachbarstrukturen), Hinweise auf Obstruktion und Aufstau des Whartonganges, Hinweise auf Dct. thyroglossus/mediane Halszyste (Lage in Bezug auf Os hyoideum), Auffälligkeiten der Tonsillenloge, Auffälligkeiten laryngealer Strukturen</i>	
Rechts	Links
Muster-Normalbefund: Symmetrisch, keine Raumforderungen	Muster-Normalbefund: Symmetrisch, keine Raumforderungen
IV. Gl. submandibularis	
<i>Symmetrie, Echogenität (homogen echoreich, echoarm), Hinweise für Raumforderungen (intra- bzw. extraglandulär), Hinweise auf Speichelsteine (Steinlage in Bezug auf Hilus), Obstruktionszeichen</i>	

Abb. 1: DEGUM Musterbefund, strukturierte Darstellung einzelner Organe (Kunzel et al., 2022)

Rechts Muster-Normalbefund: echoreiches, homogenes Drüsenparenchym	Links Muster-Normalbefund: echoreiches, homogenes Drüsenparenchym
V. Gl. parotis	
<i>Echogenität (homogen echoreich, echoarm), Hinweise für Raumforderungen, distale Schallartefakte, Lagebeziehung von Raumforderungen zur Vena retromandibularis (superfiziell, zentral, tief, kaudal, anterokranial), intraparotideale Lymphknoten, Hinweise auf Speichelsteine (Steinlage in Bezug auf Hilus), Obstruktionszeichen</i>	
Rechts Muster-Normalbefund: echoreiches homogenes, Drüsenparenchym	Links Muster-Normalbefund: echoreiches homogenes, Drüsenparenchym
VI. Halslevel	
<i>Lymphknoten: Lokalisation entsprechend der Halslevel Ia/b, II, III, IV, V, VI Anzahl, Form (rund, oval, polyzyklisch), Begrenzung (scharf, unscharf, unregelmäßig), Echogenität, Hiluszeichen, Vaskularisationsmuster (hilär, peripher, gemischt, zentripetal, zentrifugal, keine Vaskularisation), intranodale Auffälligkeiten (echoarm/echoleer = Kolloquationsnekrose; echoreich = Koagulationsnekrose oder Verkalkungen), Größe (kurze Achse, SAD= ventrodorsaler Durchmesser & lange Achse, LAD; Solbiati-Index= LAD/SAD), bei pathologischen LK auch 2. Ebene beschreiben und messen, ggf. cN-Staging anwenden. Raumforderungen: Zyste, Lipom, vaskuläre Malformation etc.</i>	
Rechts Muster-Normalbefund: Level I bis VI: vereinzelte, ovale, homogene, scharf begrenzte hilär vaskularisierte Lymphknoten, bis LAD x SAD mm in Level II.	Links Muster-Normalbefund: Level I bis VI: vereinzelte, ovale, homogene, scharf begrenzte hilär vaskularisierte Lymphknoten, bis LAD x SAD mm in Level II.
VII. Halsgefäße	
<i>Arterien: A. carotis communis (ACC), A. carotis interna (ACI), A. carotis externa (ACE), A. vertebralis (AV): orientierende Untersuchung von Wandveränderungen (z.B. Plaques, Intima-Media-Dicke, Stenosen) oder Flussveränderungen (atypische Gefäßverläufe, Kompression).</i>	
<i>Venen: V. jugularis interna (VJI), jugulofacialer Venenwinkel, V. jugularis externa (VJE): Flussveränderungen (Kompression, Thrombose)</i>	
<i>Tumorinfiltration, intravasale Fremdkörper</i>	
<i>Bei Gefäßveränderungen Empfehlung zur Veranlassung einer fachspezifischen duplexsonografischen Gefäßdiagnostik</i>	
Rechts Muster-Normalbefund: ACC, ACI, ACE und VJI orientierend unauffällig.	Links Muster-Normalbefund: ACC, ACI, ACE und VJI orientierend unauffällig.

Abb. 2: DEGUM Musterbefund, strukturierte Darstellung der Halslevel (Künzel et al., 2022)

VIII. Nasennebenhöhlen (A-/ B-Scan)	
<i>Pathologische Echosignale (Hinterwandecho, inhomogene Binnenechos als Hinweis für Raumforderung, Kontinuitätsunterbrechung bei Fraktur oder Raumforderung)</i>	
Rechts	Links
Muster-Normalbefund: Sinus frontalis und maxillaris ohne Hinterwandecho	Muster-Normalbefund: Sinus frontalis und maxillaris ohne Hinterwandecho
IX. Sonstiges	
<i>Oberflächliche Befunde (kutane und subkutane Veränderungen von Kopf und Hals), Traumadiagnostik</i>	
Zusammenfassende Beurteilung und Verdachtsdiagnose:	
<i>Synopsis der auffälligen Befunde</i>	
Handlungsempfehlung: je nach Befund/Diagnose	

Abb. 3: DEGUM Musterbefund, zusammenfassende Beurteilung und Verdachtsdiagnose (Kunzel et al. 2022)

Entwicklung wurde ein Musterbefundbogen für die sonographische Diagnostik im Kopf-Hals-Bereich durch die DEGUM erstellt (Abbildung 1, 2, 3). Dieser strukturiert die verpflichtenden Vorgaben aus der Qualitätssicherungsmaßnahmen nach §135 Absatz 2 SGB V, welche für die Erhebung von Ultraschallbefunden relevant sind. Unter anderem stellt er die Dokumentation der Standardschnitte und Organregionen wie Schilddrüse, zervikaler Ösophagus, Mundhöhle, Gl. submandibularis, Gl. parotis, Halslevel, Halsgefäße sowie der Nasennebenhöhlen übersichtlich, strukturiert und dem Verfahrensablauf einer Untersuchung folgend dar. Zusätzlich wird zu jeder einzelnen Organregion ein standardisierter Normalbefund bereitgestellt (Abbildung 1, 2). Der Musterbefund bildet die Anforderungen der Vereinbarung von Qualitätssicherungsmaßnahmen nach §135 Absatz 2 SGB V ab und übernimmt die in Leitlinien empfohlenen Kriterien, wie beispielsweise die Erhebung eines vollständigen, beidseitigen Kopf-Hals-Status, die topografische Zuordnung von Befunden und deren Abmessungen. Er bietet am Ende zusätzlich die Möglichkeit einer abschließenden Beurteilung mit klinischer Handlungsempfehlung (Abbildung 3).

Modernere SR-Befundungen, wie in dieser Dissertation zur Datenerhebung verwendet wurde, siehe Kapitel 2.2.2, ermöglichen durch Generieren von Texten eine formelle und sprachliche, sowie grammatikalisch fehlerfreie Dokumentation und können sogar Funktionen wie mehrsprachiges Befunderstellen enthalten (Sobez et al., 2019).

In solchen moderneren, IT-basierten Versionen konnten frühere Kritikpunkte, wie mangelnde Anpassung der erhobenen Befunde für einzelne Pathologien, durch festgelegte und aufeinander folgende Hierarchien, in Form von *drop-down*-Menüs und optionalen Freitextfeldern verbessert werden (Nobel et al., 2020). Es resultiert eine bessere Anpassungsfähigkeit bei sich erhaltender Standardisierung (Naik et al., 2001; Sabel et al., 2018).

Neben der Qualitätssteigerung konnte in mehreren Studien gezeigt werden, dass SR die Befunderstellungszeit, insbesondere bei unauffälligen Befunden, signifikant reduziert (Bosmans et al., 2012; Ernst et al., 2020b). Bei komplexeren Pathologien kann der notwendige Einsatz von Freitextanteilen zwar zeitaufwändiger sein (Gunderman & McNeive, 2014), jedoch steht dieser Mehraufwand in einem sinnvollen Verhältnis zur erhöhten Befundqualität und Nachvollziehbarkeit (Powell & Silberzweig, 2015).

Untersuchungen von Ernst et al. belegten zudem, dass durch die Nutzung von SR in der Kopf-Hals-Sonographie sowohl die Vollständigkeit, das Zeitmanagement als auch die IRR verbessert werden konnten (Ernst et al., 2021; Ernst et al., 2020b; Kunzel et al., 2021a). Langfristig eröffnen strukturierte Befunde neue Perspektiven für automatisierte Datenauswertungen im Rahmen von Qualitätssicherung, Forschung und der Analyse von Therapieerfolgen (Pinto Dos Santos & Baessler, 2018).

Eine zukunftsbezogene Perspektive der SR-Befundungen, wie von D. Pinto Dos Santos und B. Baessler beschrieben, könnte in BDA liegen. Aufgrund der Eigenschaften, die die erhobenen Daten mit sich bringen. Da sie standardisiert, anonymisiert und valide erhoben wurden, bringen sie eine hohe IRR mit sich und könnten hierfür Verwendung finden. Weiterführend könnten sie sogar als Grundlage für maschinelles Lernen genutzt werden um künstliche Intelligenzen (KI) zu schulen (Middleton et al., 2016). Hieraus könnte die Möglichkeit resultieren, zukünftig KIs zu entwickeln, die Ärzte im klinischen Alltag bei diagnostischen Verfahren und therapeutischer Entscheidungsfindung unterstützen können (El Asmar et al., 2021).

Die Entwicklung von FTRs hin zu SRs, wie für diese Dissertation verwendet, digital oder handschriftlich wie im Musterbefund als Vordruck, kann nachweislich eine formelle, sowie vollständigere und qualitativere Befunddokumentation gewährleisten. Ferner liegt in den automatisierten Datenauswertungen ein hohes Potential zukünftiger Prozessoptimierung in anderen klinischen Bereichen inne (Svedberg et al., 2022).

2. Material und Methoden

2.1 Studiendesign

Für diese klinische, prospektive, randomisierte, Observationsstudie wurden insgesamt 128 Ärzte der HNO und der Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie mit unterschiedlichem Weiterbildungsstand (1. Weiterbildungsjahr bis Facharzt) und unterschiedlichen Herkunftskrankenhäusern eingeschlossen, welche an zwei konsekutiven und von der Deutschen Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin e.V. (DEGUM) zertifizierten SonoForKlinik Kopf-Hals-Ultraschallkursen in Mainz teilnahmen. Als primärer Endpunkt, wurde die Vollständigkeit und inhaltliche Präzision der Befunde festgelegt. Zusätzliche mit einbezogenen Kriterien waren das Vorliegen einer schriftlichen Einwilligung zur Teilnahme an der Studie, sowie die vollständige Bearbeitung eines Falls, ohne den Befundungsprozess zu unterbrechen.

Der Kurs teilte sich in mehrere dezidierte Studienstationen auf, durch die die Teilnehmenden, sofern Ihre Einwilligung vorlag, rotierten. Zu Beginn des Kurses wurden die Teilnehmenden über die stattfindende Studie aufgeklärt und die individuelle Vorerfahrung mit der Sonographie und deren Befundung anhand eines Fragebogens ermittelt. Im Rahmen des Weiterbildungskonzepts der SonoForKlinik-Kopf-Hals-Ultraschallkurse erfolgte jeweils am ersten Kurstag eine Einführung in die Thematik der Befundung im Rahmen einer Vorlesung. Ferner erfolgte in Kleingruppenunterricht unter Anleitung eines DEGUM-Stufe III Kursleiters die grundsätzliche Erstellung von Befunden anhand von Beispielbildern und Videomaterialien typischer sonographischer Kopf-Hals-Pathologien. Im zweiten Teil des Kopf-Hals-Ultraschallkurses wurden die Probanden in zwei Gruppen randomisiert, einer SR-Gruppe und einer FTR-Gruppe und sollten anschließend jeweils zwei Sonopathologien pro Teilnehmer befunden. Um ein potenzielles *Confounding* zu minimieren, wurde den Teilnehmenden aufgetragen die Pathologien erst mittels FTR und anschließend mittels SR zu befunden. Um die Validierung der strukturiert erhobenen Befunde sicherzustellen, wurden die Teilnehmenden der SR-Gruppe ausführlich in die bereitgestellte Software Smart Reporting GmbH (Smart Reporting GmbH, Erika-Mann-Straße 69, 80636 München) eingewiesen. Daraus resultierten insgesamt 138 SR und 118 FTR die für die statistische Auswertung verwendet werden konnten.

2.1.1 Materialien

Das zuvor erwähnte Erheben der Vorerfahrung strukturierte sich anhand eines Fragebogens in 4 Unterpunkten (Abbildung 5):

1. Haben Sie bereits an einem Training für eine strukturierte Befundung teilgenommen?
3. In welcher Form befunden Sie aktuell in Ihrer Klinik in Bezug auf die Ultraschalldiagnostik? (Mehrfachauswahl möglich). Hier konnte zwischen schriftlichem Befund und digitalem Befund durch Ankreuzen gewählt werden.
4. Wie viele eigenständige Befunde haben Sie bereits dokumentiert? Es war eine Auswahl zwischen >100 anzukreuzen oder Anzahl: mit der Möglichkeit manuell einzutragen war gegeben.
5. Wie schätzen Sie Ihre aktuellen Kenntnisse in Bezug auf die Befundung von Ultraschallbildern/Ultraschallsequenzen ein? Hier erfolgte die Selbsteinschätzung anhand einer 7-teiligen Skala (1: sehr gut bis 7: sehr schlecht).



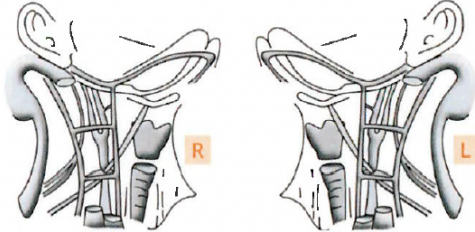
<p>Patientendaten / Patientenetikett</p> <p>Name: _____</p> <p>Vorname: _____</p> <p>Geburtsdatum: _____</p>																						
<p>Untersucher _____</p> <p>Klinischer Untersuchungsbefund _____</p>	<p>Kopf- und Halssonographie</p> <p>Datum _____</p> <p><input type="checkbox"/> Verlauf <input type="checkbox"/> Erstuntersuchung</p>																					
<p>Diagnose / Fragestellung</p>																						
<p>Schilddrüse <input type="checkbox"/> unauffällig <input type="checkbox"/> nicht untersucht</p> <div style="text-align: center; margin: 10px 0;">  </div> <p>Befund:</p>	<div style="text-align: center; margin-bottom: 10px;">  </div> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;">Parotis re.:</td> <td style="padding: 2px;"><input type="checkbox"/> unauffällig</td> <td style="padding: 2px;"><input type="checkbox"/> nicht untersucht</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Parotis li.:</td> <td style="padding: 2px;"><input type="checkbox"/> unauffällig</td> <td style="padding: 2px;"><input type="checkbox"/> nicht untersucht</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Gl. Subm. re.:</td> <td style="padding: 2px;"><input type="checkbox"/> unauffällig</td> <td style="padding: 2px;"><input type="checkbox"/> nicht untersucht</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Gl. Subm. li.:</td> <td style="padding: 2px;"><input type="checkbox"/> unauffällig</td> <td style="padding: 2px;"><input type="checkbox"/> nicht untersucht</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">MB / ZG:</td> <td style="padding: 2px;"><input type="checkbox"/> unauffällig</td> <td style="padding: 2px;"><input type="checkbox"/> nicht untersucht</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Karotiden:</td> <td style="padding: 2px;"><input type="checkbox"/> unauffällig</td> <td style="padding: 2px;"><input type="checkbox"/> nicht untersucht</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">A vertebralis:</td> <td style="padding: 2px;"><input type="checkbox"/> unauffällig</td> <td style="padding: 2px;"><input type="checkbox"/> nicht untersucht</td> </tr> </table>	Parotis re.:	<input type="checkbox"/> unauffällig	<input type="checkbox"/> nicht untersucht	Parotis li.:	<input type="checkbox"/> unauffällig	<input type="checkbox"/> nicht untersucht	Gl. Subm. re.:	<input type="checkbox"/> unauffällig	<input type="checkbox"/> nicht untersucht	Gl. Subm. li.:	<input type="checkbox"/> unauffällig	<input type="checkbox"/> nicht untersucht	MB / ZG:	<input type="checkbox"/> unauffällig	<input type="checkbox"/> nicht untersucht	Karotiden:	<input type="checkbox"/> unauffällig	<input type="checkbox"/> nicht untersucht	A vertebralis:	<input type="checkbox"/> unauffällig	<input type="checkbox"/> nicht untersucht
Parotis re.:	<input type="checkbox"/> unauffällig	<input type="checkbox"/> nicht untersucht																				
Parotis li.:	<input type="checkbox"/> unauffällig	<input type="checkbox"/> nicht untersucht																				
Gl. Subm. re.:	<input type="checkbox"/> unauffällig	<input type="checkbox"/> nicht untersucht																				
Gl. Subm. li.:	<input type="checkbox"/> unauffällig	<input type="checkbox"/> nicht untersucht																				
MB / ZG:	<input type="checkbox"/> unauffällig	<input type="checkbox"/> nicht untersucht																				
Karotiden:	<input type="checkbox"/> unauffällig	<input type="checkbox"/> nicht untersucht																				
A vertebralis:	<input type="checkbox"/> unauffällig	<input type="checkbox"/> nicht untersucht																				
<p>Befund</p>																						
<p>Beurteilung und Empfehlung</p>																						
<p>_____</p> <p>Datum</p>	<p>Code: _____</p> <p>_____</p> <p>Unterschrift Untersucher</p>																					

Abb. 4: Für die Freitextbefundung verwendeter Befunderhebungsbogen

Abfrage Vorerfahrung Befundung

Code: _____

1. Haben sie bereits an einem Training für eine strukturierte Berufung teilgenommen?

ja nein

3. In welcher Form Befunden Sie aktuell in Ihrer Klinik in Bezug auf die
Ultraschalldiagnostik? (Mehrfachauswahl möglich)

schriftlicher Befund

digitaler Befund

4. Wie viele eigenständige Befunde haben sie bereits dokumentiert:

> 100 oder Anzahl: _____

5. Wie schätzen Sie Ihre aktuellen Kenntnisse in Bezug auf die Befundung von
Ultraschallbildern/clips ein?

1 (sehr gut)

7 (sehr schlecht)

B.E., J.K., J.W.

Abb. 5: Zur Erhebung der individuellen Vorerfahrung bezüglich Sonographie und deren Befundung verwendeter Fragebogen

Für die in der Studie verwendeten Pathologien handelt es sich um n=10 Fälle typischer Kopf-Hals-Pathologien mit standardisierten und anonymisierten Standbildern sowie Videosequenzen, welche mit einer 9 MHz Linearsonde eines Ultraschallgerätes LOGIQ S8 (Firma GE Healthcare, Little Chalfont, United Kingdom) in der Ambulanz der Klinik und Poliklinik für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde des Universitätsklinikums Bonn aufgenommen wurden (Abbildung 6).

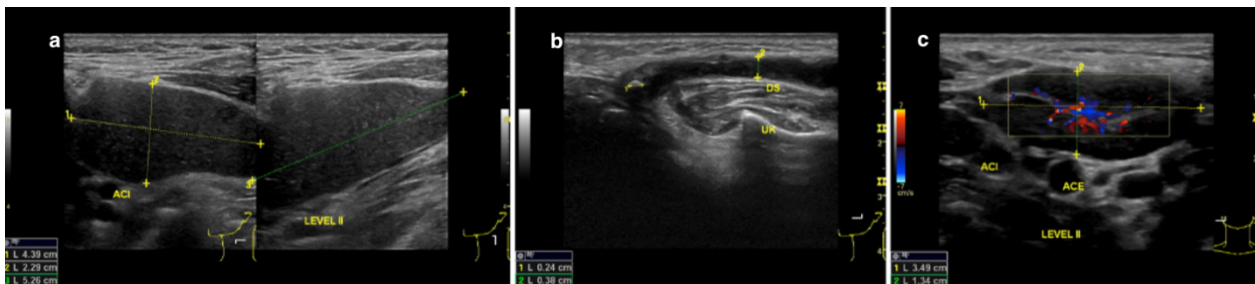


Abb. 6: Beispielhafte Darstellung anonymisierter Standbilder typischer Sonopathologien des Kopf-Hals-Bereiches (a) laterale Halszyste, (b) Sialolithiasis mit Ductusstau (c) Lymphadenitis acuta

In Fall 1 ist eine akute zervikale Lymphadenitis mit B-Bild und Duplexsonographie, Angaben zweidimensionaler Größenmessung, umgebenden Gefäßen und Piktogramm dargestellt. Anamnestisch wurden folgende Informationen mit angegeben: „24-jährige Patientin mit Z.n. Weisheitszahnextraktion rechts vor 4 Tagen. Keine Noxen-Anamnese. Seit 2 Tagen vermehrte Schmerzen, Foetor ex ore, subfebrile Temperaturen. Laut behandelndem Oralchirurg bestehe ein lokaler Wundinfekt ohne Abszessverdacht. Eine orale Antibiose wurde bereits mit Amoxicillin/Clavulansäure begonnen. HNO-ärztliche Vorstellung nun bei zusätzlicher Schwellung im rechtsseitigen Kieferwinkel.“

In Fall 2 zeigt sich eine laterale Halszyste mit Größenmessung in drei Ebenen, Halslevel und Piktogramm mit folgenden zusätzlichen Informationen: „21-jähriger Patient mit plötzlich aufgetretener schmerzhafter Schwellung zervikal links. Die Schmerzen seien nach einer Antibiotikatherapie mit Cefuroxim oral durch den Hausarzt bereits sistiert, die Schwellung jedoch unverändert vorhanden. Keine Noxen-Anamnese.“

Fall 3 wurde beschrieben: „31-jähriger Patient mit seit 3 Wochen progredienter, indolenter Schwellung zervikal links. Zudem sei ein ungewollter Gewichtsverlust von 8kg in den letzten 3 Monaten aufgetreten. Auf Nachfrage berichtet der Patient, dass er jede Nacht aufgrund von verstärktem Schwitzen sein T-Shirt 1-2x wechseln muss. Keine Noxen-

Anamnese.“ Es stellt ein Lymphom mit multiplen Lymphknoten und einem Piktogramm dar.

Fall 4 präsentiert einen Zungengrundtumor mit Ausmessung in zwei Ebenen und Piktogramm. Mit der Anamnese: „48-jährige Patientin mit zunehmenden Schluckbeschwerden seit 6 Wochen. Eine zweimalige orale Antibiotikatherapie habe keine Besserung erbracht. Mittlerweile würde sie sich hauptsächlich noch mit pürierter Kost ernähren. Keine Noxen-Anamnese. In der Vorgeschichte sei eine gynäkologische Behandlung wegen HPV-16-assoziiertes Schleimhautveränderungen notwendig gewesen.“

Fall 5 zeigt eine Sialolithiasis in der linken Glandula parotis mit konsekutivem Gangstau und Piktogramm, anamnestisch wurde folgendes angegeben: „55-jähriger Patient mit seit 2 Tagen bestehenden postprandialen Schmerzen und Schwellung parotideal links. Die Schwellung würde circa eine Stunde nach dem Essen wieder zurückgehen. Keine Noxen-Anamnese.“

In Fall 6 wird ein pleomorphes Adenom in der rechten Glandula parotis mit dreidimensionaler Größenmessung, Duplexsonographie und Piktogramm gezeigt. Anamnese: „61-jähriger Patient mit bekannter und langsam progredienter Raumforderung parotideal rechts, die er vor circa einem Jahr erstmalig beim Rasieren festgestellt habe. Keine Noxen-Anamnese.“

In Fall 7 wurde eine 22-jähriger Patient mit vor 2 Wochen aufgetretener Schwellung im anterioren Mundboden sowie submental, mit keinen Infektionen erinnerlich und keinen Vorerkrankungen, sowie keine Noxen-Anamnese geschildert. Der Fall stellt eine *Plunging* Ranula mit dreidimensionaler Größenmessung, Duplexsonographie und Piktogramm dar.

In Fall 8 erkennt man eine mehrfragmentäre Sialolithiasis in der linken Glandula parotis mit dreifacher Größenmessung und Piktogramm. Sowie folgenden Patienten bezogenen Informationen: „65-jährige Patientin mit seit gestern bestehenden postprandialen Schmerzen und Schwellung submandibulär und parotideal links. Die Schwellung würde circa eine Stunde nach dem Essen wieder zurückgehen. Keine Noxen-Anamnese.“

In Fall 9 wird ein Peritonsillarabszess dargestellt, und folgender Anamnese geschildert: „20-jährige Patientin mit seit 5 Tagen bestehender Tonsillitis acuta, die mit Penicillin V oral behandelt wird. Seit heute massive Schmerzexazerbation nur linksseitig mit Kieferklemme und Uvulaödem.“

Im 10. Fall wird eine Hashimoto-Thyreoiditis mit Duplexsonographie und Piktogramm präsentiert. Anamnestisch wurden folgende Informationen geschildert: „26-jährige Patientin zur Schilddrüsenabklärung bei Abgeschlagenheit und Gewichtszunahme seit mehreren Monaten. Laborchemisch war eine Hypothyreose mit positiven TPO-Antikörpern festgestellt worden.“

Eine vollständige Falldarstellung ist beispielhaft anhand von Fall 8 in (Abbildung 7) angegeben.

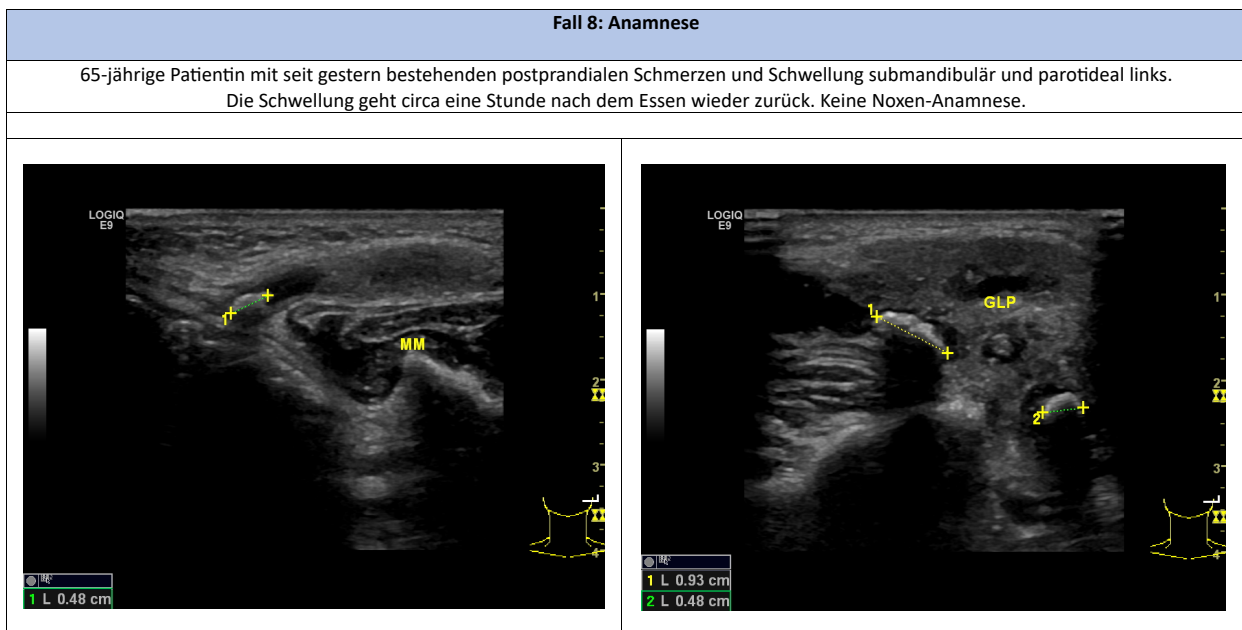


Abb. 7: Beispielhafte Darstellung eines Falls mit Epikrise

2.2 Allgemeiner Ablauf der Befunderhebung

Nach der Randomisierung in zwei Gruppen erhielt die SR-Gruppe bereitgestellte Endgeräte und somit die Möglichkeit einen strukturierten Befund zu erstellen. Der FTR-Gruppe wurden die zuvor beschriebenen FTR-Befundbögen ausgehändigt (Abbildung 4). Bevor die Befundung startete, wurden die Teilnehmenden klar darauf hingewiesen, dass die in den ausgehändigten Fällen nicht abgebildeten anatomischen Strukturen als untersucht und als Normalbefund zu befunden sind. Nachdem die organisatorische Einweisung stattgefunden hat, wurde den Teilnehmenden eine ausführliche und differenzierte Anleitung der zu erstellenden FTR oder SR erläutert (2.2.1 und 2.2.2).

2.2.1 Ablauf der konventionellen Befunderhebung

Die unstrukturierte, konventionelle Befunderhebung mittels FTR zur SR erfolgte zu Beginn mit der identischen Einweisung wie der SR. Nachdem die administrativen Ein- und Anweisungen, sowie die Aufteilungen erfolgt waren, wurde den teilnehmenden Probanden der FTR-Gruppe ein FTR-Befundbogen (Abbildung 4) und eine Sonopathologie ausgehändigt (Abbildung 6). Nach Aushändigung konnten die Probanden den FTR-Befundbogen, welcher in Anlehnung an in klinischen Ambulanzen verwendeten Formularen konzipiert wurde, in Ihrem Ermessen abarbeiten. Zunächst wurden Patientendaten, Daten des Untersuchers und der Untersuchungszeitpunkt sowie Untersuchungsart erfasst. Anschließend wurde die Diagnose bzw. Fragestellung abgefragt. Der zu untersuchende Kopf-Hals-Bereich wird durch den Befundbogen in 4 Kategorien unterteilt. Die Schilddrüse, dargestellt mit einem Piktogramm, um Skizzierungen zu ermöglichen und einem Freitextbefundfeld zur genaueren Differenzierung. Die zu untersuchenden Halslevel konnten ebenfalls mittels Piktogramms dokumentiert werden. Angrenzende anatomische Strukturen und Landmarks, die als unauffällig befundet oder nicht untersucht wurden, konnten in vorgefertigten Feldern angekreuzt werden oder in einem Freitextfeld genauer befundet werden. Abschließend konnte in einem Freitextfeld die Beurteilung und Empfehlung des Untersuchers notiert werden, sowie Datum und Unterschrift, um eine Validierung zu gewährleisten. Die Befundung erfolgt handschriftlich mittels Freitextes in den dafür vorgesehenen Feldern, Skizzen in Piktogrammen und Ankreuzen von Checklisten. Nach Abschluss eines FTR wurden die Teilnehmenden darauf hingewiesen, ebenfalls einen SR zu erstellen.

2.2.2 Ablauf der strukturierten Befunderhebung

Der Ablauf der strukturierten Befunderhebung erfolgt in dezidierten Studienstationen. Zusätzlich wurde darauf hingewiesen, dass unter den fünf Hauptkriterien, lediglich das Kriterium Befund zu bearbeiten sei. Um ein *Confounding* zu minimieren, durfte diese Gruppe nach Abschluss eines SR-Befunds keinen FTR-Befund erstellen. Um die Validierung der strukturiert erhobenen Befunde sicherzustellen, wurden die Teilnehmenden der SR-Gruppe zusätzlich in die bereitgestellte Software Smart Reporting GmbH eingewiesen. Die informationstechnologische Basis für die strukturierten Befunde wurde durch die Software von Smart Reporting GmbH bereitgestellt. In dieser

bereitgestellten Software werden, unter Berücksichtigung der aktuellen und leitliniengerechten Anforderungen der Kopf-Hals-Sonographie, Vorlagen für eine praxisorientierte Befunderhebung bereitgestellt. Diese strukturiert sich, anlehnend an einen im Klinikalltag gebräuchlichen und standardisierten Diagnostikalgorithmus, in fünf Hauptkriterien. „Klinische Angaben“, „Voruntersuchung“, „Prozedur“, „Befund“ und „Beurteilung“. Das für diese Dissertation im Fokus stehende Hauptkriterium „Befund“, ermöglicht nun den Befunderhebenden gezielt relevante anatomische Strukturen und Landmarken systematisch, dem Diagnostikalgorithmus folgend, auszuwählen. Die einzelnen anatomischen Strukturen können mit, sich didaktisch aufeinander aufbauenden medizinischen Kriterien durch Anklicken detailliert befundet werden. Durch von Experten vorgefertigte Textbausteine werden diese angeklickten Kriterien zeitgleich in ein Freitextfenster zusammenhängend und semantisch strukturiert konvertiert und übertragen. Zusätzlich ermöglicht die Software anhand von Piktogrammen die Lokalisation der Pathologien graphisch darzustellen und in das Freitextfenster einzufügen. Diese erstellten Berichte können nun als klinisch verifizierte Befundberichte exportiert werden (Abbildung 8).

Abb. 8: SR-Befunderhebung smart radiology

Klinische Angaben
Voruntersuchung
Prozedur
Befund
Beurteilung

B I U
Grafiken
Export

Normalbefund

Lymphknoten

Große Halsgefäße

Glandula parotis

Glandula submandibularis

Glandula sublingualis

Glandula thyroidea

Zungengrund

Tonsillenloge

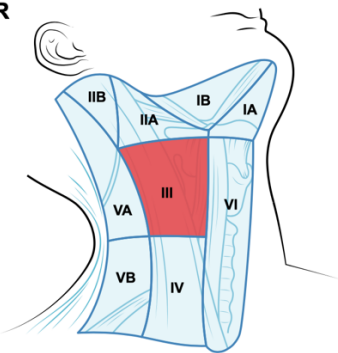
Weitere Befunde

Sonographie Hals | Mainz

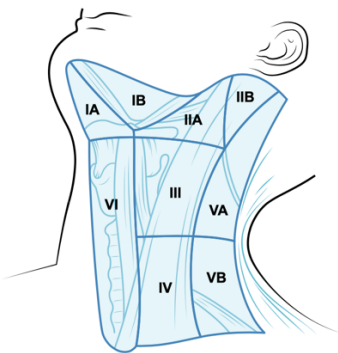
o.B.
k.A.
Auffällig

Pathologien Halslevel(Mehrfachauswahl)

R



L



+ Art der Pathologie(Mehrfachauswahl)

Keine Angabe	
Solitärer Lymphknoten	+
Multiple Lymphknoten	+
Raumforderung	+
Sonstiges	+

Befund

Lymphknoten: Es zeigten sich multiple Lymphknoten mit einer maximalen Größe von 3,4 mm im Level III rechts ohne abgrenzbarem Hilus mit pathologischem Vaskularisationsmuster, sonographisch malignitätssuspekt. Distale Schallauslöschung. Die sonstigen Halslevel zeigten keine pathologischen Lymphknoten.

Beurteilung

- Es zeigten sich multiple Lymphknoten mit einer maximalen Größe von 3,4 mm im Level III rechts ohne abgrenzbaren Hilus mit pathologischem Vaskularisationsmuster, sonographisch malignitätssuspekt. Distale Schallauslöschung. Die sonstigen Halslevel zeigten keine pathologischen Lymphknoten.

Module
Weitere Module

2.2.3 Auswertung der FTR und SR

Die Analyse der erhobenen Befunde erfolgte mittels spezifischer Auswertungsschecklisten, die vordefinierte Kriterien zur Beurteilung der inhaltlichen Präzision sowie der Vollständigkeit der Befunde umfassten. Diese Checklisten wurden in Anlehnung an bereits publizierte Studien (Ernst et al., 2021; Ernst et al., 2019) vom Doktoranden für jede der zehn zu beurteilenden Pathologien entwickelt. Als qualitativer, sowie vollständiger Referenzstandard dienten Referenzbefunde, die im Konsensverfahren durch zwei DEGUM-Stufe III Kursleiter für Kopf-Hals-Sonographie erstellt wurden. Diese Befunde wurden als maßgeblicher Standard definiert (Abbildung 9).

Basierend auf diesen Referenzbefunden wurden strukturierte Auswertungsschecklisten konzipiert, die sämtliche, für einen vollständigen Referenzbefund relevanten anatomischen Strukturen und diagnostischen Details für jede Pathologie spezifisch abbildeten. Jedes erfasste Befunddetail wurde mit einem Punktwert = 1 versehen, der die diagnostische Relevanz der entsprechenden Information widerspiegelt und eine objektive Nachvollziehbarkeit der Befundauswertung gewährleistet. Die resultierenden Punktwerte wurden anschließend ins Verhältnis zur maximal erreichbaren Punktzahl gesetzt, um den Grad der Befundvollständigkeit zu quantifizieren. Die maximal zu erreichende Punktzahl variierte zwischen den einzelnen zu befundenen Fällen.

Zusätzlich wurde zur Beurteilung der inhaltlichen Präzision der Befunde eine weitere Checkliste herangezogen, die eine differenzierte Analyse der jeweiligen Befundabschnitte ermöglichte und die inhaltliche Übereinstimmung zwischen FTR und SR überprüfte. Exemplarisch wurde dies für die Beurteilung von Lymphknotenpathologien durchgeführt, wobei folgende Parameter berücksichtigt wurden: korrekte Anzahl, Größe, räumliche Zuordnung, Begrenzung, Binnenechogenität, Vaskularisierungsmuster, Nachweis intranodaler Nekrosen, Kapselüberschreitung sowie gegebenenfalls die Erfassung oder der Ausschluss weiterer Lymphknotenpathologien in zusätzlichen Halsregionen.

Fall 3	
Befund	Piktogramm der Halslevel
<p>Lymphknoten: Es zeigten sich multiple Lymphknoten im Level III links, Level IV links, Level Va links und Level Vb links, scharfe Randbegrenzung, echoarme Darstellung, gemischt hilar-peripheres Vaskulisationsmuster, keine intranodalen Nekrosen, keine Kapselüberschreitung. V.a. Lymphom. Die sonstigen Halslevel zeigten keine pathologischen Lymphknoten.</p> <p>Große Halsgefäße: Die großen Halsgefäße zeigten sich frei und mit regelrechtem Flussmuster.</p> <p>Glandula parotis: Die Glandulae parotis zeigten sich beidseits regelrecht ohne Anhalt für Raumforderungen, Steine oder Stau.</p> <p>Glandula submandibularis: Die Glandulae submandibulares zeigten sich beidseits regelrecht ohne Anhalt für Raumforderungen, Steine oder Stau.</p> <p>Glandula sublingualis: Die Glandulae sublingualis zeigten sich beidseits regelrecht ohne Anhalt für Raumforderungen, Steine oder Stau.</p> <p>Glandula thyroidea: Die Glandulae thyroideae zeigten sich beidseits regelrecht ohne Anhalt für Struma oder Raumforderungen.</p> <p>Zungengrund: Der Zungengrund zeigte sich sonographisch symmetrisch und ohne Anhalt für eine Raumforderung.</p> <p>Tonsillenloge: Die Tonsillenlogen zeigten sich beidseits symmetrisch ohne Anhalt für eine Raumforderung oder einen Abszess.</p>	

Abb. 9: Referenzstandard eines DEGUM-Stufe III Kursleiters für Kopf-Hals-Sonographie. Links im Bild der detaillierte schriftliche Befund, rechts im Bild das markierte Piktogramm der Halslevel

2.3 Statistische Methodik

2.3.1 Berechnung der Stichprobengröße

Die biostatistische Berechnung zur Stichprobengröße wurde, analog zu bereits publizierten Studien (Ernst et al., 2020b), auf Grundlage der erwarteten Effektstärke berechnet und der Anteil beider unterschiedlicher Berichtstypen mit einer Präzision von 80 % oder höher verglichen. Aufgrund mangelnder Daten zur inhaltlichen Präzision von Ultraschallbefunden des Kopf-Hals-Bereichs wurde, in Anlehnung an andere bildgebende Verfahren, die Durchschnittliche inhaltliche Präzision erstellt mittels FTR auf 50 % geschätzt. Ferner haben wir eine Erhöhung der inhaltlichen Richtigkeit von Befunden, die mittels SR erstellt wurden, auf 70 % angenommen. Die Power wurde auf 80 % und das Signifikanzlevel auf $\alpha = 0,05$ gesetzt. Mit diesen Parametern wurde anschließend eine benötigte Patientenanzahl von 186 (entsprechend 93 Befunde je Modalität) ermittelt.

2.3.2 Statistische Analyse

Alle handgeschriebenen erhobenen Daten wurden digitalisiert und mittels elektronischer Datenträger passwortgeschützt gespeichert. Anschließend wurden die Daten in Microsoft Excel Version 16.77 (Microsoft Corp., Redmond, WA, USA) übertragen. Die digital erhobenen Daten wurden auf passwortgeschützten Endgeräten aufgezeichnet, welche nur durch die verantwortlichen Tutoren und Studienverantwortlichen zugänglich waren. Die vorliegenden statistischen Analysen wurden mittels GraphPad Prism Version 9.5.0

(GraphPad Software Inc., Boston, MA, USA) statistisch analysiert. Die ermittelten Daten wurden mittels Shapiro-Wilk-Test auf ihre Normalverteilung ($\alpha = 0,05$) validiert. Die erhobenen reellen Ergebnisse wurden in ein Verhältnis zur Maximalpunktzahl konvertiert und als kategorische Größen in Tabellen und Abbildungen angegeben, um die Ergebnisse der Fragebögen und Auswertung der Berichte vergleichbar zu gestalten. Um die Varianzhomogenität festzustellen, wurde der Levene's-Test verwendet. Zur Bewertung der Vollständigkeit und Präzision der Befunde, wurden für weiterführende Variablen bei normalverteilten Datensätzen der T-Test und bei nicht normalverteilten Datensätzen der Mann-Whitney-U-Test eingesetzt. Zusätzlich zu den in dieser Doktorarbeit zu untersuchenden Variablen, Vollständigkeit und Präzision, wurden paarweise Korrelationen der Variablen berechnet und deren Effektstärke, sowie deren Signifikanz dargestellt. Um den Einfluss einzelner Faktoren auf die zu untersuchenden Ergebnisse festzustellen, wurden multivariante lineare Regressionsmodelle erstellt. P-Werte $<0,05$ wurden als statistisch signifikant bewertet. Die ausgewerteten Daten werden im folgenden Text als Mittelwert \pm Standardabweichung (SD) beschrieben.

3. Ergebnisse

3.1 Inferenzstatistik und Studiengrundcharakteristika

Insgesamt wurden zehn verschiedene Sonopathologien im Hinblick auf die Präzision und Vollständigkeit analysiert. Die Auswertung umfasste 264 Einzelbefunde, bestehend aus 127 strukturierten (SR) und 137 unstrukturierten (FTR) Befunderhebungen. Die nicht signifikante Diskrepanz von zehn Fällen zwischen beiden Gruppen ist auf die in Kapitel 2.2.2 beschriebene methodische Anpassung potenziellem *Confounding* zurückzuführen. Für jeden Fall erfolgte eine getrennte Auswertung der Punktzahlen sowie ein gruppenvergleichender T- oder Mann-Whitney-U-Test, je nachdem welche Verteilungseigenschaft vorlag. Charakteristische Ausgangsvoraussetzungen der beiden Gruppen unterschieden sich nicht signifikant (Tabelle 1). Das mediane Alter unterschied sich nicht signifikant ($p = 0,78$) und die Geschlechterverteilung war mit 58 % in der FTR-Gruppe weiblich und mit 61 % in der SR-Gruppe ausgeglichen ($p = 0,5$). Der Weiterbildungsgrad der Teilnehmenden war mit 95 % in der FTR-Gruppe und 92 % in der SR-Gruppe mehrheitlich Assistenzärzte, lediglich mit einem kleinen Anteil ($p = 0,2$) waren Fachärzte vertreten. Die Vorerfahrung, gemessen an der Anzahl von eigenständig durchgeführten Ultraschalluntersuchungen, war zwischen den Gruppen gleichermaßen ausgeprägt mit 101 ± 132 der FTR-Gruppe und 107 ± 106 in der SR-Gruppe ($p = 0,76$). Wobei die Mehrheit der Teilnehmenden keine zertifizierte DEGUM-Stufe vorweisen konnten. Die Teilnehmenden waren mit 91 % bei der FTR-Gruppe und 79 % bei der SR-Gruppe mehrheitlich der HNO ansässig. Mit einem signifikant höheren Anteil waren Mund-Kiefer-Gesichtschirurgen in der SR-Gruppe mit 21 % häufiger vertreten als mit 9 % in der FTR-Gruppe ($p = 0,04$).

Tab. 1: Detaillierte Beschreibung der Studienteilnehmer

Eigenschaften der Studienteilnehmer	FTR-Gruppe	SR-Gruppe	P-Wert
Alter (Mittelwert \pm SD)	29,6 \pm 4,7	29,8 \pm 4,1	0,78
Geschlecht (%)			0,5
Männlich	42	39	
Weiblich	58	61	
Weiterbildungsgrad (%)			0,2
Assistenzärzte	0,95	0,92	
Fachärzte	0,03	0,06	
Oberärzte	0,02	0,02	
Spezialisierung			0,04
HNO	0,91	0,79	
MKG	0,09	0,21	
DEGUM-Level (%)			0,74
Keine	0,85	0,88	
I	0,15	0,12	
II	0	0	
III	0	0	
Eigenständig durchgeführte Ultraschalluntersuchungen (MW \pm SD)	101 \pm 132	107 \pm 106	0,76

3.2 Vollständigkeit und Präzision der einzelnen Befundgruppen

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Präzision in (Abbildung 10 b) und Vollständigkeit in (Abbildung 10 a) anschaulich dargestellt und detailliert in Tabelle 2 beschrieben.

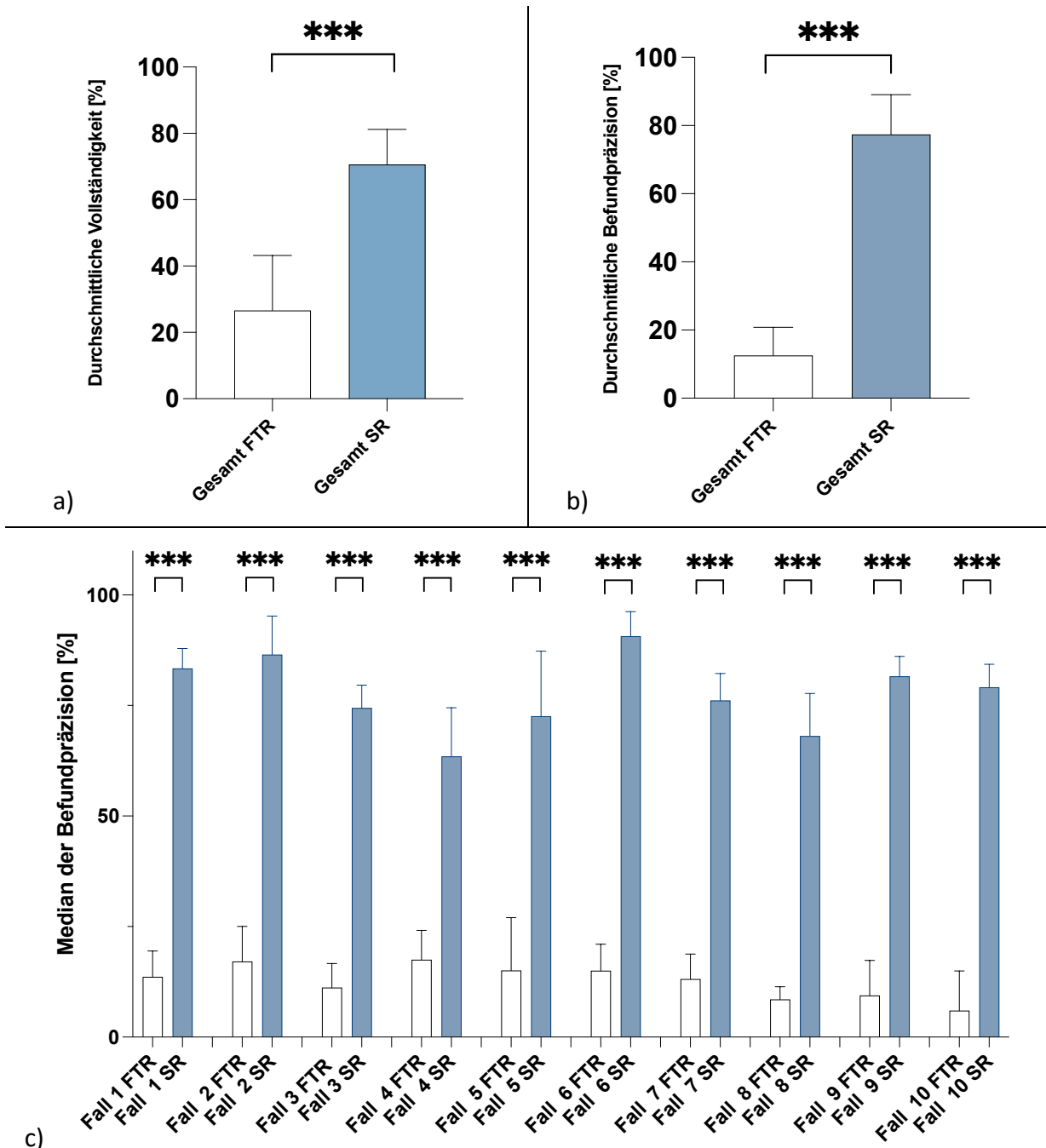


Abb. 10: Übersichtliche Darstellung der SR im Vergleich zu FTR; a) Durschnitt der Vollständigkeit von SR zu FTR im Gesamten; b) Durschnitt der Befundpräzision von SR zu FTR im Gesamten; c) Detaillierter Vergleich der medianen Befundpräzision [%] von SR zu FTR der Fälle 1-10. Fehlerbalken stellen die Standardabweichung mit einer statistischen Signifikanz von $p < 0,0001$ dar.

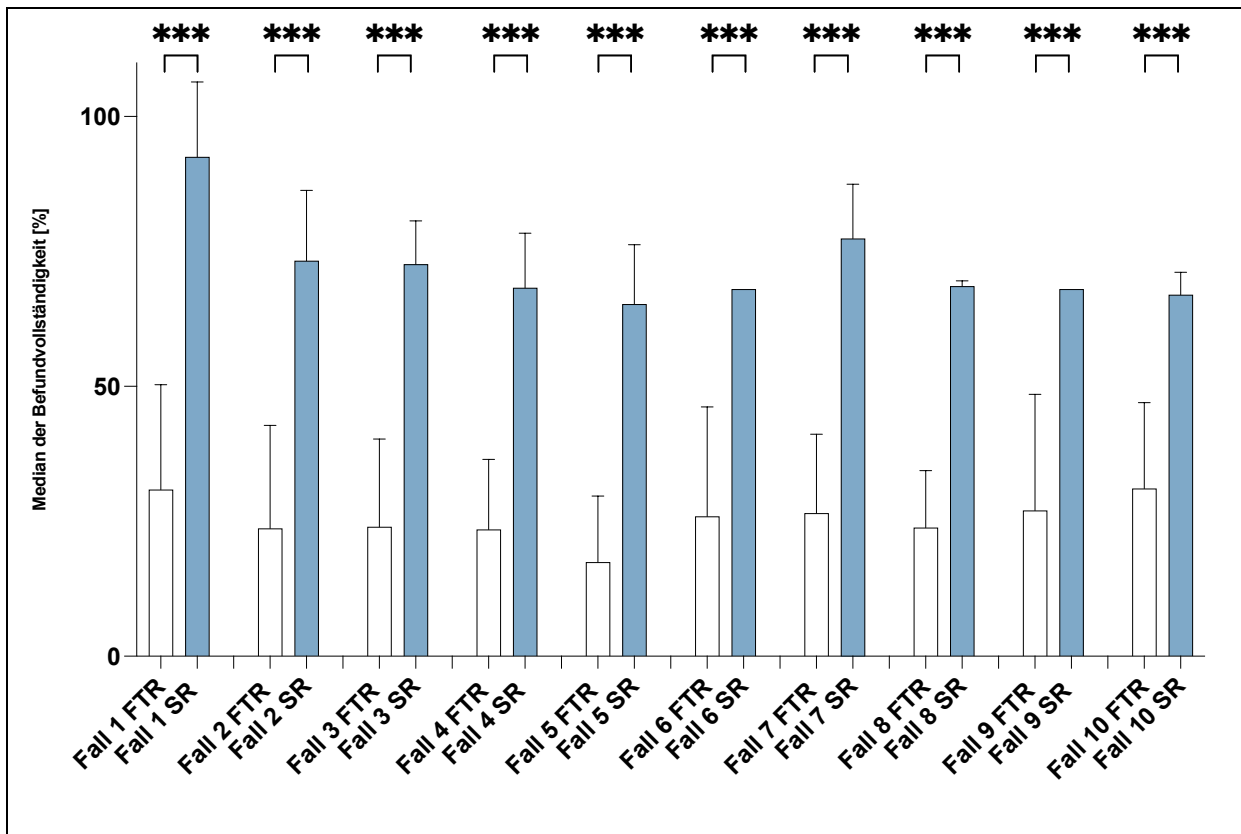


Abb. 11: Detaillierter Vergleich der medianen Befundvollständigkeit [%] von SR zu FTR der Fälle 1-10. Fehlerbalken stellen die Standardabweichung mit einer statistischen Signifikanz von $p < 0,0001$ dar.

In der statistischen Auswertung, bezogen auf die Vollständigkeit, erzielten die SR insgesamt einen signifikant höheren Gesamtwert als die FTR ($72,4 \pm 13,5$ % vs. $20,5 \pm 14,2$ %, $p < 0,0001$). Dieser Effekt war in allen 10 Fällen in der Untergruppenanalyse konstant zu beobachten. Mit einer signifikanten Differenz zu Gunsten des strukturierten Befundes. Beispielhaft zeigte sich dieser signifikante Unterschied in Fall 1, bei dem die Vollständigkeit $89,7 \pm 4,4$ % im SR erreichte, verglichen zu $32,1 \pm 17,2$ % im FTR.

Weniger ausgeprägte Differenzen waren in Fall 10 zu beobachten. Mit $66,5 \pm 4,2$ % im SR und $35,4 \pm 12,6$ % im FTR, mit P-Wert $< 0,0001$ jedoch immer noch signifikant (Tabelle 2).

Der Fall zu Fall Vergleich hinsichtlich des Präzisionsmittelwertes zwischen SR und FTR ergab eine statistische Signifikanz von $p < 0,001$ in allen Fällen, mit deutliche erhöhtem Präzisionswert zugunsten der SR, bei denen der gesamtumfassende Präzisionswert signifikant höher ($77,3 \pm 11,6$ %) im Vergleich zu den FTR war ($12,5 \pm 8,3$ %). Diese konstant höhere Präzision ist im Fall 6 mit $90,7 \pm 5,4$ % im SR, verglichen zu $15,0 \pm 5,7$ %

im FTR besonders deutlich erkennbar. Mit der geringsten Differenz in Fall 4, $63,5 \pm 10,7$ % SR, zu $17,5 \pm 6,3$ % FTR dennoch signifikant bei $p < 0,0001$ (Tabelle 2).

Tab. 2: Zusammenfassende Darstellung der Vollständigkeit und Präzision einzelner Befunde

Vollständigkeit (n, Mittelwert \pm SD in %)			
Fälle	FTR	SR	P-Wert
Gesamt	n = 115, 20,5 \pm 14,2	n = 141, 72,4 \pm 13,5	<0,0001
Fall 1	n = 8, 32,1 \pm 17,2	n = 11, 89,7 \pm 4,4	<0,0001
Fall 2	n = 10, 19,3 \pm 15,1	n = 14, 74,1 \pm 14,3	<0,0001
Fall 3	n = 12, 24,8 \pm 17,3	n = 16, 73,4 \pm 8,5	<0,0001
Fall 4	n = 10, 25,4 \pm 13,6	n = 18, 68,0 \pm 11,4	<0,0001
Fall 5	n = 18, 17,0 \pm 12,2	n = 18, 64,5 \pm 11,6	<0,0001
Fall 6	n = 10, 20,8 \pm 17,6	n = 15, 67,6 \pm 0,0	<0,0001
Fall 7	n = 11, 23,4 \pm 10,5	n = 7, 73,0 \pm 2,2	<0,0001
Fall 8	n = 10, 23,0 \pm 7,6	n = 9, 68,5 \pm 1,4	<0,0001
Fall 9	n = 13, 25,4 \pm 19,8	n = 15, 67,6 \pm 0,0	<0,0001
Fall 10	n = 13, 35,4 \pm 12,6	n = 18, 66,5 \pm 4,2	<0,0001
Präzision (n, Mittelwert \pm SD in %)			
Fälle	FTR	SR	P-Wert
Gesamt	n = 115, 12,5 \pm 8,3	n = 141,77,3 \pm 11,6	<0,0001
Fall 1	n = 8, 13,6 \pm 5,6	n = 11, 83,4 \pm 4,2	<0,0001
Fall 2	n = 10, 17,1 \pm 7,5	n = 14, 76,5 \pm 8,4	<0,0001
Fall 3	n = 12, 11,2 \pm 5,2	n = 16, 74,4 \pm 5,0	<0,0001
Fall 4	n = 10, 17,5 \pm 6,3	n = 18, 63,5 \pm 10,7	<0,0001
Fall 5	n = 18, 15,1 \pm 11,7	n = 18, 72,6 \pm 14,3	<0,0001
Fall 6	n = 10, 15,0 \pm 5,7	n = 15, 90,7 \pm 5,4	<0,0001
Fall 7	n = 11, 13,1 \pm 5,4	n = 7, 76,1 \pm 5,6	<0,0001
Fall 8	n = 10, 8,5 \pm 2,7	n = 9, 68,1 \pm 9,1	<0,0001
Fall 9	n = 13, 9,4 \pm 7,6	n = 15, 81,6 \pm 4,4	<0,0001
Fall 10	n = 13, 6,0 \pm 8,6	n = 18, 79,1 \pm 5,1	<0,0001

3.3 Korrelation und lineare Regressionsanalyse

Bei gemeinsamer Betrachtung der beiden Gruppen SR und FTR bezüglich ihrer Korrelation zwischen Vollständigkeit und Präzision (Abbildung 12 a), zeigt sich eine stark positive Abhängigkeit dieser beiden Parameter zueinander ($r = 0,85$). Mit einer Signifikanz von $p < 0,001$ lässt sich eine höhere Vollständigkeit, bei gleichzeitig höherer inhaltlicher Präzision nachweisen. Bei genauerer Differenzierung und Betrachtung der einzelnen Gruppen konnte bei den FTRs keine signifikante Korrelation beobachtet werden ($r = 0,02$, $p = 0,86$), (Abbildung 12 b). Eine signifikante, jedoch moderate Korrelation konnte bei den SR nachgewiesen werden (Abbildung 12 c) ($r = 0,30$, $p < 0,01$).

Um den genauen Einfluss der einzelnen Variablen wie Vollständigkeit und Präzision genauer darzustellen, erfolgte die Implementierung multipler, linearer Regressionsanalysen. Hierbei wurden DEGUM-Level, Geschlecht, Spezialisierung, Vorerfahrung im Erstellen von Ultraschallbefunden und SR- oder FTR-Zugehörigkeit mitberücksichtigt. Unter den einbezogenen Variablen konnte lediglich die Zugehörigkeit der SR-Befundung als signifikanter und beeinflussender Faktor auf Vollständigkeit und Präzision nachgewiesen werden. Bei der Präzision mit $\beta = 62,2$ und $p < 0,01$ und bei der Vollständigkeit mit $\beta = 47,4$ und einem P-Wert von 0,01.

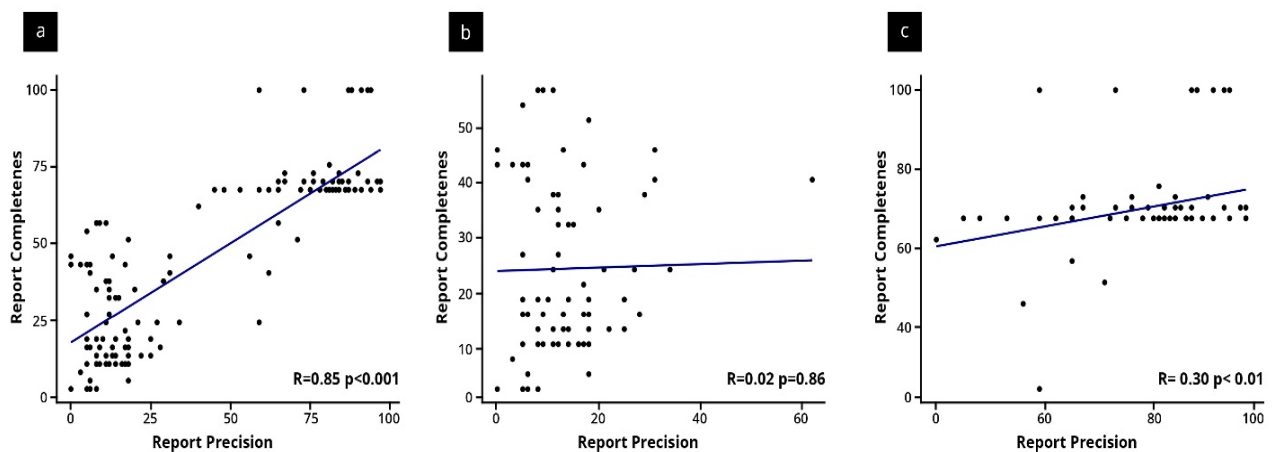


Abb. 12: Korrelation zwischen inhaltlicher Präzision und Vollständigkeit; (a) über alle Teilnehmenden hinweg, (b) in der Freitext-Berichtgruppe, (c) in der strukturierten Berichtgruppe. Jeder Punkt stellt einen einzelnen Bericht dar; die blauen Linien zeigen die Trends der linearen Regression an.

4. Diskussion

Die in dieser Dissertation durchgeführte Studie hatte das Ziel, den Einfluss von SR auf die Präzision von Sonographiebefunden der Kopf-Hals-Region im Vergleich zu den FTR zu evaluieren. Als SR werden standardisierte Vorlagen bezeichnet, die einen klar strukturierten Arbeitsprozess mit vordefinierten Entscheidungsbäumen, semantisch geprüften Textbausteinen und inhaltlich aktuellem, leitliniengerechtem Inhalt dem Untersuchenden zur Verfügung stellen. Dieses Konzept ermöglicht es Untersuchenden, unabhängig von ihrem Weiterbildungsgrad und Vorerfahrungen, vollständigere, fachterminologisch richtige und formal konsistente Befunde mit hoher Validität zu verfassen. Die ermittelten Ergebnisse zeigen eine signifikante Verbesserung in der Vollständigkeit der Befunde. Dieses Ergebnis spiegelt sich in anderen Studien und Publikationen wider (Becker et al., 2021; Ernst et al., 2019a; Ernst et al., 2019b; Ernst et al., 2020b). Bezüglich der Zielsetzung der Studie konnte ebenfalls eine signifikant gesteigerte inhaltliche Präzision der Befunde durch die Implementierung der SR nachgewiesen werden. Zusammenfassend war in allen 10 Fällen die Präzision bei SR um $77,3 \pm 11,6 \%$ signifikant erhöhte, im Vergleich zu FTR mit $12,5 \pm 8,3 \%$ und einem $p < 0,0001$. Konkret konnte in unserer Kohorte die Vollständigkeit der Befunde im Gesamten durch die Etablierung von SR mit $72,4 \pm 13,5 \%$ zu FTR von $20,5 \pm 14,2 \%$ mit einem p-Wert von $p < 0,0001$ signifikant nachgewiesen werden.

Nimmt man die erwähnten und vorangegangenen Studien mit in Betracht, konnte mit dieser Dissertation das Konglomerat an Zielsetzungen von Gesamtqualität, Vollständigkeit, Lesbarkeit, IRR und Detailliertheit durch die Untersuchung der inhaltlichen Präzision vervollständigt werden und durch die konkrete Darstellung der signifikanten Steigerung der Präzision mit SR in der Ultraschalldiagnostik an der Kopf-Hals-Region einen guten Kontrast zu der seit vielen Jahren bestehenden FTR aufweisen (Park et al., 2019; Sabel et al., 2017; Schoeppe et al., 2018). Diese objektivierbaren Zielsetzungen wurden zusätzlich durch eine höhere Benutzerzufriedenheit bei SRs in anderen Arbeiten untermauert, bei denen Angaben zu Alltagstauglichkeit, Anwendbarkeit und Unterstützung im Klinikalltag abgefragt wurden und besonders von Assistenzärzten als

bevorzugt bewertet wurden, mit einer VAS von 8,6 mit SR zu 3,9 bei FTR (Ernst, et al., 2020).

Trotz langjähriger Etablierung im Klinikalltag ist die FTR mit zahlreichen Problemen verbunden, welche aus einer multikomplexen Entwicklung der Sonographie und des Klinikalltags hervorgeht, (European Society of, 2018; Norenberg et al., 2017).

Die Sonographie hat in den letzten Jahren durch technologische Fortschritte einen Zuwachs an diagnostischer Sensitivität und Spezifität gewonnen (Mojoli et al., 2019; Welkoborsky, 2009). Der sich hieraus ergebende Zugewinn dieses Diagnostikums wird dadurch bestärkt, dass die Kopf-Hals-Sonographie in vielen Leitlinien als Goldstandard zur Diagnostik im klinischen Alltag der HNO betitelt wird (Beach et al., 2010; Coltrera, 2014; Moshtaghi et al., 2017). Zusätzlich lassen sich leicht an weiteren Parametern erkennen, warum dieses Diagnostikum sich zum Goldstandard in der HNO entwickelt hat. Die hohe frequentiert Nutzung im Klinikalltag, durchschnittlich zehn bis zwölf Mal pro Tag, die kostengünstige Nutzung und nicht invasive Diagnosemöglichkeit sind diesbezüglich nennenswert, wird jedoch spezifisch für die HNO in anderen Aspekten deutlicher. (Heyduck et al., 2018; Weimer et al., 2022).

Die Sonographie hat einen nachgewiesenen Stellenwert in der Primärdiagnostik. Durch die vielseitigen Krankheitsbilder in der Kopf-Hals-Region muss eine facettenreiche Diagnostik erfolgen (Forghani et al., 2015; Kunzel et al., 2017). Zusätzlich spielt sie als diagnostisches Mittel eine zentrale Rolle in der Verlaufskontrolle und wird als gängiges, apparatives Planungsmodul für Operationen eingesetzt (Adibelli et al., 1998; Bialek et al., 2006). Aber selbst in der alltäglichen Befunderstellung wird der Ultraschall als qualitativer Standard herangezogen, um der Komplexität der anatomischen Strukturen und deren topografischer Lagebeziehung gerecht zu werden (Bock et al., 2019). Aufgrund dieser medizinischen Herausforderung wird in der aktuellen Version der Weiterbildungsordnung für Fachärzte der HNO ein Pensum von 400 Ultraschalluntersuchungen vorgeschrieben (Kunzel et al., 2021b). Hinsichtlich der medizinischen Herausforderung ist die hochauflösende Echtzeitdarstellung des Ultraschalls vorteilhaft. Es stellt morphologische Veränderungen präzise und detailreich dar (Kunzel et al., 2017). Eine typische Indikation dieser morphologischen Veränderungen ist die Tumornachsorge nach Kopf-Hals-Malignomen. Auch die vielseitige Dignität einzelner zervikaler Gewebe, wie Lymphknoten und Speicheldrüsen mit ihren unterschiedlichen Pathologien, können detailliert und

einzeitig dargestellt werden (Prasad & Chen, 2018). Gerade in der Onkologie der Kopf-Hals-Region ist in den letzten Jahren ein Zuwachs der Komplexität erfolgt, welcher auf die Zunahme der zu beachtenden diagnostischen Parameter und *Staging*-Klassifikationen zurückzuführen ist. Beispielhaft sei hier die Differenzierung zwischen HPV positiven und negativen Oropharynxkarzinomen in der TNM-Klassifikation angeführt (Brierley et al., 2016; Orlandi et al., 2019).

Ein weiterer Aspekt der Multimodalität des Komplexitätszuwachs im Klinikalltag ist das Zeit-Management von Ärzten. Die Bürokratie im ärztlichen Alltag hat über die Jahre zugenommen. Nicht nur aus strukturellen Defiziten, wie Ressourcenmangel und Personalmangel, sondern auch aufgrund der verstärkten Dokumentationspflichten ist in der klinischen Praxis ein Mangel an verfügbarer Zeit spürbar (Pitre et al., 2018). Auch hier konnten vorangegangene Arbeiten belegen, dass durch Nutzung von SR der zeitliche Aufwand für die Dokumentation signifikant verkürzt wird (Ernst et al., 2020). Anfänglich stellte sich eine erhöhte Dauer der Befundung da, was auf die Umstellung der Befundungssysteme und auf den Wechsel von haptischer Befundung zu digitaler zurückzuführen ist, was sich allerdings durch das Adaptieren an die neue Befundart relativiert und durch Etablierung effizienterer Arbeitsabläufe aufgeholt wird (Norenberg et al., 2017; Sluijter et al., 2016).

Die zuvor erwähnten Verpflichtungen finden ihre gesetzlichen Verankerungen im §10 der ärztlichen Berufsordnung sowie im §57 des Bundesmantelvertrages der Ärzte, als auch ergänzend in der Ultraschallvereinbarung nach §135 Absatz 2 SGB V, welche eine vollständige und nachvollziehbare Befunddokumentation vorschreibt.

Hieraus resultieren Forderungen an effizienteres Gestalten des Zeit-Managements und Optimieren von strukturellen Aspekten (Gordon & Borkan, 2014). Einer dieser Aspekte ist die Befunddokumentation. Während Studierende schon im Rahmen ihrer universitären Ausbildung eher an die praktische Handhabung des Sonographierens herangeführt werden, wird das schriftliche Verfassen von Befunden meistens erst im letzten Abschnitt des Studiums, dem praktischen Jahr oder sogar erst mit Antritt der ersten Weiterbildungsstelle präsent (Wallis & McCoubrie, 2011). Ein Defizit, welches weder im Curriculum des Humanmedizinstudiums adressiert wird noch im Curriculum der ärztlichen Weiterbildung konkreter Bedeutung beigemessen wird. Ein Widerspruch zur Bewertung von Medizinstudierenden und berufsbeginnenden Assistenzärzten, welche strukturiertes

Arbeiten und Erstellen von Befunden als Kernkompetenz im ärztlichen Berufsalltag sehen (Furstenberg & Harendza, 2017; Miles et al., 2017).

Gerade in diesem Zusammenhang haben vorangegangene Studien nachweisen können, dass SR im Vergleich zu FTR unter Studierenden präferiert wird, da sie als alltagstauglicher, einsteigerfreundlicher und übersichtlicher bewertet wird (Ernst et al., 2019). In einer weiteren Subgruppe berufseinsteigender Assistenzärzte, wurde die SR-Befundungen als unterstützend im Lernprozess gesehen, da sie mit dem Schritt-für-Schritt-Konzept durch die Untersuchung und das Befunden geleitet werden (Ernst et al., 2019). Zusätzlich wird ihnen eine korrekte Terminologie von vornherein präsentiert und ein Konzept an die Hand gegeben, mit dem sie sich strukturiert durch die komplexen anatomischen Gegebenheiten arbeiten können (Ernst et al., 2020). Ergänzend besitzt dieses Konzept einen präventiven, didaktischen Vorteil, da es Fachterminologie direkt im richtigen Kontext vorstellt und sich somit keine Formulierungsfehler einschleichen und verfestigen können (Dobranowski, 2015). Diese Bewertung wurde in früheren Studien systematisch durch Evaluationsbögen und Zufriedenheitsskalen erhoben und konnte ergänzend herausarbeiten, dass die meisten Befragten das Verwenden von SR als zeitsparender empfinden (Ernst et al., 2020).

Ein weiterer didaktischer Zugewinn liegt in dem gleichbleibenden und wiederkehrenden Arbeitsablauf, welcher den Lernprozess dadurch fördert, dass die einzelnen Arbeitsschritte und Anatomien in gleichbleibender Reihenfolge abgearbeitet werden. Dieser didaktische Aspekt wird durch die Ergebnisse dieser Studie bestärkt, da sowohl Vollständigkeit als auch die inhaltliche Präzision durch das Verwenden von SR im Vergleich zu FTRs ($72,4 \pm 13,5\%$ vs. $20,5 \pm 14,2\%$, $p < 0,0001$) signifikant verbessert wurden. Frühere Studien zeigten zudem, dass durch Anwenden von SR weniger Pathologien übersehen werden (Johnson et al., 2009; Kahn et al., 2013; Lin et al., 2014; Tuncyurek et al., 2019).

Bezüglich des Lernprozesses war in vorherigen Studien nicht konkret klar, ob dieser Effekt nur einen kurzfristigen Wirkungsgrad durch Implementierung von SR darstellt. Es musste genauer differenziert werden, ob das Implementieren der SR zu einem kurzwirksamen Effekt auf Vollständigkeit und Qualität führt, wie es in (Ernst et al., 2020; Wildman-Tobriner et al., 2017) zu finden ist oder ob longitudinale Auswirkungen in Form einer Lernentwicklung beobachtet werden können. Während eine Erhöhung der Befundqualität

in einem kurzen Zeitintervall beobachtet werden konnte, wurde eine signifikante und sukzessive Lernentwicklung in einem längerfristigen Zeitverlauf deutlich. Mit einer verbesserten Zeiteffizienz bei Nutzung von SR im Vergleich zu einer Stagnation bei der Nutzung von FTR (Ernst et al., 2020). Diese Ergebnisse lassen einen longitudinalen Lernprozess schlussfolgern. Die Steigerung der Befundqualität in einem kürzeren Zeitraum und die Ausbleibende im längerfristigen, könnte durch einen *Ceiling*-Effekt erklärt werden. Das Anwenden von SR gewährleistet einen direkten Effekt auf die Vollständigkeit und resultiert dadurch in einer signifikanten Erhöhung der verbundenen Qualität. Durch das vollständigere Erstellen der Befunde kann eine Steigerung der Qualität nicht mehr signifikant messbar sein. Es könnte sich dadurch schwerer in der longitudinalen Perspektive darstellen lassen.

Eine Begründung für die vollständigeren Befunde könnte darin liegen, dass durch das strukturierte Befunderheben die Teilnehmenden, analog zum Freitextformat, an einen Leitfaden herangeführt werden, dieser jedoch einen klaren Handlungsablauf vorgibt, ihn auch strukturiert beschreibt und durch *Drop-Down*-Menüs die Untersuchenden an andere zu untersuchende Areale erinnert. Dadurch werden die Teilnehmenden innerhalb Ihrer Untersuchung passiv darauf hingewiesen, alle relevanten Strukturen abzarbeiten und zu diagnostizieren, sowie aktiv auszuwählen und abzarbeiten (Nobel et al., 2020). In diesem Kontext sollten jedoch zwei Kritikpunkte erwähnt werden. Der starre und gleichbleibende Arbeitsablauf der SR in der Diagnostik wird darin kritisiert, einen Mangel an Adaptation und Flexibilität mit sich zu bringen und der komplexen Anatomie und dem breiten Spektrum an Diagnostik nicht gerecht zu werden scheint (Reiner, 2009). Eine These, die eine Checklisten-Mentalität implementiert und durch mehrere Studien darin bestärkt wird, dass FTR im Bereich der Befundqualität eine Überlegenheit zu SR zeigt (Bosmans et al., 2012; Johnson et al., 2009; Siström & Honeyman-Buck, 2005). Dieser These wurde durch vorangegangene Studien auf mehreren Ebenen begegnet. Eine verbesserte zeitliche Effizienz (Ernst et al., 2020b), einer höheren Benutzerzufriedenheit (Ernst et al., 2019b) und einer verbesserten Vollständigkeit (Ernst et al., 2019a) und lässt Rückschlüsse auf eine eher geringeren alltags Relevanz ziehen. Es konnte zusätzlich durch die ermittelten Ergebnisse dieser Dissertation ebenfalls untermauert werden. Insbesondere durch eine signifikante Verbesserung der inhaltlichen Präzision. Ferner wird der Kritikpunkt der Checklistenstruktur in neueren Modellen durch die Möglichkeit von Freitextfeldern, welche

von den behandelnden Ärzten individuell ausgefüllt und an die jeweilige Pathologie angepasst werden können, adressiert und durch die Weiterentwicklung der Entscheidungsbäume und Arbeitsabläufe hin zu intelligenteren Arbeitsalgorithmen und umfangreicheren, adaptiveren Entscheidungsstrukturen in puncto Rigidität entgegengewirkt (Naik et al., 2001; Sabel et al., 2017).

Der zweite Kritikpunkt, welcher in früheren Studien angeführt wurde, war die Hypothese, dass durch Implementieren der SR ein anfänglicher Zeitverlust zu beobachten ist (Sluijter et al., 2016). Dies konnte Ernst et al. in Studien widerlegen und zeigen, dass junge Weiterbildungsassistenten bereits bei der ersten Anwendung von SR eine signifikant verbesserte zeitliche Effizienz im Vergleich zu FTR aufwiesen (Ernst et al., 2019a; Ernst, et al., 2019b). Eine Begründung hierfür lässt sich am ehesten darin finden, dass die erste Generation von SR-Systemen wenig intuitiv aufgebaut waren und nicht reibungslos in den Klinikalltag integriert werden konnten. Ein Mehraufwand, der von dem Anwendenden in der Anpassung und Bedienung des neuen Systems geleistet werden musste und ein Umstrukturieren der gewohnten Arbeitsabläufe mit sich brachte und nicht an dem Grundprinzip des strukturierten Befundens gelegen hat (Marcovici & Blume-Marcovici, 2013).

Was jedoch vorteilhaft für FTRs verbleibt, ist das eigenverantwortliche Erarbeiten eines Befunds. Die kritische Auseinandersetzung mit der Thematik, die den Lernprozess fördert, ein besseres Verständnis vermittelt und der damit verbundenen Lernkurve dienlich ist. Eine, wie schon mehrfach erwähnt, komplexe Anatomie, die nicht immer zu 100 % in einem strukturierten Befund Platz finden kann und ein kritisches Hinterfragen der befundeten Struktur erfordert, kann durch das feste Schema ein differenziertes Überlegen und ggf. auch nötige Formulierung bei Unsicherheit unterbunden werden (Bosmans et al., 2012). Ein Grundprinzip, das im allgemeinen ärztlichen Tätigkeitsbereich vielfältig in Arztbriefen oder OP-Berichten oder sogar in späteren Gutachten angewendet werden muss.

Fusioniert man nun die dargelegte Komplexität der Kopf-Hals-Sonographie mit der häufig unzureichenden Auseinandersetzung mit der Befunderstellung, ist der Mangel an Kenntnis über Befundstruktur nicht verwunderlich. Erschwerend kommt hinzu, dass Befunde oft in einem FTR-Format verfasst werden und durch ihre fehlende Struktur sich häufig kein durchgängiges Schema entwickelt (Pinto Dos Santos & Baessler, 2018). Die

sich hieraus ableitenden und diskutierten Fehler beginnen mit mangelnder Kenntnis der Terminologie, ungenaue Formulierungen aufgrund von fehlender Erfahrung und könnten in Unsicherheiten bei der Interpretation von Ergebnissen enden (Gassenmaier et al., 2017). Berücksichtigt man hierzu das vorherig angesprochene curriculare Defizit im Humanmedizinstudium und der ärztlichen Weiterbildungsordnung, kann dieser Mangel durch Etablieren und Implementieren von SR ausgeglichen werden und eine zentrale Rolle in der Verbesserung von Lehre für Studierende und Weiterbildungsassistenten spielen. Gerade für Studierende könnten diese Ziele durch Kleingruppen adressiert werden, in denen die Handhabung des Sonographierens untereinander geübt wird und in Kombination mit SR somit ein Musterbefund erstellt werden kann, der die grundlegende Terminologie sowie die grundlegenden Arbeitsschritte darlegt und in gedruckter oder digitaler Ausgabe an die Studierenden ausgegeben werden könnte, womit herangehenden Ärzten ein Leitfaden von grundlegenden Arbeitsschritten und Abläufen an die Hand gegeben wird. Ein grundlegendes Konzept, das nicht nur fachspezifisches Potenzial mit sich bringt, sondern zusätzlich in anderen Fachdisziplinen Anwendung finden könnte.

Bezieht man die zunehmende Arbeitsbelastung, die komplexe Anforderung an die Diagnostik und mangelnde Erfahrung zusätzlich mit ein, wird das Risiko für unvollständige oder sogar fehlerhafte Befunde deutlich. Nicht beachtete Formalitäten der FTR, wie ein handschriftliches Verfassen von Befunden mit ggf. schematischen Skizzierungen in ein Piktogramm, erschweren dies durch mangelnde Lesbarkeit zusätzlich. Die Lesbarkeit eines handschriftlich verfassten Befundes schwankt individuell und wird durch den zuvor erwähnten Zeitmangel weiter beeinträchtigt (Wallis & McCoubrie, 2011). Ein Mehraufwand an Zeit, um handschriftliche Befunde zu dechiffrieren kann entstehen oder es ist sogar ein Nachfragen bei dem befundenden Arzt nötig, was dem Aspekt des optimierten *Zeit-Management* zuwiderläuft und den intra- und interdisziplinären Austausch erschwert. Diese Unleserlichkeit kann zu negativen Konsequenzen führen. Zusätzlich birgt es Fehlerquellen in einem erhöhten Verwechslungsrisiko und durch fehlende Konkretisierung könnten sogar gravierendere Konsequenzen entstehen, wie Fehlbehandlungen oder inkorrekte Diagnosen (Sluijter et al., 2016; Wallis & McCoubrie, 2011).

Im Kontrast dazu konnte in den FTRs beobachtet werden, dass zwar die zu untersuchende Region und damit verbundenen Pathologie beschrieben wird, jedoch

andere Areale oft außer Acht gelassen werden oder nur ungenügend beschrieben wurden. Ein Grund hierfür könnte sein, dass die Vorlage nicht systematisch abgearbeitet wurde, die Informationen auf dem ausgedruckten FTR zunächst überfordernd wirkten und sich dadurch nur selektiv auf die zu untersuchende Pathologie konzentriert wird, um der Fülle an gelieferten Informationen gerecht zu werden. Eine weitere Begründung könnte darin liegen, dass durch die Anwendung eines digitalisierten SR vorprogrammierte Textbausteine per *Point-and-Click* eingefügt werden, welche zuvor grammatikalisch, fachterminologisch und orthographisch geprüft wurden. Durch Computer erstellte Textbausteine resultieren in einer 100 % Lesbarkeit. Eine Funktion, die nicht nur hochwertigere Befunde generiert und Nichtmuttersprachler das Dokumentieren erleichtert, sondern auch ein Generieren von mehrsprachigen Befunden ermöglicht (Sabel et al., 2018; Sobez et al., 2019). Durch ergänzende *Software* kann der strukturierte und vorgefertigte SR in eine gewünschte Fremdsprache übersetzt werden, ohne dabei signifikant an Qualität zu verlieren (Bosmans et al., 2012; Ranschaert & Binkhuysen, 2013). Eine praktikable Erweiterung, die für internationale Kommunikation, beispielhaft im Austausch wissenschaftlicher Arbeiten, Forschung oder klinischer Kollaboration immense Vorteile mit sich bringt (Sobez et al., 2019). Eine weitere Stärke liegt in der Optimierung des Arbeitsaufwandes, da beim Freigeben der Befunde durch Fachärzte keine Korrektur der Grammatik, Rechtschreibung, Terminologie oder Orthografie stattfinden muss.

Weiterführend kann im Rahmen der Ineffizienz von medizinischen sowie formellen Aspekten auch der ökonomische Bereich mit einbezogen werden. Unter anderem regelt die Ultraschallvereinbarung nach §135 Absatz 2 SGB V nicht nur die Justiziabilität in Sachen Dokumentationspflicht, sondern bildet einen großen Bestandteil der vertragsärztlichen Qualitätssicherung ab. Hierin wird klar beschrieben, dass eine fachliche Qualifikation der Ärzte gewährleistet sein muss. Die erforderliche fachliche Befähigung kann entsprechend durch Weiterbildungen erfolgen, beispielsweise durch Teilnahme an Ultraschallkursen. Die vertragsärztliche Qualitätssicherung wird in spezifischen Maßnahmen festgelegt. Hierbei sind eine Konstanzprüfung der Geräte in regelmäßigen Abständen vorgeschrieben, sowie eine Fortbildungspflicht für die Ultraschalluntersuchungen durchführenden Ärzte festgelegt. Ein weiterer wichtiger Bestandteil ist eine jährliche Stichprobenprüfung, um die Qualität der Ultraschalluntersuchung zu prüfen. Es wird ein prozentualer Anteil der Untersuchungen

ausgewählt und auf den Aspekt Qualität bewertet (Bundesvereinigung, 2008). Hieraus ergeben sich klare Vorteile für SR durch oben angeführten Punkt und durch die in dieser Studie ermittelten Ergebnisse klar im Vorteil. Ein wichtiger Aspekt für die Krankenhausökonomie, da durch das strukturierte Erstellen von Befunden eine formale, inhaltliche und valide Konsistenz geschaffen wird. Ferner bilden Befunde die Grundlage für therapeutische Entscheidungen, Kontrolluntersuchungen, Arztbriefe und Folgeuntersuchungen, welche letztlich mit der Abrechnung verbunden sind und somit präzisere Angaben zur Abrechnung mit den Krankenkassen ermöglichen (Kobberling, 2017).

Geht man von dieser grundlegenden Ausgangsbasis der Befunde aus, sollte innerhalb einer Abteilung die Vergleichbarkeit der Ultraschallbefunde hoch sein und die angegebenen Aspekte sollten einheitlich adressiert sein, um eine valide Qualität der Abteilung zu gewährleisten, was jedoch durch FTR nicht gegeben ist. Dieser neigt zu starken Variationen, was sowohl durch individuelle Terminologie und Syntax als auch durch fehlende Standardisierung bedingt ist (Norenberg et al., 2017). Die Folgen beinhalten unter anderem eine erschwerte Vergleichbarkeit und ein reduziertes Analysepotential. Obwohl in dieser Studie die Erhebung von IRR nicht explizit erfolgte, konnte in vorangegangenen Studien mittels Fleiss' Kappa der Vorteil von strukturierten Befunderhebungen deutlich ausgearbeitet werden und als „substanziell“ bis sogar „nahezu perfekt“ beschreiben werden, bei einem signifikanten κ von 0,72 und einem Übereinstimmungsgrad von 87,2 %. Ein Ergebnis, das die Objektivität, Reproduzierbarkeit und Vergleichbarkeit von SR im klinischen Alltag untermauert. (Ernst et al., 2021) Durch ihre geringere Subjektivität bieten SRs strukturierte und katalogisierbare Datensätze, welche eine hohe Validität mit sich bringen (Ernst et al., 2021). Meist ist die Voraussetzung einer hohen IRR ein Homologisieren von Arbeitsprozessen und eine fortschreitende Digitalisierung, was wiederum eine Produktivitätssteigerung mit sich bringt und den ökonomischen Aspekt zusätzlich adressiert (Afolalu, 2021; Cohen, 2019).

Weiterführend erleichtert eine Digitalisierung das interdisziplinäre Zusammenarbeiten und ermöglicht es, fremdsprachlich und fremd fachübergreifend Ergebnisse auszuwerten oder zu interpretieren (Ranschaert & Binkhuysen, 2013; Sobez et al., 2019). Die Integration von SR-Software in bestehende Klinik-IT-Infrastruktur stellt gleichzeitig eine

entscheidende Voraussetzung, als auch eine große Herausforderung dar. Da die SR-Programme mit bestehenden medizinischen Kliniksystemen kompatibel sein müssen und sich gleichzeitig nahtlos in bestehende Arbeitsprozesse einfügen müssen, beginnt die Herausforderung bereits auf infrastruktureller Ebene. Zusätzlich spielt die Diversität an digitalen Informationsverarbeitungsprogrammen eine entscheidende Rolle, da in deutschen Kliniken kein national einheitliches Krankenhausinformationssysteme (KIS) etabliert ist, sondern eher eine Vielzahl an Anbietern diesen Bereich abdecken. Daraus lässt sich ableiten, dass SR-Systeme individuell in jedes vorhandene KIS eingearbeitet und angepasst werden müssen. Ein Aufwand, der zeitlich, als auch finanziell gerechtfertigt sein muss (Zenker et al., 2024). Indizien zu solch einer Umsetzung und Rechtfertigung, liefern bereits etablierte Dokumentationssysteme wie das Radiologieinformationssystem (RIS) und das *Picture Archiving and Communication System* (PACS) welche heute eine Grundvoraussetzung der radiologischen Telemedizin bilden und den interdisziplinären Austausch innerhalb von Kliniken, zwischen ambulanten und stationären Sektor, aber auch zwischen Krankenhäusern erleichtert. Demzufolge gibt es Installationsmöglichkeiten, die eine Interoperabilität gewährleisten. Selbst auf einer internationalen Ebene, gibt es bereits implementierte IT-Standards wie *Health Level 7* (HL7), *Fast Healthcare Interoperability Resources* oder Radlex, die zusätzlich eingebunden werden könnten und so auch den vorangegangenen Punkt der wissenschaftlichen Zusammenarbeit mit einbinden würden. Trotz dieser internationalen Standards ist die Umsetzung und Angliederung an dieses digitale Informationssystem in Deutschland schleppend und bedingt oft eher frustrierende Arbeitsprozesse, die durch Ausdrucken, Scannen und Faxen geprägt sind (Brammen et al., 2017; Pohlmann et al., 2020). Eine weitere Hürde, die es zu überwinden gilt, liegt in den SR-Daten an sich. Die Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) reglementiert das Erheben von Daten. Sie verlangt, dass personenbezogene Daten angemessen geschützt sein müssen, dürfen nur auf rechtmäßige Weise und für klar definierte Zwecke erhoben werden und brauchen die Einwilligung der betroffenen Personen und müssen bei Speicherung verschlüsselt oder zugriffkontrolliert gespeichert sein (Union, 2016). Demzufolge sollten die Daten, bevor sie erhoben werden, auf die Einwilligung überprüft werden und lokal auf Klinikservern, verschlüsselt oder passwortgeschützt gespeichert sein, um ein Abgreifen dieser Daten durch Dritte zu verhindern. Darüber hinaus empfiehlt es sich, dass bereits in Kliniken

etablierte Rollenspezifische Zugriffssystem auf SR-Daten zu erweitern, um sicher zu stellen, dass nur ärztliche Mitarbeiter auf die Daten zugreifen können. Dies würde konform mit den Forderungen der DSGVO sein, bedeutet jedoch einen Mehraufwand für Kliniken (Lee & Chang, 2012).

Perspektivisch könnten strukturierte Befunde dadurch nicht nur den Klinikalltag durch fachgerechte Dokumentation erleichtern und die Patientensicherheit erhöhen, sondern auch Interoperabilität verbessern und die nationale, sowie internationale Kollaboration vereinfachen. Durch die Eigenschaften der Datensätze an sich, wird eine ideale Voraussetzung für Qualitätskontrollen innerhalb von Kliniken und für Forschungen geschaffen. Die durch SR generierten Daten sind semantisch und terminologisch einheitlich und ideal zu katalogisieren. Eine gute Ausgangssituation für BDA und maschinelles Lernen. KI sowie BDA benötigen geordnete und präzise Daten, um spezifische Aspekte von Algorithmen zu schulen und zu verfeinern, damit großen Datenmengen für Analysen extrahiert werden können. (Olivera et al., 2019; Pinto Dos Santos & Baessler, 2018) Ein weiterer Vorteil in den SR-Daten liegt in ihrer hohen IRR und formalen Konsistenz. Sie sind homogen in ihrer Sprache und in ihrer Struktur, was Data Mining präzisiert und vereinfacht und gleichzeitig für oben genannten Algorithmen selbstlernender KIs sehr vorteilhaft ist, da sie dadurch zügiger Muster erkennen und in kürzerer Zeit zu Ergebnissen kommen (Ristevski & Chen, 2018). Diese Mustererkennung kann in unterstützende Software integriert werden, um medizinisches Fachpersonal im Klinikalltag zu entlasten. Durch verbessertes Zeitmanagement, durch effizientere Behandlungsmuster, Entscheidungshilfen in Diagnostik oder präventive Maßnahmen in früher Erkennung von Erkrankungen (Margolies et al., 2016).

Ein bislang unbeachteter, aber definitiv diskussionswürdiger Punkt ist der Einfluss von SR auf standardisierte Operationsplanungen (SOP). So wie durch technischen Fortschritt die Sonographie an Relevanz im medizinischen Alltag gewonnen hat, ist durch diesen ebenfalls der operative Fortschritt vorangetrieben worden. Als einer dieser sich weiterentwickelten Operationsverfahren sei hier die Nasennebenhöhlenoperation (NNH-OP) beispielhaft angegeben, da durch Entwicklung von technischem Equipment andere operative Verfahren möglich gemacht worden sind, wie die minimalinvasive *Functional Endoscopic Sinus Surgery* (Stammberger & Posawetz, 1990). Zusätzlich ermöglichte der technische Fortschritt die Weiterentwicklung von anderen diagnostischen Mitteln wie der

Computertomographie, welche einen essenziellen Bestandteil in der Diagnostik der Nasennebenhöhlen (NNH) bildet (Deutschmann et al., 2013). Dies stellt ein lehrbuchartiges Beispiel für die Entwicklung zweier paralleler Systeme dar, die in Kollaboration neue Therapien ermöglichen. Die Herausforderung dieser Umsetzung bildet sich aus den verschiedenen Perspektiven beider Fakultäten, der Radiologie und der HNO. Während die radiologische Betrachtung einen Fokus auf die zu klassifizierende Pathologie und deren Ausmaß in der CT-Befundung legt, fokussieren sich die HNO-Ärzte eher auf die Anatomie und die Lagebeziehung der Pathologie, um einen optimalen operativen Zugang zu wählen (Ramakrishnan et al., 2011). Eine unterschiedliche Herangehensweise, bei der auf der einen Seite die möglichst präzise und ausführliche Befundung der Pathologie steht, während auf der anderen Seite ein eher pragmatischer Ansatz verfolgt wird, bei dem eine möglichst detaillierte Planung zur Abschätzung der Operativen Möglichkeiten im Vordergrund steht. Obwohl diese Kollaboration mit unterschiedlichen Herangehensweisen schon länger existiert, bestanden jedoch wenige Daten zur Einflussnahme einer strukturierten Operationsplanung in Anlehnung an SR (O'Brien et al., 2016). Ernst et al. konnten in ihrer Publikation Ergebnisse präsentieren, die zeigen, dass die Kombination von SR mit einem standardisierten Arbeitsablauf, Rückschlüsse auf eine gesteigerte Vollständigkeit in der radiologischen, als auch der HNO-Herangehensweise zu ziehen sind. Zusätzlich eine signifikante Steigerung im Erkennen von gefährdeten anatomischen Strukturen, wie die Lamina papyracea nachweisbar ist. Darüber hinaus wird durch das Strukturieren und dem ausführlicheren präoperativen Planen die Dokumentation in Ihrer Qualität gesteigert und bringt eine erhöhte medizinisch-rechtliche Sicherheit für den behandelnden Arzt mit sich. Auch der Aspekt des Lernprozesses konnte hier mit einbezogen werden, da Ärzte in Weiterbildung durch eine detailliertere präoperative Planung eine positive und gesunde Entwicklung ihres Selbstvertrauens bilden und dadurch die Lernkurve positiv beeinflusst werden (Ernst, Reissig, et al., 2020). Zusammenfassend liefert das Etablieren von SR in der präoperativen Planung eine Reduktion der Komplikationsrate. Gleichzeitig bewirkt es eine Prozessoptimierung, die sich in einer besseren Planungssicherheit äußert und dadurch positiv auf die Ökonomie und Organisation der Abteilung auswirkt (Hey et al., 2019; Mladina et al., 2018).

Aus diesen Ergebnissen ergeben sich konkrete Handlungsempfehlungen. Es empfiehlt sich die strukturierte Befunderhebung früh curricular einzubinden, beispielsweise im Medizinstudium durch Kleingruppenunterricht und praktischen Übungen im Rahmen von Blockpraktika, um eine frühzeitige Sensibilisierung für diesem klinisch wichtigen Thema zu fördern. Ergänzend empfiehlt sich ein Implementieren in der Facharztweiterbildung, um sonographische Verfahren zu optimieren, interdisziplinäre Konsistenz zu fördern und die Interoperabilität nachhaltig zu verbessern. SR-Systemen haben das Potential, interdisziplinäre Prozesse, etwa zwischen der HNO und der Radiologie bei SOPs, zu vereinheitlichen und die Befundqualität zu verbessern, sowie das Komplikationsrisiko zu reduzieren. Die Grundvoraussetzung hierfür ist jedoch eine strukturelle Einbettung von SR-Systemen in klinischen IT-Strukturen, wie es bei PACS und RIS schon geschehen ist. Schnittstellen zu KIS oder idealerweise zu HL7 würden eine nachhaltige Verbesserung von Befundqualität, Vollständigkeit, Vergleichbarkeit und Prozesssicherheit gewährleisten. Eigenschaften, die für klinische Studien, BDA und maschinellem Lernen essenziell sind. Zusätzlich könnte die internationale Interoperabilität durch bereits vorhandene mehrsprachige Textgenerierung erleichtert werden und sogar, unter Berücksichtigung des Migrationskontextes, die Kommunikation im klinischen Alltag zwischen medizinischem Fachpersonal und Patienten vereinfachen. Eine Perspektive, die die positiven Aspekte dieser Dissertation und vorangegangenen Publikationen zusammenführt.

Trotz dieser vielversprechenden Ergebnisse und perspektivischer Entwicklungen, sollten die Limitationen dieser Dissertation transparent dargelegt werden. Folgenden Aspekte zur kritischen Evaluation dieser Studie und den vorherigen Publikationen sollten mit eingebezogen werden:

Ein wesentlicher Kritikpunkt findet sich in der Methodik der Datenerhebung. Diese fand in einer simulierten Umgebung statt, in der durch konstruierte Fälle und sonographischer Beispiele der Schulungsaspekt priorisiert und berücksichtigt wurde. Eine konträre Kulisse zum klinischen Alltag. Es wurde dementsprechend keine *Live*-Sonographie an zu untersuchenden Patienten in Form einer alltäglichen Untersuchungssituation angewandt, sondern auf Basis von Standbildern, Videosequenzen und vorgefertigten Fallbeispielen strukturierte Befunde erstellt. Zusätzlich war das Teilnehmerprofil dieser Studie zwar randomisiert, jedoch bestanden die Charakteristika der Teilnehmenden bei FTR zu 95 %

und Bei SR zu 92 % aus Ärzten in Weiterbildung, in früheren Studien sogar aus Studierenden. Ein nicht zu vernachlässigender Umstand, da der Einfluss von Erfahrung definitiv eine Auswirkung auf inhaltliche Präzision und Vollständigkeit haben kann, ebenso wie auf die zuvor untersuchten Aspekte wie Zeiteffizienz und Qualität. Bezüglich des Zeitfaktors wurde der Lerneffekt bis dato nicht systematisch mitberücksichtigt. Es sollte klar herausgearbeitet werden, ob die Effizienz aus dem strukturierten Befunden resultiert oder ob durch den individuellen Lernprozess im Studienverlauf und der sich daraus ableitenden Lernkurve mit Trainingseffekt, eine zeitliche Optimierung resultiert. Dies könnte dementsprechend auch bei FTRs messbar sein. Eine initiale Eingewöhnung könnte sich dementsprechend auch bei FTR zeigen und müsste in Folgestudien differenziert betrachtet werden. Ergänzend sollte in künftigen Studien zu diesem Thema der Kritikpunkt von Checklistenmentalität und potenzieller Rigidität durch Entwicklung von Hybridmodellen adressiert werden. Modelle, die als dritte Option zwischen FTR und SR eine strukturierte Befunderhebung mit Freitextmodulen bieten, um den möglichen *Bias* von Dichotomisierung und vereinfachtem Vergleich zu minimieren.

5. Zusammenfassung

In der vorliegenden Dissertation wurde erstmals der Fokus auf die inhaltliche Präzision von strukturierten Befunderhebungen (SR) im Vergleich zu konventionellen Befunderhebungen (FTR) gelegt. Es sollte dargestellt werden, wie präzise die beiden Gruppen pathologische Befunde inhaltlich korrekt wiedergeben und darstellen. Ergänzend wurde die Vollständigkeit der erhobenen Befunde mitberücksichtigt, da sie eng mit der Befundqualität korreliert.

Die Durchführung dieser prospektiven, randomisierten Studie erfolgte im Rahmen eines der Deutschen Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin e.V. (DEGUM) zertifizierten Sonographiekursen für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde (HNO), in denen die Teilnehmenden in zwei Kohorten randomisiert wurden. Die FTR- und SR-Gruppe erstellten jeweils einen Befund von 10 zufällig ausgehändigten, realitätsnahen und klinisch relevanten Sonopathologien. Diese wurden anhand von *Master*-Befunden, die im Konsensverfahren durch zwei DEGUM Stufe III Kursleiter erstellt wurden, analysiert. Die sich daraus erschlossenen Ergebnisse zeigten eine signifikante Steigerung sowohl der inhaltlichen Tiefe als auch der strukturellen Breite der Befundqualität.

Sie geben detaillierteren Aufschluss darüber, dass insbesondere unerfahrene Weiterbildungsassistenten durch die Nutzung von SR-Systemen in vielerlei Hinsicht profitieren. Die Ergebnisse der gesteigerten Vollständigkeit und inhaltlichen Präzision durch strukturiert erstellte Befunde stimmen mit zuvor veröffentlichten Studien überein. Zusätzlich wurde der Blickwinkel auf die Vollständigkeit mit einbezogen und konnten diesen durch die inhaltliche Präzision bestätigen und ergänzen. Zusätzlich konnte durch die Korrelation und lineare Regressionsanalyse bewiesen werden, dass es eine starke positive Abhängigkeit zwischen Vollständigkeit und Präzision gibt, welche bei selektiver Betrachtung der einzelnen Gruppen schwächer, aber dennoch signifikant zu beobachten war. Ebenfalls konnte gezeigt werden, dass keine signifikante Korrelation bei FTR-Befundungen zu beobachten ist. Durch die Standardisierung der Befunde und ihrer semantischen Konsistenz konnte bereits in vorherigen Studien ein gesteigerter Lerneffekt bei Studierenden und Weiterbildungsassistenten nachgewiesen werden. SR-Befundsysteme werden von Studierenden und Assistenzärzten als einsteigerfreundlich, zeitersparend und didaktisch wertvoll erachtet und helfen durch ihren logisch aufeinander

aufbauenden Algorithmus das Erlernen von korrekter Terminologie und strukturierten Arbeiten. Fusioniert man nun die in dieser Studie neuen Erkenntnisse mit den zuvor ermittelten Ergebnissen, wird das SR-Befundung im Gesamten durch einen objektivierbaren Aspekt, der inhaltlichen Präzision, komplementiert.

Die aus SR- Systemen resultierenden Datensätze ermöglichen weiterführend BDA, aufgrund ihrer standardisierten Eigenschaften. Sie sind dadurch für maschinelles Lernen und selbstlernende KIs geeignet und eignen zusätzlich sich für Qualitätssicherungen, Optimierung von Arbeitsprozessen und sind ebenfalls wissenschaftliche gut nutzbar. Ferner schaffen sie eine gute Voraussetzung für interdisziplinäre Vergleiche.

Ein weiterer vorteilhafter Aspekt eröffnet sich durch die Nutzung von strukturierten Befunden bei interdisziplinären Aufgaben, wie sie in der operativen Planung von Nasennebenhöhlenoperationen erforderlich ist. Das Integrieren von SR-Befunden in standardisierte Operationsplanungen (SOP) konnte das Erkennen von kritischen anatomischen Strukturen verbessern und die interdisziplinäre Kommunikation zwischen der HNO und der Radiologie auf mehreren Ebenen verbessern.

Aus diesen neugewonnen Erkenntnissen lassen sich zusätzlich Handlungsempfehlungen ableiten. Um eine frühzeitige Sensibilisierung zu gewährleisten, sollten SR-Systeme früher in das Curriculum der Humanmedizin aufgenommen werden. Zusätzlich sollten im Rahmen der Fachweiterbildung SRs eine größere Bedeutung beigemessen werden. Eine weitere Erkenntnis ist die herausfordernde Integration in die bereits bestehenden Krankenhaus-informationssysteme (KIS) und andere informations-technische Dienste im Gesundheitswesen, wie das *Picture Archiving and Communication System* (PACS), Radiologieinformationssystem (RIS) oder das *Health Level 7* (HL7). Dies würde die Möglichkeit zur verbesserten internationalen Zusammenarbeit eröffnet.

Zukünftige Perspektiven zu diesem Thema könnte eine Datenerhebung im klinischen Alltag mit Sonographien an Patienten sein, um einen Transfer des strukturierten Datenerhebens aus einer Schulungsumgebung auf einen tatsächlichen ärztlichen Alltag vollumfänglich zu validieren. Auch eine weitere Entwicklung von SR-Befundsystemen mit Freitextmodulen bietet perspektivisches Verbesserungspotential, um der Kritik von Rigidität und mangelnder Flexibilität zu begegnen.

6. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: DEGUM Musterbefund, strukturierte Darstellung einzelner Organe Kunzel et al., 2022	19
Abbildung 2: DEGUM Musterbefund, strukturierte Darstellung der Halslevel Kunzel et al., 2022	20
Abbildung 3: DEGUM Musterbefund, zusammenfassende Beurteilung und Verdachtsdiagnose, Kunzel et al., 2022	21
Abbildung 4: Für die Freitextbefundung verwendeter Befunderhebungsbogen.	26
Abbildung 5: Zur Erhebung der individuellen Vorerfahrung bezüglich Sonographie und deren Befundung verwendeter Fragebogen.	27
Abbildung 6: Beispielhafte Darstellung anonymisierter Standbilder typischer Sonopathologien des Kopf-Hals-Bereiches (a) laterale Halszyste, (b) Sialolithiasis mit Ductusstau (c) Lymphadenitis acuta	28
Abbildung 7: Beispielhafte Darstellung eines Falls mit Epikrise	30
Abbildung 8: SR-Befunderhebung smart radiology	33
Abbildung 9: Referenzstandard eines DEGUM-Stufe III Kursleiters für Kopf-Hals-Sonographie. Links im Bild der detaillierte schriftliche Befund, rechts im Bild das markierte Piktogramm der Halslevel	35
Abbildung 10: Übersichtliche Darstellung der SR im Vergleich zu FTR; a) Durchschnitt der Vollständigkeit von SR zu FTR im Gesamten; b) Durchschnitt der Befundpräzision von SR zu FTR im Gesamten; c) Detaillierter Vergleich der medianen Befundpräzision [%] von SR zu FTR der Fälle 1-10. Fehlerbalken stellen die Standardabweichung mit einer statistischen Signifikanz von $p < 0,0001$ dar.	39
Abbildung 11: Detaillierter Vergleich der medianen Befundvollständigkeit [%] von SR zu FTR der Fälle 1-10. Fehlerbalken stellen die Standardabweichung mit einer statistischen Signifikanz von $p < 0,0001$ dar.	40

Abbildung 12: Korrelation zwischen inhaltlicher Präzision und Vollständigkeit; (a) über alle Teilnehmenden hinweg, (b) in der Freitext-Berichtgruppe, (c) in der strukturierten Berichtgruppe. Jeder Punkt stellt einen einzelnen Bericht dar; die blauen Linien zeigen die Trends der linearen Regression an.

7. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Detaillierte Beschreibung der Studienteilnehmer	38
Tabelle 2: Zusammenfassende Darstellung der Vollständigkeit und Präzision einzelner Befunde	41

8. Literaturverzeichnis

Adibelli ZH, Unal G, Gul E, Uslu F, Kocak U, Abali Y. Differentiation of benign and malignant cervical lymph nodes: value of B-mode and color Doppler sonography. *Eur J Radiol*, 1998; 28: 230-234

Afolalu SA, Omolayo M. Ikumapayi, Ademola Abdulkareem, Samuel B. Soetan, Moses E. Emeteri, and Samson O. Ongbali. Enviable Roles of Manufacturing Processes in Sustainable Fourth Industrial Revolution - A Case Study of Mechatronics. *Materials Today: Proceedings*, 2021; 44

Albuck AL, Issa PP, Hussein M, Aboueisha M, Attia AS, Omar M, Munshi R, Shama M, Toraih E, Randolph GW, Kandil E. A combination of computed tomography scan and ultrasound provides optimal detection of cervical lymph node metastasis in papillary thyroid carcinomas: A systematic review and meta-analysis. *Head Neck*, 2023; 45: 2173-2184

Armbruster M, Gassenmaier S, Haack M, Reiter M, Norenberg D, Henzler T, Sommer NN, Sommer WH, Braun F. Structured reporting in petrous bone MRI examinations: impact on report completeness and quality. *Int J Comput Assist Radiol Surg*, 2018; 13: 1971-1980

Ärzttekammern Add, 2025:(Muster-)Weiterbildungsordnung 2018. https://www.bundesaerztekammer.de/fileadmin/user_upload/BAEK/Themen/Aus-Fort-Weiterbildung/Weiterbildung/20230629_MWBO-2018.pdf Bun-desärztekammer (Zugriffsdatum: 02.04.2025)

Beach KW, Bergelin RO, Leotta DF, Primozech JF, Sevareid PM, Stutzman ET, Zierler RE. Standardized ultrasound evaluation of carotid stenosis for clinical trials: University of Washington Ultrasound Reading Center. *Cardiovasc Ultrasound*, 2010; 839

Becker S, Gonser P, Haas M, Sailer M, Froelich MF, Betz C, Löwenheim H, Hirt B, Sommer WH, Holderried M, Ernst BP. ENT Residents Benefit from a Structured Operation Planning Approach in the Training of Functional Endoscopic Sinus Surgery. *Medicina*, 2021; 57: 1062

Bialek EJ, Jakubowski W, Zajkowski P, Szopinski KT, Osmolski A. US of the major salivary glands: anatomy and spatial relationships, pathologic conditions, and pitfalls. *Radiographics*, 2006; 26: 745-763

Bock A, Modabber A, Holzle F, Prescher A, Classen-Linke I. Improvement of anatomical knowledge and surgical skills in head and neck region - An interdisciplinary hands-on course for clinical students. *Ann Anat*, 2019; 22497-101

Bosmans JM, Peremans L, Menni M, De Schepper AM, Duyck PO, Parizel PM. Structured reporting: if, why, when, how-and at what expense? Results of a focus group meeting of radiology professionals from eight countries. *Insights Imaging*, 2012; 3: 295-302

Brammen D, Dewenter H, Thiemann V, Majeed RW, Xu T, Heitmann KU, Walcher F, Thun S, Rohrig R. Disseminating a Standard for Medical Records in Emergency Departments Among Different Software Vendors Using HL7 CDA. *Stud Health Technol Inform*, 2017; 243132-136

Brierley JD, Gospodarowicz MK, Wittekind C. TNM Classification of Malignant Tumours, 8th Edition. In: Brierley JD, Gospodarowicz MK, Wittekind C, Hrsg. *TNM Classification of Malignant Tumours, 8th Edition*. Hoboken, New Jersey, United States of America: Wiley-Blackwell, 2016: 272

Bundesvereinigung K, 01.10.2025: Vereinbarung von Qualitätssicherungsmaßnahmen Nach § 135 Absatz 2 SGB V Zur Ultraschalldiagnostik – Ultraschall-Vereinbarung. (Zugriffdatum: 16.05.2025) <https://www.kbv.de/media/sp/Ultraschallvereinbarung.pdf>

Bundesvereinigung K, 10.04.2025: Bundesmantelvertrag – Ärzte. <https://www.kbv.de/media/sp/BMV-Aerzte.pdf> (Zugriffdatum: 16.05.2025)

Cohen Y, Hussein Naseraldin, Atanu Chaudhuri, and Francesco Pilati. Assembly Systems in Industry 4.0 Era: A Road Map to Understand Assembly 4.0. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2019; 105

Coltrera MD. Clinician-performed thyroid ultrasound. *Otolaryngol Clin North Am*, 2014; 47: 491-507

Deutschmann MW, Yeung J, Bosch M, Lysack JT, Kingstone M, Kilty SJ, Rudmik LR. Radiologic reporting for paranasal sinus computed tomography: a multi-institutional review of content and consistency. *Laryngoscope*, 2013; 123: 1100-1105

Dobranowski J. Structured reporting in Cancer imaging: Reaching the quality dimension in communication. *Health Manag*, 2015; 15: 268–271

Donald I. Sonar--the story of an experiment. *Ultrasound Med Biol*, 1974; 1: 109-117

Dussik KT. The ultrasonic field as a medical tool. *Am J Phys Med*, 1954; 33: 5-20

El Asmar ML, Dharmayat KI, Vallejo-Vaz AJ, Irwin R, Mastellos N. Effect of computerised, knowledge-based, clinical decision support systems on patient-reported and clinical outcomes of patients with chronic disease managed in primary care settings: a systematic review. *BMJ Open*, 2021; 11: e054659

Ernst BP, Bozzato A, Strieth S, Gabrielpillai J, Becker S, Froelich MF, Kramer B, Sproll C, Schapher M, Goncalves M, Mansour N, Hofauer B, Künzel J. Der Einfluss der strukturierten Befunderhebung auf die Interrater-Reliabilität in der Kopf- und Halssonografie. *Laryngo-Rhino-Otologie*, 2021; 100: 21-22

Ernst BP, Hodeib M, Strieth S, Künzel J, Bischof F, Hackenberg B, Huppertz T, Weber V, Bahr K, Eckrich J, Hagemann J, Engelbarts M, Froelich MF, Solbach P, Linke R, Matthias C, Sommer WH, Becker S. Structured reporting of head and neck ultrasound examinations. *BMC Med Imaging*, 2019a; 19: 25

Ernst BP, Katzer F, Künzel J, Hodeib M, Strieth S, Eckrich J, Tattermusch A, Froelich MF, Matthias C, Sommer WH, Becker S. Impact of structured reporting on developing head and neck ultrasound skills. *BMC Med Educ*, 2019b; 19: 102

Ernst BP, Reissig MR, Strieth S, Eckrich J, Hagemann JH, Döge J, Matthias C, Gouveris H, Rübenthaler J, Weiss R, Sommer WH, Nörenberg D, Huber T, Gonser P, Becker S, Froelich MF. The role of structured reporting and structured operation planning in functional endoscopic sinus surgery. *PLoS One*, 2020a; 15: e0242804

Ernst BP, Strieth S, Katzer F, Hodeib M, Eckrich J, Bahr K, Rader T, Künzel J, Froelich MF, Matthias C, Sommer WH, Becker S. The use of structured reporting of head and neck

ultrasound ensures time-efficiency and report quality during residency. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 2020b; 277: 269-276

Ernst BP, Strieth S, Künzel J, Hodeib M, Katzer F, Eckrich J, Bahr K, Matthias C, Sommer WH, Froelich MF, Becker S. Evaluation of optimal education level to implement structured reporting into ultrasound training. *Med Ultrason*, 2020c

European Society of R. ESR paper on structured reporting in radiology. *Insights Imaging*, 2018; 9: 1-7

Fischetti AJ, Scott RC. Basic ultrasound beam formation and instrumentation. *Clin Tech Small Anim Pract*, 2007; 22: 90-92

Forghani R, Yu E, Levental M, Som PM, Curtin HD. Imaging evaluation of lymphadenopathy and patterns of lymph node spread in head and neck cancer. *Expert Rev Anticancer Ther*, 2015; 15: 207-224

Furstenberg S, Harendza S. Differences between medical student and faculty perceptions of the competencies needed for the first year of residency. *BMC Med Educ*, 2017; 17: 198

Gassenmaier S, Armbruster M, Haasters F, Helfen T, Henzler T, Alibek S, Pforringer D, Sommer WH, Sommer NN. Structured reporting of MRI of the shoulder - improvement of report quality? *Eur Radiol*, 2017; 27: 4110-4119

Gordon CE, Borkan SC. Recapturing time: a practical approach to time management for physicians. *Postgrad Med J*, 2014; 90: 267-272

Gunderman RB, McNeive LR. Is structured reporting the answer? *Radiology*, 2014; 273: 7-9

Harris RD, Marks WM. Compact ultrasound for improving maternal and perinatal care in low-resource settings: review of the potential benefits, implementation challenges, and public health issues. *J Ultrasound Med*, 2009; 28: 1067-1076

Health CAfDaTi. 2025. General Ultrasound Examination Volumes per Sonographer 8-Hour Workday: CMII Service Report. In General Ultrasound Examination Volumes per Sonographer 8-Hour Workday: CMII Service Report. Canadian Agency for Drugs and Technologies in Health. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/38588357>

HealthCare G, 2025:LOGIQ S8 Basic Service Manual.
https://www.gehealthcare.com/support/manuals?srsltid=AfmBOooGBrJ_Sy3YcKulf5xqr0h4bLNb6bIKHEvwldtDJJKQorcF0RVT&search=eyJzZWFiY2hUZlJljoNTM0OTIyNyIsImxhbmd1YWdlTmFtZSI6IkVuZ2xpc2ggKEVOKSJ9 (Zugriffsdatum: 16.05.2025)

Hey SY, Koo Ng NKF, McGarry GW. Endoscopic Sphenopalatine Artery Ligation: General Applicability in a Teaching Unit. *Ear Nose Throat J*, 2019; 98: 85-88

Heyduck A, Jecker P, Bozzato A. [A german-wide inquiry about the significance of ultrasound in the head and neck area]. *Laryngorhinootologie*, 2018; 97: 392-397

Higginson JA, Breik O, Thompson AH, Ashrafian H, Hardman JC, Takats Z, Paleri V, Dhanda J. Diagnostic accuracy of intraoperative margin assessment techniques in surgery for head and neck squamous cell carcinoma: A meta-analysis. *Oral Oncol*, 2023; 142106419

Hind D, Calvert N, McWilliams R, Davidson A, Paisley S, Beverley C, Thomas S. Ultrasonic locating devices for central venous cannulation: meta-analysis. *BMJ*, 2003; 327: 361

Hofer M. Sono Grundkurs. In: Hofer M, Hrsg. Sono Grundkurs. Stuttgart - New York: Georg Thieme Verlag Stuttgart KG New York, 2023: 6-21

Johnson AJ, Chen MY, Swan JS, Applegate KE, Littenberg B. Cohort study of structured reporting compared with conventional dictation. *Radiology*, 2009; 253: 74-80

Johnson AJ, Chen MY, Zapadka ME, Lyders EM, Littenberg B. Radiology report clarity: a cohort study of structured reporting compared with conventional dictation. *J Am Coll Radiol*, 2010; 7: 501-506

Kahn CE, Jr., Heilbrun ME, Applegate KE. From guidelines to practice: how reporting templates promote the use of radiology practice guidelines. *J Am Coll Radiol*, 2013; 10: 268-273

Kamaya A, Machtaler S, Safari Sanjani S, Nikoozadeh A, Graham Sommer F, Pierre Khuri-Yakub BT, Willmann JK, Desser TS. New technologies in clinical ultrasound. *Semin Roentgenol*, 2013; 48: 214-223

- Kane D, Grassi W, Sturrock R, Balint PV. A brief history of musculoskeletal ultrasound: 'From bats and ships to babies and hips'. *Rheumatology (Oxford)*, 2004; 43: 931-933
- Kaproth-Joslin KA, Nicola R, Dogra VS. The History of US: From Bats and Boats to the Bedside and Beyond: RSNA Centennial Article. *Radiographics*, 2015; 35: 960-970
- Kobberling J. Economic Pressure in Hospitals. *Dtsch Arztebl Int*, 2017; 114: 795-796
- Kunzel J, Bozzato A, Ernst BP, Fuhrmann T, Ugele I, Scherl C, Schapher M, Volk GF, Mansour N, Knopf A, Bohr C, Hamann KF. Qualität in der Befundung von Kopf- und Halssonographien an Universitätskliniken – eine Stichprobe. *HNO*, 2021a; 69: 907-912
- Kunzel J, Bozzato A, Ernst BP, Fuhrmann T, Ugele I, Scherl C, Schapher M, Volk GF, Mansour N, Knopf A, Bohr C, Hamann KF. [Quality in the appraisal of head and neck sonography results in university hospitals-a random sample]. *HNO*, 2021b; 69: 907-912
- Kunzel J, Bozzato A, Strieth S. Sonographie in der Nachsorge bei Kopf- und Halskarzinomen [Follow-up ultrasound of head and neck cancer]. *HNO*, 2017; 65: 939-952
- Lawrence JP. Physics and instrumentation of ultrasound. *Crit Care Med*, 2007; 35: S314-322
- Lee HC, Chang SH. RBAC-Matrix-based EMR right management system to improve HIPAA compliance. *J Med Syst*, 2012; 36: 2981-2992
- Lin E, Powell DK, Kagetsu NJ. Efficacy of a checklist-style structured radiology reporting template in reducing resident misses on cervical spine computed tomography examinations. *J Digit Imaging*, 2014; 27: 588-593
- Marcovici P, Blume-Marcovici A. Intuition versus rational thinking: psychological challenges in radiology and a potential solution. *J Am Coll Radiol*, 2013; 10: 25-29
- Margolies LR, Pandey G, Horowitz ER, Mendelson DS. Breast Imaging in the Era of Big Data: Structured Reporting and Data Mining. *AJR Am J Roentgenol*, 2016; 206: 259-264
- Michaely H. [Structured reporting in daily practice-status quo and future]. *Radiologe*, 2021; 61: 1014-1019
- Middleton B, Sittig DF, Wright A. Clinical Decision Support: a 25 Year Retrospective and a 25 Year Vision. *Yearb Med Inform*, 2016; Suppl 1: S103-116

- Miles S, Kellett J, Leinster SJ. Medical graduates' preparedness to practice: a comparison of undergraduate medical school training. *BMC Med Educ*, 2017; 17: 33
- Mladina R, Skitarelic N, Cingi C, Chen L, Bayar Muluk N. The Validity of Training Endoscopic Sinus and Skull Base Surgery Techniques on the Experimental Head Model. *J Craniofac Surg*, 2018; 29: 498-501
- Mojoli F, Bouhemad B, Mongodi S, Lichtenstein D. Lung Ultrasound for Critically Ill Patients. *Am J Respir Crit Care Med*, 2019; 199: 701-714
- Moore CL, Copel JA. Point-of-care ultrasonography. *N Engl J Med*, 2011; 364: 749-757
- Morgan TA, Helibrun ME, Kahn CE, Jr. Reporting initiative of the Radiological Society of North America: progress and new directions. *Radiology*, 2014; 273: 642-645
- Moshtaghi O, Haidar YM, Mahmoodi A, Tjoa T, Armstrong WB. The Role of In-Office Ultrasound in the Diagnosis of Neck Masses. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 2017; 157: 58-61
- Mount SPGCA. *Ultrasound Physics and Instrumentation*. In: Mount SPGCA, Hrsg. *Ultrasound Physics and Instrumentation*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing LLC, 2023
- Naik SS, Hanbidge A, Wilson SR. Radiology reports: examining radiologist and clinician preferences regarding style and content. *AJR Am J Roentgenol*, 2001; 176: 591-598
- Nobel JM, Kok EM, Robben SGF. Redefining the structure of structured reporting in radiology. *Insights into Imaging*, 2020; 11: 10
- Nobel JM, van Geel K, Robben SGF. Structured reporting in radiology: a systematic review to explore its potential. *Eur Radiol*, 2022; 32: 2837-2854
- Norenberg D, Sommer WH, Thasler W, D'Haese J, Rentsch M, Kolben T, Schreyer A, Rist C, Reiser M, Armbruster M. Structured Reporting of Rectal Magnetic Resonance Imaging in Suspected Primary Rectal Cancer: Potential Benefits for Surgical Planning and Interdisciplinary Communication. *Invest Radiol*, 2017; 52: 232-239
- O'Brien WT, Sr., Hamelin S, Weitzel EK. The Preoperative Sinus CT: Avoiding a "CLOSE" Call with Surgical Complications. *Radiology*, 2016; 281: 10-21

- Olivera P, Danese S, Jay N, Natoli G, Peyrin-Biroulet L. Big data in IBD: a look into the future. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol*, 2019; 16: 312-321
- Orlandi E, Alfieri S, Simon C, Trama A, Licitra L, Group RAW. Treatment challenges in and outside a network setting: Head and neck cancers. *Eur J Surg Oncol*, 2019; 45: 40-45
- Park SB, Kim MJ, Ko Y, Sim JY, Kim HJ, Lee KH, Group L. Structured Reporting versus Free-Text Reporting for Appendiceal Computed Tomography in Adolescents and Young Adults: Preference Survey of 594 Referring Physicians, Surgeons, and Radiologists from 20 Hospitals. *Korean J Radiol*, 2019; 20: 246-255
- Pinto Dos Santos D, Baessler B. Big data, artificial intelligence, and structured reporting. *Eur Radiol Exp*, 2018; 2: 42
- Pitre C, Pettit K, Ladd L, Chisholm C, Welch JL. Physician Time Management. *MedEdPORTAL*, 2018; 1410681
- Pohlmann S, Kunz A, Ose D, Winkler EC, Brandner A, Poss-Doering R, Szecsenyi J, Wensing M. Digitalizing Health Services by Implementing a Personal Electronic Health Record in Germany: Qualitative Analysis of Fundamental Prerequisites From the Perspective of Selected Experts. *J Med Internet Res*, 2020; 22: e15102
- Powell DK, Silberzweig JE. State of structured reporting in radiology, a survey. *Acad Radiol*, 2015; 22: 226-233
- Prasad R, Chen B. Imaging Evaluation of the Head and Neck Oncology Patient. *Cancer Treat Res*, 2018; 17459-86
- Rajamani A, Arun Bharadwaj P, Hariharan S, Ragavan AV, Hassan A, Arvind H, Huang S. A historical timeline of the development and evolution of medical diagnostic ultrasonography. *J Clin Ultrasound*, 2024; 52: 1419-143
- Ramakrishnan Y, Zammit-Maempel I, Jones NS, Carrie S. Paranasal sinus computed tomography anatomy: a surgeon's perspective. *J Laryngol Otol*, 2011; 125: 1141-1147
- Ranschaert ER, Binkhuysen FH. European Teleradiology now and in the future: results of an online survey. *Insights Imaging*, 2013; 4: 93-102

Reiner BI. The challenges, opportunities, and imperative of structured reporting in medical imaging. *J Digit Imaging*, 2009; 22: 562-568

Reiner BI, Knight N, Siegel EL. Radiology reporting, past, present, and future: the radiologist's perspective. *J Am Coll Radiol*, 2007; 4: 313-319

Reporting S, 2014-2025:Smart Radiology. https://app.smart-radiology.com/en_us/auth/login (Zugriffsdatum: 02.04.2025)

Ristevski B, Chen M. Big Data Analytics in Medicine and Healthcare. *J Integr Bioinform*, 2018; 15

Sabel BO, Plum JL, Czihal M, Lottspeich C, Schonleben F, Gabel G, Schinner R, Schoeppe F, Meinel FG. Structured Reporting of CT Angiography Runoff Examinations of the Lower Extremities. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2018; 55: 679-687

Sabel BO, Plum JL, Kneidinger N, Leuschner G, Koletzko L, Raziorrouh B, Schinner R, Kunz WG, Schoeppe F, Thierfelder KM, Sommer WH, Meinel FG. Structured reporting of CT examinations in acute pulmonary embolism. *J Cardiovasc Comput Tomogr*, 2017; 11: 188-195

Schoeppe F, Sommer WH, Haack M, Havel M, Rheinwald M, Wechtenbruch J, Fischer MR, Meinel FG, Sabel BO, Sommer NN. Structured reports of videofluoroscopic swallowing studies have the potential to improve overall report quality compared to free text reports. *Eur Radiol*, 2018; 28: 308-315

Schoeppe F, Sommer WH, Schmidutz F, Pforringer D, Armbruster M, Paprottka KJ, Plum JL, Sabel BO, Meinel FG, Sommer NN. Structured reporting of x-rays for atraumatic shoulder pain: advantages over free text? *BMC Med Imaging*, 2018; 18: 20

Sinitsyn VE, Komarova MA, Mershina EA. [Radiology report: past, present and future]. *Vestn Rentgenol Radiol*, 2014; 35-40

Sistrom CL, Honeyman-Buck J. Free text versus structured format: information transfer efficiency of radiology reports. *AJR Am J Roentgenol*, 2005; 185: 804-812

Sluijter CE, van Lonkhuijzen LR, van Slooten HJ, Nagtegaal ID, Overbeek LI. The effects of implementing synoptic pathology reporting in cancer diagnosis: a systematic review. *Virchows Arch*, 2016; 468: 639-649

Sobez LM, Kim SH, Angstwurm M, Stormann S, Pforringer D, Schmidutz F, Prezzi D, Kelly-Morland C, Sommer WH, Sabel B, Norenberg D, Berndt M, Galie F. Creating high-quality radiology reports in foreign languages through multilingual structured reporting. *Eur Radiol*, 2019; 29: 6038-6048

Stammberger H, Posawetz W. Functional endoscopic sinus surgery. Concept, indications and results of the Messerklinger technique. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 1990; 247: 63-76

Svedberg P, Reed J, Nilsen P, Barlow J, Macrae C, Nygren J. Toward Successful Implementation of Artificial Intelligence in Health Care Practice: Protocol for a Research Program. *JMIR Res Protoc*, 2022; 11: e34920

Tuncyurek O, Garces-Descovich A, Jaramillo-Cardoso A, Duran EE, Cataldo TE, Poylin VY, Gomez SF, Cabrera AM, Hegazi T, Beker K, Morteale KJ. Structured versus narrative reporting of pelvic MRI in perianal fistulizing disease: impact on clarity, completeness, and surgical planning. *Abdom Radiol (NY)*, 2019; 44: 811-820

Union E, 2025:Datenschutz-Grundverordnung. Retrieved <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016R0679> (Zugriffsdatum: 14.05.2025)

Wallis A, McCoubrie P. The radiology report--are we getting the message across? *Clin Radiol*, 2011; 66: 1015-1022

Weimer JM, Rink M, Muller L, Arens C, Bozzato A, Kunzel J. [Sonographic diagnostics in the head and neck area, part 2 - transcervical sonography]. *Laryngorhinootologie*, 2022; 101: 156-175

Weiss DL, Langlotz CP. Structured reporting: patient care enhancement or productivity nightmare? *Radiology*, 2008; 249: 739-747

Welkoborsky HJ. Ultrasound usage in the head and neck surgeon's office. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg*, 2009; 17: 116-121

Wild JJ, Reid JM. Further pilot echographic studies on the histologic structure of tumors of the living intact human breast. *Am J Pathol*, 1952; 28: 839-861

Wildman-Tobriner B, Allen BC, Bashir MR, Camp M, Miller C, Fiorillo LE, Cubre A, Javadi S, Bibbey AD, Ehieli WL, McGreal N, Quevedo R, Thacker JK, Mazurowski M, Jaffe TA. Structured reporting of CT enterography for inflammatory bowel disease: effect on key

feature reporting, accuracy across training levels, and subjective assessment of disease by referring physicians. *Abdom Radiol (NY)*, 2017; 42: 2243-2250

Wu M. A comparative study of 200 head and neck FNAs performed by a cytopathologist with versus without ultrasound guidance: evidence for improved diagnostic value with ultrasound guidance. *Diagn Cytopathol*, 2011; 39: 743-751

Zenker S, Strech D, Jahns R, Muller G, Prasser F, Schickhardt C, Schmidt G, Semler SC, Winkler E, Drepper J. [Nationally standardized broad consent in practice: initial experiences, current developments, and critical assessment]. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*, 2024; 67: 637-647

9. Erklärung zum Eigenanteil

Die Arbeit wurde in der Klinik für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde des Universitätsklinikums Bonn unter Betreuung von Herrn Privatdozent Dr. med. Benjamin Philipp Ernst durchgeführt.

Die Planung der wissenschaftlichen Arbeit erfolgte durch Herrn Privatdozent Dr. med. Benjamin Philipp Ernst.

Die Erhebung der in dieser Dissertation verwendeten Daten erfolgte unter Zuhilfenahme der strukturierten Befunderhebungssoftware der Firma Smart Reporting (Firma Smart Reporting GmbH, München). Die Aktualisierung und Adaptation der vorbestehenden Befunderhebungsmaske für die Kopf-Hals-Sonographie wurde nach Einarbeitung durch Herrn Privatdozent Dr. med. Benjamin Philipp Ernst von mir durchgeführt. Die Erhebung der Daten erfolgte durch mich im Rahmen eines DEGUM zertifizierten Ultraschallkurses, der von SonoForKlinik ausgerichtet wurde.

Die zur Auswertung benötigten Checklisten wurden, analog zu den vorherigen Studien der Arbeitsgruppe von Herrn Privatdozent Dr. med. Philipp Ernst, von mir eigenständig erstellt und von Herrn Privatdozent Benjamin Philipp Ernst geprüft. Die verwendeten Fragebögen wurden von mir erstellt und durch Herrn Privatdozent Dr. med. Philipp Ernst sowie Herrn Dr. med. Johannes Weimer (SonoForKlinik) geprüft.

Die statistische Auswertung erfolgte durch mich unter Anleitung von Herrn Privatdozent Dr. med. Philipp Ernst.

Die Interpretation erfolgte durch mich sowie Herrn Privatdozent Dr. med. Philipp Ernst.

Ich versichere, die Dissertationsschrift selbständig verfasst zu haben und keine weiteren als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet zu haben.

10. Danksagung

Beginnen möchte ich mit meinem Dank an PD Dr. med. Benjamin Philipp Ernst, für die ausführliche und ausgezeichnete Betreuung, sowie die stetige Unterstützung. Ohne ihn hätte ich weder das Durchhaltevermögen noch den Mut gefunden, eine Dissertation zu schreiben. Vielen herzlichen Dank dafür.

Zusätzlich möchte ich meinen Eltern, Ruth und Bruno, danken: meiner Mutter, die mit ihrer Engelsgeduld meinen Weg begleitet und mir oft genug gezeigt hat, dass man trotz anfänglicher Schwierigkeiten ein Ziel erreichen kann; und meinem Vater, der mir in meiner Kindheit trotz meiner schulischen Schwierigkeiten stets Mut zugesprochen und mir nie eine Erwartungshaltung auferlegt hat. Euer fester Glaube an meine Fähigkeiten hat mich sehr bestärkt und mich bis hierhin getragen.

Mein Dank gilt auch meinen Geschwistern: Paul, Lukas und Beate, die mir mit ihren unterschiedlichen Charakteren als Vorbild dienen und mich darin bestärken, in allen Lebenssituationen auf Unterstützung vertrauen zu können.

Ein besonderer Danke geht an meinen Ausbilder Tuncay, der mir Selbstvertrauen geschenkt hat, sowie an Holger, der mir Struktur und Ordnung beigebracht hat, die mir bis heute eine wertvolle Hilfe sind.

Und zu guter Letzt meiner Frau Hannah, die mich oft abends ermutigt hat, am Ball zu bleiben und diese Arbeit endlich zu Ende zuschreiben.