

Evaluation einer strukturierten neurootologischen Befunderhebung in der interdisziplinären Schwindelabklärung

Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades (Dr. med.)

der Medizinischen Fakultät

der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität

Bonn

Maike Lasrich

aus Oelde

2025

Angefertigt mit der Genehmigung
der Medizinischen Fakultät der Universität Bonn

1. Gutachter: Privatdozent Dr. med. Benjamin Philipp Ernst
2. Gutachter: Professor Dr. med. Dirk Skowasch

Tag der mündlichen Prüfung: 05.09.2025

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

Für meine Kinder J und L

Inhaltsverzeichnis

	Abkürzungsverzeichnis	6
1.	Deutsche Zusammenfassung	7
1.1	Einleitung	7
1.2	Material und Methoden	11
1.3	Ergebnisse	14
1.4	Diskussion	15
1.5	Zusammenfassung	19
1.6	Literaturverzeichnis der deutschen Zusammenfassung	20
2.	Veröffentlichungen	25
3.	Erklärung zum Eigenanteil	26
4.	Danksagung	28

Abkürzungsverzeichnis

BPLS	benigner paroxysmaler Lagerungsschwindel
CT	Computertomographie
cVEMP	zervikale vestibulär evozierte myogene Potentiale
FTR	Freitextbefunderhebung
HNO	Hals-Nasen-Ohren
MD	Morbus Menière
NNH	Nasennebenhöhlen
SR	Strukturierte Befunderhebung
VAS	Visuelle Analogskala

1. Deutsche Zusammenfassung

1.1 Einleitung

1.1.1 Strukturierte Befunderhebung in der Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde

In den vergangenen Jahrzehnten sowie aktuell wurden und werden die Ergebnisse von Untersuchungen in der Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde (HNO) typischerweise als (handschriftliche) Freitextbefunde (FTR) festgehalten (European Society of Radiology, 2018; Siström und Honeyman-Buck, 2005; Sinitsyn et al., 2014). Optional werden diese je nach Fragestellung durch Piktogramme ergänzt, in denen Pathologien manuell eingezeichnet werden können. Obwohl diese Praxis langfristig in der Routine etabliert ist, ergeben sich hieraus eine Vielzahl von Problemen im heutigen klinischen Alltag, da diese freien Aufzeichnungen erfahrungsgemäß als Basis für Kontrolluntersuchungen, Arztbriefe, Abrechnungen und weitere Therapieplanungen dienen. Zudem stellt diese klassische Art der Befunddokumentation Mindestanforderungen an die Sorgfalt des Untersuchers, sowohl bezüglich seiner Handschrift als auch angesichts der Befundvollständigkeit.

Insbesondere in den vergangenen Jahren kam es neben einer Arbeitsverdichtung aufgrund des hohen wirtschaftlichen Drucks im medizinischen Sektor auch zu einer zunehmenden Komplexität durch neue Einteilungssysteme in der Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde (Kobberling, 2017; Redmann et al., 2019; Brierley et al., 2016). Dies stellt unter anderem eine große Herausforderung für die studentische und assistenzärztliche Ausbildung dar. Hier sind häufig sowohl die zu evaluierenden als auch die zu dokumentierenden Strukturen und in der Folge auch die notwendige Terminologie unbekannt (European Society of Radiology, 2018; Forghani et al., 2015). Die Konsequenz ist eine personalintensive Überprüfung der Prozesse durch die verantwortlichen Vorgesetzten und das Risiko, Pathologien zu übersehen oder diese unzureichend bis fehlerhaft festzuhalten. Mit dem Ziel eine qualitativ höherwertige Befundung zu erreichen, setzten sich diverse fachspezifische und fachfremde Fachgesellschaften für die Implementierung von digitalen strukturierten Befunderhebungen (SR) ein (European Society of Radiology, 2011; Dunnick et al., 2008; Langlotz, 2006; Morgan et al., 2014).

Während konventionelle Freitextbefunde eine tendenziell niedrige Intra- und Interrater-Reliabilität in Bezug auf Befundqualität, Detailliertheit und Vergleichbarkeit aufweisen, eröffnen strukturierte Befunde eine neue Dimension in der Befunderstellung (European Society of Radiology, 2018; Norenberg et al., 2017; Ernst et al., 2023).

Ferner reduzieren standardisierte Kapitel, Format und Terminologie das Risiko, wichtige Strukturen bei der Untersuchung zu übersehen oder diese inadäquat zu beschreiben (Johnson et al., 2009; Prasad et al., 2018; Tuncyurek et al., 2018; Park et al., 2019). Dementsprechend erhöht die strukturierte Befunderhebung vor allem bei jüngeren Weiterbildungsassistenten die Befundqualität und leistet einen Beitrag in deren Lernprozess (Schoeppe et al., 2018; Reiner, 2009).

Offensichtlich eignet sich diese Form der Befunderhebung in der HNO besonders für Untersuchungsmodalitäten mit einem hochgradig standardisierten Arbeitsablauf, wie beispielsweise Ultraschalluntersuchungen der Halsweichteile oder die Begutachtung von Computertomographien (CT) der Nasennebenhöhlen (NNH) aber auch, wie in dieser Studie, für die interdisziplinäre Abklärung von Schwindelbeschwerden (Ernst et al., 2019a, 2019b; Ernst et al., 2020a, 2020b, 2020c; Ernst et al., 2023). Neben einer signifikant erhöhten Befundqualität konnte in allen genannten Studien mittels Fragebögen eine deutliche Präferenz sowohl der Untersucher als auch der Zuweiser nachgewiesen werden. Diese Präferenz ist insbesondere in der standardisierten Befunderhebung und -struktur sowie der zugrundeliegenden Leitlinien und klinischen Standards begründet.

Umstritten ist bei der Erstellung medizinischer Befunde, ob strukturierte Befunde zu limitiert sind und in der Folge die Qualität der Befunde verringern (Johnson et al., 2009; Bosmans et al., 2012). Die Evolution der strukturierten Befunderhebung begegnet diesen Problemen durch Implementierung intelligenter Entscheidungsbäume innerhalb der Befunderstellungsmaske. Diese ermöglichen durch Quervernetzung der den Entscheidungsbäumen zugrundeliegenden Textbausteinen ein größtmögliches Maß an Flexibilität aber auch an linguistischem Anspruch (Sabel et al., 2018; Nobel et al., 2020). Überdies wird durch Verwendung von Freitextfeldern zur Ergänzung von spezifischen Befundelementen ein Höchstmaß an Flexibilität und Vollständigkeit erreicht (Naik et al., 2001; Sabel et al., 2017). Hinzu kommt, dass eine einmal erstellte Maske als Ausgangspunkt zur strukturierten Befunderstellung eine annähernd fehlerfreie Befunderstellung in Bezug auf Rechtschreibung und Grammatik ermöglicht. Moderne SR-

Softwarelösungen bieten ferner die Möglichkeit zur Befunderstellung in Fremdsprachen, wodurch auch bei Nicht-Muttersprachlern eine maximal hohe Befundqualität erreicht werden kann (Sobez et al., 2019).

Neben der Befundqualität ist die Befunderstellungszeit im heutigen ökonomisch geprägten klinischen Alltag von zentraler Bedeutung. So konnte durch diverse Publikationen nachgewiesen werden, dass die Befunderstellungszeit von strukturierten Befunden signifikant kürzer ist als die von Freitextbefunden (Johnson et al., 2009; Bosmans et al., 2012; Naik et al., 2001; Bosmans et al., 2011). Allerdings ist auch die Komplexität des pathologischen Befundes von Belang (Gunderman und McNeive, 2014). Während unauffällige Befunde überdurchschnittlich schnell mittels strukturierter Befunderstellung beschrieben werden können, scheinen komplexe Pathologien mehr Zeit in Anspruch zu nehmen. Ein möglicher Erklärungsansatz ist der notwendige Einsatz aufwändiger Freitextelemente (Sabel et al., 2017; Powell und Silberzweig, 2015; Ganeshan et al.; 2018). Dagegen muss ein zeitlicher Mehraufwand immer in Anbetracht der deutlich gesteigerten Befundqualität bewertet werden.

Darüber hinaus ergeben sich aus der standardisierten Befundstruktur perspektivisch Möglichkeiten zur automatisierten Einschätzung des Therapieansprechens ebenso wie zur Generierung von Daten für wissenschaftliche Analysen (Pinto Dos Santos und Baessler, 2018).

1.1.2 Strukturierte Befunderhebung in der interdisziplinären Abklärung von Schwindelbeschwerden

Schwindel ist ein häufiges Symptom, das Patienten dazu veranlasst, medizinische Einrichtungen verschiedener Fachdisziplinen, darunter auch die Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, aufzusuchen (Murdin und Schilder, 2015; Parker et al., 2019). Rund 4 % der Patienten in Notaufnahmen klagen über Schwindel (Gerlier et al., 2021; Hackenberg et al., 2023). Schwindel beschreibt eine Störung des Gleichgewichtsempfindens, der Lage- und Bewegungswahrnehmung sowie der visuellen, labyrinthären und propriozeptiven Integrität (Baloh, 1998; AWMF Leitlinie). Betroffene schildern Schwindel als Unwohlsein oder Unsicherheit, begleitet von verschwommenem Sehen (Newman-Toker, 2012). Meistens sind die Ursachen nicht lebensbedrohlich und liegen neben peripher-

vestibulären Störungen in Bereichen wie Neurologie, Psychosomatik, Kardiologie und Orthopädie (Hande et al., 2023). Im HNO-Bereich gehören der benigne paroxysmale Lagerungsschwindel (BPLS), die akute unilaterale Vestibulopathie/Neuropathie und Morbus Menière zu den häufigsten Diagnosen (AWMF Leitlinie). Der benigne paroxysmale Lagerungsschwindel ist die häufigste Form von Schwindel. Die Erkrankung ist durch einen Drehschwindel mit einer Dauer von circa einer Minute gekennzeichnet und wird durch eine Änderung der Kopfposition provoziert. Die Anfälle haben keine bekannte Ursache. Die Pathophysiologie des BPLS liegt wahrscheinlich in der Ablösung von Otolithen aus der Macula utriculi, die in die Bogengänge oder die Cupula gelangen. Wenn sich die Position des Kopfes ändert, bewegen sich diese Otolithen an eine andere Position, was zu einer falschen Rotationsrichtung führt. Repositionierungsmanöver sind eine Behandlungsoption (Kim und Zee, 2014). Die akute unilaterale Vestibulopathie ist definiert als eine Erkrankung, die Schwindel, Übelkeit und Ganginstabilität verursacht. Ursächlich wird unter anderem eine Entzündung der vestibulären Komponente des achten Hirnnervs vermutet. Es handelt sich um eine nach einigen Tagen selbstlimitierende Erkrankung (Farhat et al., 2023). Der Morbus Menière (MD) ist durch drei Hauptsymptome gekennzeichnet ist: episodischer Schwindel, Tinnitus und eine Schallempfindungsschwerhörigkeit. Sowohl genetische Faktoren als auch Umwelteinflüsse sind bei der Entstehung entscheidend. Der zugrunde liegende Pathomechanismus ist auch hier noch unbekannt. Es wird vermutet, dass ein Zusammenhang mit einem Endolymphhydrops besteht. Therapeutische Ansätze gibt es sowohl medikamentös als auch chirurgisch (Spiegel et al., 2022). Cochlea-Implantat-Patienten berichten ebenfalls vereinzelt von Schwindel, sowohl präoperativ aufgrund der vestibulären Störung als auch postoperativ als neue oder verstärkte Symptomatik (Krause et al., 2008; Rader et al., 2018). Etwa 5–12 % der Patienten mit akutem vestibulärem Syndrom und fast 25 % der Patienten in neurologischen Notaufnahmen haben eine potenziell lebensbedrohliche vaskuläre Ursache (Royle et al., 2011). Eine gutartige neurologische Ursache ist hingegen die vestibuläre Migräne (AWMF Leitlinie).

Die Herausforderung für das Fachpersonal besteht darin, angesichts der teilweise lebensbedrohlichen Diagnosen mit dem Symptom Schwindel die Ursache hier schnell zu identifizieren. Dies erfordert eine umfassende, interdisziplinäre Herangehensweise, sowohl im ambulanten als auch im stationären Setting. Besondere Bedeutung kommt

dabei einer akribischen Anamnese und einer fachspezifischen Diagnostik zu. Studien haben gezeigt, dass die genaue Anamnese in Kombination mit neurootologischen Funktionstests eine höhere Sensitivität bei neu auftretenden Symptomen aufweist als Magnetresonanztomographien (Shah et al., 2023). In der interdisziplinären Schwindeldiagnostik ist darüber hinaus eine hohe Befundqualität entscheidend, um Informationsverluste, unnötige Untersuchungen und Verzögerungen bei Diagnose und Therapie zu vermeiden (Munst et al., 2022). Eine genaue Dokumentation der Befunde ist dabei von zentraler Bedeutung, um unter anderem die Zufriedenheit der zuweisenden Ärzte zu gewährleisten (Ernst et al., 2019). Trotz bestehender Standards und Leitlinien in der Facharztausbildung gibt es jedoch noch keine einheitliche Praxis der Dokumentation. In unserer Studie wird untersucht, ob im Rahmen der interdisziplinären Schwindelabklärung bei der Anwendung der entwickelten strukturierten neurootologischen Befunderhebungsmaske im Vergleich zur FTR die Anwendbarkeit, Vollständigkeit und Zufriedenheit der Zuweiser höher ist.

1.2 Material und Methoden

Mit der nun geplanten retrospektiven Untersuchung soll die Befundvollständigkeit von strukturierten Untersuchungsbefunden von neurootologischer Funktionsdiagnostik im Rahmen von konsiliarischen Zuweisungen zur interdisziplinären Schwindelabklärung sowie die Benutzerzufriedenheit der untersuchenden sowie zuweisenden Ärzte/-innen evaluiert werden.

Es erfolgte zunächst eine eingehende Literaturrecherche, um vollumfänglich die etablierten neurootologischen Untersuchungen, zentrale Aspekte der Anamnese sowie der klinischen Untersuchung zu identifizieren und zu charakterisieren. Für diese wurden die exakten Normbereiche, die Interpretation von Abweichungen und die zu verwendende Terminologie definiert. Anhand dieser Parameter wurde im nächsten Schritt mit der durch Smart Reporting (Smart Reporting GmbH, München, Deutschland) zur Verfügung gestellten Software eine digitale, strukturierte Befunderhebungsmaske erstellt (siehe Abbildung 1 in der Publikation).

Erstes wichtiges Element für den Befund zur neurootologischen Untersuchung ist die Anamnese mit Fokus auf dem Symptom Schwindel. Abgefragt werden sollte hier das

Geschlecht, Vorerkrankungen, Begleitsymptome (Kopfschmerzen, Tinnitus, Hörminderung, Sehstörungen, Nackenschmerzen, Übelkeit/ Erbrechen, Gangunsicherheit), Vormedikation, die Art des Schwindels (intermittierend, persistierend, Drehschwindel, Schwankschwindel, unsystemischer Schwindel), Beginn der Beschwerden, Trigger / -element. Berücksichtigt werden sollten auch sämtliche Voruntersuchungen, da gerade bei chronischem Schwindel bereits mehrere andere Fachbereiche konsultiert wurden: Welche Bildgebungen erfolgten bereits? Gab es bereits eine vorangegangene neurootologische Funktionsdiagnostik? Bei der eigentlichen klinischen Untersuchung wurde nochmals in drei Befundgruppen unterteilt: Zum einen der Ohrbefund [Pathologie, Seite (rechts/links), Gehörgang (geschwollen, gerötet, feucht, schmerzhaft, reizlos), Trommelfell (reizlos/ intakt, matt, feucht, gerötet, perforiert, eingezogen, Paukenerguss)], zum anderen die Neurootologie [Spontannystagmus, Skew Deviation, Unterberger Tretversuch, Romberg- Stehversuch, Finger- Nase- Versuch, Knie- Hacke- Versuch, Kopf- Impulstest nach Halmagyi, Lagerungsprobe (Dix- Hallpike, Pagnini- McClure), Videokopfimpulstest (Seite- Bogengang- Gainmuster- Sakkaden), kalorische Prüfung (Seite- Medium- Erregbarkeit), zervikale vestibulär evozierte myogene Potentiale (cVEMP)]. Zuletzt wurde die Hördiagnostik abgefragt (Stimmgabeltest nach Weber, Stimmgabeltest nach Rinne, Tonaudiometrie, Tympanometrie). Aus den gesammelten Informationen kann der Untersucher/ die Untersucherin in der Befunderhebungsmaske schließlich eine Beurteilung erstellen. Hier wurde zudem ein Baustein vorgegeben, der nicht unerheblich für den gesamten Befund ist: Es wurde berücksichtigt und abgefragt, ob ausgeprägte vegetative Beschwerden die neurootologische Untersuchung einschränkten. Als Diagnose Elemente wurden gegeben: Normalbefund, Peripher- vestibuläre- Pathologie (Neuropathia vestibularis, BPLS, Morbus Menière, akute Labyrinthitis, akuter idiopathischer sensorineuraler Hörverlust mit vestibulärer Beteiligung, Bogengangdehiszenzsyndrom, bilaterale Vestibulopathie), Verdacht auf zentralen Schwindel, andere Ursache). Zuletzt gab es in der Beurteilung den Unterpunkt Procedere [Therapie (Antivertiginosa, Kortikoide, Antibiotikum, Operation, Physiotherapie, Rehabilitative Therapie), weiterführende Diagnostik (Radiologie, Neurootologie, konsiliarische Mitbeurteilung), Kontrollempfehlung, Teilnahme am Straßenverkehr erlaubt]. Mit all diesen Textbausteinen konnten alle am Universitätsklinikum Bonn zur Verfügung stehenden Tests erfasst werden. Freitextfelder

geben ferner die Möglichkeit weitere Erkrankungen und Therapiemöglichkeiten zu ergänzen. Die Softwarelösung Smart Radiology (Smart Reporting GmbH, München, Deutschland) erstellt durch Anklicken ausgewählter Komponenten einen Fließtext, der immer eine einheitliche Struktur aufweist. Dieser Fließtext besteht aus zuvor festgelegten Textbausteinen je nach Auswahlmöglichkeit.

Die Maske wurde im Erstellungsprozess kontinuierlich von drei neurootologisch erfahrenen Fachärzten/-innen für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde und zwei Audiologen/-innen auf ihre Anwendbarkeit sowie potentiell fehlende oder unverständliche Elemente überprüft. Nach Erstellung der Befunderhebungsmaske wurden, analog zu bereits publizierten Studien (Ernst et al., 2019a, 2019b; Ernst et al., 2020b, 2020c; Ernst et al., 2023), spezifische Auswertungsschecklisten mit fest definierten Punkten zur Erhebung der Befundvollständigkeit erstellt. Ferner wurde ein etablierter Fragebogen mit visueller Analogskala zur Auswertung der Anwenderzufriedenheit an die aktuelle Studie angepasst. Mit Hilfe des Klinikinformationssystems wurden im Zeitraum 2020-2021 retrospektiv Patienten/-innen identifiziert, die konsiliarisch von anderen Abteilungen im Rahmen der interdisziplinären Schwindelabklärung zur neurootologischen Funktionsdiagnostik in der HNO-Klinik vorgestellt wurden.

Anhand der Rohdaten der Patientendokumentation (Anamnese, neurootologische und audiometrische Funktionsdiagnostik) wurden in der Folge digitale, strukturierte Untersuchungsbefunde erstellt. Die erstellten strukturierten Befunde sowie die Befunde aus der klinischen Routine wurden mittels der zuvor beschriebenen Auswertungsschecklisten bezüglich der Befundvollständigkeit ausgewertet. Diese Evaluationsbögen mit visueller und numerischer Analogskala legten den Fokus auf neun Fragen, die sich auf die Struktur/ das Layout, die Anamnesevollständigkeit/ -verständlichkeit, der Voruntersuchungszusammenfassung, der Ohrbefunddokumentation, der Dokumentation der neurootologischen und audiologischen Untersuchung, der Gesamtverständlichkeit des Befundes, der Beantwortung der Fragenstellung und der Nachvollziehbarkeit bezogen.

Der zuvor erstellte Fragebogen zur Anwenderzufriedenheit wurde durch die konsiliarischen Untersuchungen anfordernden Ärzte/-innen der fachfremden Abteilungen ausgefüllt, um die Zufriedenheit mit den ursprünglichen Konsilberichten im Vergleich zu den neu erstellten, strukturierten Befunden zu überprüfen.

Zur Berechnung der Stichprobengröße wurde, wie bereits in andere Studien publiziert, auf Basis der antizipierten Effektgröße der Anteil der FTRs, die eine Befundvollständigkeit von mehr als 80 % aufweisen mit den korrespondierenden SRs verglichen. Bei fehlender Datenbasis in der Literatur wurde dies für die neurootologische Funktionsdiagnostik auf 65 % für FTR und 85 % für SR geschätzt. Ferner wurde eine Power von 80 % und ein Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ festgelegt. In der Folge wurde auf Basis dieser Werte eine Stichprobengröße von $n=144$ (entsprechend 72 FTR und 72 SR) berechnet.

Es erfolgte eine Berechnung der gegebenen Normalverteilung mittels Shapiro-Wilk-Test. Die verbundenen Stichproben wurden entsprechend mit dem gepaarten t-Test auf Vollständigkeit und Anwenderzufriedenheit verglichen, wobei ein p-Wert unter 0,05 als statistisch signifikant angenommen wurde. Die vorliegenden statistischen Berechnungen erfolgten mit Microsoft Excel 2019 (Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA) sowie Graphpad Prism 9.5.1 (Graphpad Software LLC., San Diego, CA, USA).

1.3 Ergebnisse

1.3.1 Befundanalyse

In Summe wurden Berichte über $n=176$ Befunde neurootologischer Schwindelabklärungen (jeweils $n=88$ für FTRs und SRs) im Rahmen der vorliegenden Studien berücksichtigt und ausgewertet. Im Klinikinformationssystem konnten bei $n=24$ Fällen (jeweils $n=12$ für FTRs und SRs) keine ausreichende Patientenvorgeschichte respektive keine Rohdaten der neurootologischen Diagnostik entnommen werden. Dabei zeigte sich in der SR-Gruppe eine signifikant gesteigerte kumulative Befundvollständigkeit (73,7 % vs. 51,7 %, $p<0,0001$, siehe Abbildung 2).

Die SRs kamen zu besseren Bewertungen der Vollständigkeit in Bezug auf die Patientenvorgeschichte (92,5 % vs. 66,7 %, $p<0,0001$), die Zusammenschau etwaig alio loco durchgeführter Voruntersuchungen (87,5 % vs. 38 %, $p<0,0001$) sowie die audiometrische (58 % vs. 32,3 %, $p<0,0001$) und neurootologische (33,5 % vs. 26,7 %, $p<0,0001$) Funktionsdiagnostik. Bei beiden Befundungsmodalitäten wurde der ohrmikroskopische Befund regelmäßig und vollständig dokumentiert (97 vs. 95 %, $p=0,1583$, siehe Abbildung 3).

1.3.2 Zuweiserzufriedenheit

Bei der Auswertung der visuellen Analogskala (VAS)-basierten Fragebögen ergab sich eine sehr hohe Zufriedenheit der zuweisenden Ärzte/-innen für die neurootologischen SRs im Vergleich zu den FTRs (8,8 vs. 4,9, $p < 0,0001$). Die Zuweiser/-innen präferierten SRs in Bezug auf Struktur und Layout (Q1, 8,9 vs. 2,9, $p < 0,001$), der Patientenvorgeschichte (Q2, 8,25 vs. 5,1, $p = 0,012$), der Zusammenschau etwaiger Voruntersuchungen (Q3, 8,3 vs. 4,3, $p = 0,0026$), des Befundes der Ohrmikroskopie (Q4, 8,5 vs. 5,3, $p = 0,0218$) sowie der audiometrischen (Q6, 9,1 vs. 3,7, $p = 0,0001$) und neurootologischen (Q5, 9,5 vs. 4,7, $p = 0,0007$) Funktionsdiagnostik. Ferner wurden die SRs als besser verständlich (Q7, 9,3 vs. 5,3, $p = 0,0005$), die Stellungnahme zur Fragestellung als eindeutiger (Q8, 9,3 vs. 6,6, $p = 0,0007$), sowie die Diagnosestellung und Empfehlung einer entsprechenden Therapie als verständlicher (Q9, 8,1 vs. 6,3, $p = 0,0358$) angesehen (siehe Abbildung 4).

1.4 Diskussion

Patienten/innen mit der Symptomatik Schwindel weisen ein vielfältiges und herausforderndes Krankheitsbild auf, welches insbesondere im interdisziplinären Kontext eine konkrete Befundberichterstellung erfordert. Es sollte so ein höchster Standard an Diagnostik und Therapie für alle ermöglicht werden. Als Standard wird hier die ausführliche körperliche Untersuchung mit der HNO-ärztlichen Spiegeluntersuchung sowie die neurootologische Funktionsdiagnostik gesehen.

In der vorliegenden Studie entwickelten wir eine strukturierte Befunderhebungsmaske für die Dokumentation neurootologischer Funktionsdiagnostik und prüften diese im Kontext der interdisziplinären Schwindelabklärung auf Alltagstauglichkeit, Befundvollständigkeit und Zufriedenheit der zuweisenden Ärzte/-innen.

Im Rahmen der Literaturrecherche konnten bisher keine existierenden Studien zum Einsatz von SR in der Neurootologie identifiziert werden.

Anhand der im Zuge dieser Arbeit erhobenen Ergebnisse konnte eindeutig gezeigt werden, dass es durch Implementierung von SR in der Neurootologie zu einer signifikanten Steigerung der Befundvollständigkeit kommt.

Wir haben hier die von drei Fachärzte/-innen für Hals-, Nasen-, Ohrenheilkunde sowie zwei Audiologen/-innen entwickelte und überprüfte Befunderhebungsmaske zur Anwendung genommen.

Es ergab sich eindeutig, dass die Zuweiser/-innen die SR präferierten, wenn es um die ging. Es zeigt sich ein klarer Zusammenhang mit den Ergebnissen früherer Veröffentlichungen für die Diagnostik von Rektumkarzinomen, Lungenembolien, Schulterpathologien und chronisch entzündlichen Darmerkrankungen. Auch hier wurde belegt, dass die Verwendung einer strukturierten Befundung mit einer besseren Befundqualität korreliert (Norenberg et al., 2017; Sabel et al., 2017; Gassenmaier et al., 2017; Wildman- Tobriner et al, 2017).

Kritisch zu betrachten ist die dennoch bestehende unterdurchschnittliche Vollständigkeit der neurootologischen Funktionsdiagnostik innerhalb der SRs. Obwohl die Studie zeigt, dass die Vollständigkeit der Befunde signifikant gesteigert werden konnte. Während eine Überlegenheit der SRs für die Teilaspekte Anamnese, Voruntersuchungen, audiometrische Diagnostik und Ohrmikroskopie mit einer mittleren Vollständigkeit von 83,8 % (vs. 58 %, $p < 0,001$) nachgewiesen werden konnte, verblieb die Vollständigkeit der neurootologischen Funktionsdiagnostik nur bei 33,5 % (vs. 26,7 % für FTR, $p < 0,001$, siehe Abbildung 3). Eine Erklärung hierfür ist, dass die strukturierte Befunderhebungsmaske sowie die Checkliste zur Beurteilung der Befundvollständigkeit unter Berücksichtigung der Vorgaben der S2k-Leitlinie „Vestibuläre Störungen“ und entsprechend der diagnostischen Möglichkeiten der Klinik und Poliklinik für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde zum Studienzeitpunkt 2023 entwickelt wurde (S2k-Leitlinie Vestibuläre Funktionsstörungen, Version 1.0. AWMF online 2021 (<https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/017-078>)). In dem retrospektiven Beobachtungszeitraum der vorliegenden Studie zwischen 2020 und 2022 waren Teilaspekte der neurootologischen Funktionsdiagnostik, wie etwa zervikale und okuläre vestibulär evozierte myogene Potentiale ebenso wie der triplanare Videokopfimpulstest nicht durchgängig etabliert bzw. waren aufgrund von technischen Wartungen nicht allzeit vakant. Aufgrund dessen, dass die strukturierte Befunderhebungsmaske und in der Folge

auch die Checkliste zur Befundbewertung stets die Gesamtheit mit allen Teilaspekten der neurootologischen Diagnostik abfragt, resultiert hieraus eine folgend reduzierte Vollständigkeit, sowohl für SRs als auch für FTRs. Hinzu kommt, dass Fortsetzungsfehler bedacht werden müssen, sofern bei der konsiliarisch durchgeführten neurootologischen Funktionsdiagnostik bestimmte Gesichtspunkte nicht durchgeführt wurden oder zum Untersuchungszeitpunkt aus technischen Gründen nicht verfügbar waren. Konsekutiv waren hier auch keine Rohdaten bei der Erstellung der korrespondierenden SRs verfügbar. Angesichts dieser Datenlage ließen sich aber dennoch aus der Verwendung von SRs eine signifikant gesteigerte Befundvollständigkeit herleiten.

Auch für Weiterbildungsassistenten/-innen aller Fachgebiete ist die neurootologische Funktionsdiagnostik im Rahmen der interdisziplinären Schwindelabklärung bedeutend. Sei es bereits am Anfang, dass eine korrekte Formulierung der Fragestellung in der konsiliarischen Anforderung bezüglich der Mitbeurteilung und Diagnostik erstellt wird. Im Weiteren ist die Umsetzung der spezifisch notwendigen Diagnostik und Ausformulierung der Befundberichte entscheidend. Nach Fertigstellung des Berichts sollten jegliche entscheidende Empfehlungen gewürdigt und umgesetzt werden. Laut Studienlage ist in der Praxis auch die Testökonomie entscheidend (Dlugaiczky, 2024). Sofern die ausgeführten neurootologischen Testungen der Symptomatik der Patient/-innen angepasst werden, kann die Frustration, sowohl bei Patienten/-innen als auch Untersucher/-innen, reduziert und die Compliance verbessert werden. So kann dank SR eine individuelle Funktionsdiagnostik bei spezifischen Krankheitsanzeichen angebunden werden. Hierdurch gelingt es effizienter und ressourcenärmer zu arbeiten. Für Ärzte/-innen in der Weiterbildung ist es generell, gerade am Anfang ihrer Ausbildung, schwierig die neurootologische Funktionsdiagnostik korrekt zu interpretieren und diese dann in Befundberichten zu beschreiben. Hier kommt es häufig zur Frustration, feststellbar an dem geringen Interesse einer neurootologischen Spezialisierung (Golub et al., 2011). Golub et al. (2011) wiesen durch eine Befragung von 1364 Weiterbildungsassistenten/-innen in den USA auf, dass ca. 14% im zweiten Weiterbildungsjahr ein Interesse an einer neurootologischen Spezialisierung angaben. Dieser Anteil an Weiterbildungsassistenten/-innen reduziert sich mit zunehmender Weiterbildungszeit auf nur lediglich 7% (-53%). In Anbetracht dieser Tatsache kann die Qualität der Befundberichte mangelhaft und für

fachfremde Ärzte/-innen dadurch nicht nachvollziehbar sein. Eine Befundung sollte der Anforderung entsprechend ausreichend formuliert sein (Wildman-Tobriner et al., 2017). Befundberichte haben eine große Bedeutung, geben sie doch mit Inhalt und Schlussfolgerung sowohl zwischen Untersucher/-in und der anfordernden Person als auch zwischen den verschiedenen Fachdisziplinen Informationen weiter (Ernst et al., 2019b). Zudem weisen FTRs eine deutlich niedrigere Interrater-Reliabilität und somit eine höhere Befundvariabilität auf als SRs (Ernst et al., 2023).

Infolge von mangelhaft verständlichen und ungenügend erfassten Befundberichten kann es zu Informationsverlusten kommen, die wiederum zur Frustration der Zuweiser/-innen und zu unnötigen teils zeit- und kostenintensiven Folgeuntersuchungen führen. Darüber hinaus kommt es zu einer verzögerten Diagnosestellung und Therapieeinleitung, wobei neben medizinischen auch rechtlichen Konsequenzen möglich sind (Ernst et al., 2023). Gesteigert wird dies, durch eine nur beschränkt mögliche Reproduzierbarkeit der Befunde. Mit Blick auf die Weiterbildung von Ärzten/-innen ist der Gebrauch von SR ein Benefit für die Ausbildung, da unerfahrene Weiterbildungsassistenten/-innen durch die Diagnostik und deren Befundung geführt werden. Die zentralen Aspekte werden betont und somit die Interrater-Reliabilität nachhaltig verbessert (Ernst et al., 2023). Eine Überlegenheit der SR konnte auch in anderen Studien gezeigt werden, wenn es um die Reduktion inadäquat adressierter Pathologie geht (Tuncyurek et al., 2018). Daneben konnten Ernst et al. für die Kopf-Hals-Sonographie in einer longitudinalen Auswertung einen zusätzlichen Lerneffekt durch Etablierung und konsequente Verwendung von SR während der Facharztausbildung zeigen (Ernst et al., 2020b). Es ist anzunehmen, dass diese Auswirkung auch durch die Einführung der SRs im Bereich der Neurootologie vorliegen. Untersucher/-innen werden durch den systemischen Aufbau und eben diese Vorgehensweise bei der SR entlastet, da die unterschiedlichen schwindelspezifischen Kausalitäten angemessen identifiziert oder ausgeschlossen werden können. Die vorgegebenen klinischen Behandlungspfade können zudem entsprechende Differentialdiagnosen aufzeigen und diese dadurch adäquat dokumentiert werden. Im Fokus ist somit die Evidenzbasierte Medizin, da die Behandlungspfade sich an Diagnostik- und Therapieempfehlungen der aktuellen Leitlinie orientiert. Schwindelbeschwerden bei Patient/-innen werden im Zuge dessen effektiver abgeklärt und therapiert. Darüber hinaus lässt sich durch SRs auch ein Monitoring des

Krankheitsverlaufs effizient durchführen. Die immer bestehende einheitliche Darstellung der Befunde ermöglicht, dass krankheitsspezifische Veränderungen für zum Beispiel beteiligte Berufsgruppen wie Physiotherapeuten, leichter zu erkennen sind und Therapien angepasst werden können. Die Kommunikation wird somit nicht nur interdisziplinär zwischen den ärztlichen Fachgebieten verbessert, sondern auch zu anderen beteiligten Berufsgruppen bzw. Rehabilitationseinrichtungen.

Die Frage, ob die Anwendung von SR mit der damit einhergehenden erhöhten Befundvollständigkeit sowie der besseren Zuweiserzufriedenheit auch mit verbesserten klinischen Abläufen im Sinne von einer effizienteren Diagnosefindung und Therapieeinleitung bzw. mit einer besseren interdisziplinären Kommunikation einhergeht, sollte zukünftig im Rahmen einer prospektiven Studie untersucht werden.

1.5 Zusammenfassung

Die strukturierte Befunderhebung wird mittlerweile als Datenbasis für künstliche Intelligenz und Big Data-Analysen von internationalen Fachgesellschaften empfohlen. Diese Art der Befunddokumentation eignet sich für standardisierte klinische Arbeitsabläufe sowie die interdisziplinäre Kommunikation. Ausgewählt als Ansatz wurde die interdisziplinäre Abklärung von Schwindelbeschwerden, die typischerweise mittels Freitextberichten (FTR) dokumentiert wird. Aufgrund der großen Unterschiede von FTRs sind Informationsverluste und folglich Behandlungsfehler möglich. Das Ziel der durchgeführten Studie war, die Vollständigkeit sowie die Benutzerzufriedenheit von strukturierten Befunden (SR) und FTRs bei der Abklärung von Schwindelbeschwerden zu untersuchen.

Es wurden retrospektiv Patienten/-innen betrachtet, die aufgrund von Schwindelbeschwerden interdisziplinär abgeklärt wurden (n=88). Zudem wurde im Konsensverfahren von drei neurootologisch erfahrenen Fachärzten eine Maske zur strukturierten Befunderhebung für die Schwindeldiagnostik erstellt mittels derer SRs anhand der vorliegenden Anamnese sowie der Funktionsdiagnostik erstellt wurden. Die als Kontrollgruppe dienenden FTRs aus der klinischen Routine sowie die für die vorliegende Studie erstellten SRs wurden mit Hinblick auf Befundvollständigkeit und

Zufriedenheit der zuweisenden Ärzte/-innen (n=8) auf Grundlage eines etablierten Fragebogens, der auf einer VAS- Skala basiert, ausgewertet.

Die SRs wiesen sowohl in der Gesamtauswertung als auch in den Teilaspekten Anamnese, Beschreibung der Vorbefunde, sowie bei der Dokumentation der neurootologischen und audiometrischen Funktionsdiagnostik signifikant höhere Befundvollständigkeiten auf als die korrespondierenden FTRs (jeweils $p < 0,001$). Zudem waren die beteiligten Ärzte/-innen signifikant zufriedener mit den erstellten SRs im Vergleich zu den FTRs ($p < 0,001$).

Durch Anwendung von SRs in der interdisziplinären Schwindelabklärung kommt es zu deutlich vollständigeren Befunden und einer gesteigerten interdisziplinären Zufriedenheit. Da sich SRs zudem, anders als FTRs, ideal zur Anwendung von künstlicher Intelligenz, für wissenschaftliche Datenbanken und insbesondere Big Data-Analysen eignen, sollte der Einsatz im Rahmen der interdisziplinären Schwindelabklärung dringend etabliert werden.

1.6 Literaturverzeichnis der deutschen Zusammenfassung

Bosmans JM, Weyler JJ, De Schepper AM, Parizel PM. The radiology report as seen by radiologists and referring clinicians: results of the COVER and ROVER surveys. *Radiology* 2011; 259: 184-195

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

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

Deutsche Gesellschaft für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, Kopf- und Hals-Chirurgie e.V., Deutsche Gesellschaft für Neurologie e.V. AWMF online 2021: S2k-Leitlinie Vestibuläre Funktionsstörungen, Version 1.0. (<https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/017-078>) (Zugriffsdatum: 05.03.2025)

Dlugaiczek J. The "difficult" patient-pearls and pitfalls of vestibular diagnostic tests: Part 2 : Difficult aspects of vestibular laboratory testing. *HNO* 2024; 72: 129-140

Dunnick NR, Langlotz CP. The radiology report of the future: a summary of the 2007 Intersociety Conference. *J Am Coll Radiol* 2008; 5: 626-629

Ernst BP, Dorsching C, Bozzato A, et al. Structured Reporting of Head and Neck Sonography Achieves Substantial Interrater Reliability. *Ultrasound Int Open* 2023; 9: E26-E32

Ernst BP, Hodeib M, Strieth S, et al. Structured reporting of head and neck ultrasound examinations. *BMC Med Imaging*. 2019 Mar 27; 19:25.

Ernst BP, Katzer F, Künzel J, et al. Impact of structured reporting on developing head and neck ultrasound skills. *BMC Med Educ* 2019b; 19: 102

Ernst BP, Reissig MR, Strieth S, et al. The role of structured reporting and structured operation planning in functional endoscopic sinus surgery. *PLoS One*. 2020 Nov 30; 15:e0242804.

Ernst BP, Strieth S, Katzer F, et al. 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, et al. Evaluation of optimal education level to implement structured reporting into ultrasound training. *Med Ultrason*. 2020 Nov 18; 22: 445-450.

European Society of R. Good practice for radiological reporting. Guidelines from the European Society of Radiology (ESR). *Insights Imaging* 2011; 2: 93-96

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

Farhat R, Awad AA, Shaheen WA, Alwily D, Avraham Y, Najjar R, Merchavy S, Massoud S. The "Vestibular Eye Sign"-"VES": a new radiological sign of vestibular neuronitis can help to determine the affected vestibule and support the diagnosis. *J Neurol*. 2023 Sep; 270: 4360-4367

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

Ganeshan D, Duong PT, Probyn L, et al. Structured Reporting in Radiology. *Acad Radiol* 2018; 25: 66-73

Gassenmaier S, Armbruster M, Haasters F, et al. Structured reporting of MRI of the shoulder - improvement of report quality? *Eur Radiol* 2017; 27: 4110-4119

Golub JS, Ossoff RH, Johns MM, 3rd. Fellowship and career path preferences in residents of otolaryngology-head and neck surgery. *The Laryngoscope* 2011; 121: 882-887

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

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

Kim JS, Zee DS. Clinical practice. Benign paroxysmal positional vertigo. *N Engl J Med*. 2014 Mar 20; 370: 1138-1147

Kobberling J. Economic Pressure in Hospitals. *Dtsch Arztebl Int* 2017; 114: 795-796

Langlotz CP. RadLex: a new method for indexing online educational materials. *Radiographics* 2006; 26: 1595-1597

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

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

Norenberg D, Sommer WH, Thasler W, et al. 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

Park SB, Kim MJ, Ko Y, et al. 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
- 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; 174: 59-86
- Redmann AJ, Yuen SN, VonAllmen D, et al. Does Surgical Volume and Complexity Affect Cost and Mortality in Otolaryngology-Head and Neck Surgery? *Otolaryngol Head Neck Surg* 2019; 161: 629-634
- Reiner BI. The challenges, opportunities, and imperative of structured reporting in medical imaging. *J Digit Imaging* 2009; 22: 562-568
- Sabel BO, Plum JL, Kneidinger N, et al. Structured reporting of CT examinations in acute pulmonary embolism. *J Cardiovasc Comput Tomogr* 2017; 11: 188-195
- Sabel BO, Plum JL, Czihal M, et al. Structured Reporting of CT Angiography Runoff Examinations of the Lower Extremities. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2018; 55: 679-687
- Schoeppe F, Sommer WH, Haack M, et al. 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
- Sinitsyn VE, Komarova MA, Merzhina 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
- Sobez LM, Kim SH, Angstwurm M, et al. Creating high-quality radiology reports in foreign languages through multilingual structured reporting. *Eur Radiol* 2019; 29: 6038-6048
- Spiegel JL, Stoycheva I, Weiss BG, Bertlich M, Rader T, Canis M, Ihler F. Vestibular and audiometric results after endolymphatic mastoid shunt surgery in patients with Menière's disease. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2023; 280: 1131-1145

Tuncyurek O, Garces-Descovich A, Jaramillo-Cardoso A, et al. Structured versus narrative reporting of pelvic MRI in perianal fistulizing disease: impact on clarity, completeness, and surgical planning. *Abdom Radiol (NY)*. 2019 Mar; 44: 811-820.

Wildman-Tobriner B, Allen BC, Bashir MR, et al. 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

2. Veröffentlichung

Dieser Publikationsdissertation liegt die folgende, unabhängig begutachtete Veröffentlichung zugrunde:

Lasrich M, Helling K, Strieth S, Bahr-Hamm K, Vogt TJ, Fröhlich L, Send T, Hill K, Nitsch L, Rader T, Bärhold F, Becker S, Ernst BP. Erhöhte Befundvollständigkeit und gesteigerte Zuweiserzufriedenheit bei strukturierter neurootologischer Befunderhebung in der interdisziplinären Schwindelabklärung [Increased report completeness and satisfaction with structured neurotological reporting in the interdisciplinary assessment of vertigo]. HNO 2024; 72: 711-719.

<https://doi.org/10.1007/s00106-024-01464-5>

3. 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 Erstellung der Befunderhebungsmaske im Programm Smart Reporting (Firma Smart Reporting GmbH, München) wurde nach Einarbeitung durch Herrn Privatdozent Dr. med. Benjamin Philipp Ernst von mir durchgeführt. Die Erstellung und Validierung der neurootologischen Sektion der Befunderhebungsmaske mit ihren Parametern erfolgte durch mich in enger Abstimmung mit Herrn Privatdozent Dr. med. Benjamin Philipp Ernst und Herrn Privatdozent Dr. med. Kai Helling (Leiter Sektion Neurootologie, Hals-, Nasen, Ohrenklinik und Poliklinik – Plastische Operationen, Universitätsmedizin Mainz). Die Erstellung und Validierung der Befundsektion Audiologie erfolgte durch mich in enger fachlicher Abstimmung mit Herrn Univ.-Prof. Dr. ing. Tobias Rader (Leiter Sektion Audiologie, Klinik und Poliklinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde, LMU Klinikum, München) sowie Frau Dr. rer. nat. Laura Fröhlich (Leiterin Audiologisches Zentrum, Klinik und Poliklinik für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, Universitätsklinikum Bonn). Die Erstellung der Fragebögen erfolgte durch mich auf Grundlage von bereits zuvor verwendeten, etablierten Fragebögen aus vorherigen Studien der Arbeitsgruppe von Herrn Privatdozent Dr. med. Benjamin Philipp Ernst. Diese wurden fachlich hinsichtlich der neurootologischen Fragestellung durch Herrn Privatdozent Dr. med. Kai Helling sowie hinsichtlich der audiologischen Fragestellung durch Herrn Univ.-Prof. Dr. ing. Tobias Rader sowie Frau Dr. rer. nat. Laura Fröhlich geprüft.

Die Datenerhebung in Form von den bereits aus der klinischen Routine vorhandenen FTRs und den durch mich aus den vorhandenen Rohdaten neu erstellten SRs erfolgte durch mich unter Aufsicht von Herrn Privatdozent Dr. med. Benjamin Philipp Ernst.

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

Die Interpretation erfolgte durch mich sowie Herrn Privatdozent Dr. med. Benjamin Philipp Ernst. Die Interpretation der neurootologischen Daten erfolgte darüber hinaus in Diskussion mit Herrn Privatdozent Dr. med. Kai Helling sowie hinsichtlich der audiologischen Daten mit Herrn Univ.-Prof. Dr. ing. Tobias Rader sowie Frau Dr. rer. nat. Laura Fröhlich.

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

4. Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei all denen bedanken, die zum Gelingen dieser Dissertation beigetragen haben.

Vielen Dank an Herrn PD Dr. med. Benjamin Ernst für die Überlassung des Promotionsthemas sowie die stetige Unterstützung bis zur Fertigstellung der Arbeit. Herrn Prof. Dr. med. Sebastian Strieth danke ich für die Möglichkeit in seinem Institut diese Promotion durchzuführen. Zudem danke ich Herrn PD Dr. med. Kai Helling für seine Hilfe bei der Erstellung der Befunderhebungsmaske, ebenso Herrn Univ.-Prof. Dr. ing. Tobias Rader und Frau Dr. rer. nat. Laura Fröhlich für ihre Hilfe bei der Validierung der audiologischen Daten. Außerdem danke ich allen Kollegen, die die Fragebögen zur Anwenderzufriedenheit ausgefüllt haben.

Weiterhin danke ich allen Mitarbeiter/-innen der Klinik für Hals- Nasen-Ohrenheilkunde der Universität Bonn und des Städtischen Klinikums Solingen dafür, dass sie mich auf meinem beruflichen Weg begleitet und dazu beigetragen haben, mein Wissen aufzubauen.

Abschließend möchte ich meiner Familie einen ganz besonderen Dank aussprechen, die mir das Studium der Humanmedizin ermöglicht hat und mir bei der Anfertigung der Promotionsarbeit unterstützend und liebevoll zur Seite stand.