

Aus der
Hals-, Nasen-, Ohren-Klinik und Poliklinik – Plastische Operationen
der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Der Einfluss der strukturierten Befunderhebung auf die Befundqualität und
Benutzerzufriedenheit bei Ultraschalluntersuchungen des Kopf-Hals-Bereichs

Inauguraldissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der
Medizin
der Universitätsmedizin
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Vorgelegt von

Mohamed Hodeib
aus Landau in der Pfalz

Mainz, 2023

Wissenschaftlicher Vorstand:

1. Gutachter:

2. Gutachter:

Tag der Promotion:

21. Feb 2024

Meinen Eltern, Großeltern, Schwestern und Brüdern
gewidmet

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis.....	I
Abbildungsverzeichnis und Tabellenverzeichnis	II
1 Einleitung	1
1.1 Einleitung in die Sonographie	1
1.2 Anwendungsgebiete	1
1.3 Dokumentation.....	2
1.4 Konventionelle und strukturierte Befunderhebung.....	3
1.5 Befundqualität / Vollständigkeit, zeitliche Effizienz	3
1.6 Fragestellung	4
2 Literaturdiskussion.....	5
2.1 Sonographie.....	5
2.1.1 Historische Entwicklung der Sonographie und ihr physikalischer Hintergrund.....	5
2.1.2 Die Kopf-Hals-Sonographie	7
2.2 Gegenwärtige Dokumentation und die gesetzlichen Vorgaben.....	9
2.2.1 Dokumentation.....	9
2.2.2 Dokumentations- und Aufbewahrungspflicht.....	10
2.2.3 Ärztliche Dokumentation der sonographischen Diagnostik.....	10
2.3 Die Befundung angewendet in der Kopf- und Hals-Sonographie und aktueller Stellenwert.....	11
2.3.1 Schwächen der aktuellen Befundung und Innovationsbedarf.....	13
2.4 <i>Big Data Mining</i>	14
2.5 Krankenhauszukunftsgesetz, der politische Weg in die Digitalisierung.....	16
2.6 Strukturierte Befundung.....	16
2.6.1 Die 5 Level der strukturierten Befundung.....	18
2.6.2 Vorteile einer strukturierten Befunderhebung	19
2.6.3 Nachteile einer strukturierten Befunderhebung.....	20
2.7 Bestehende Anwendungsgebiete der strukturierten Befunderhebung	21
2.7.1 Strukturierte Befundung in der CT-Diagnostik	21
2.7.2 Strukturierte Befundung in der MRT-Diagnostik	22
2.7.3 Strukturierte Befundung in der Röntgen und Videofluoroskopie – Diagnostik mittels online-Befundungssoftware.....	23
3 Material und Methoden	24
3.1 Studiendesign	24
3.2 Berechnung der Stichprobengröße.....	25
3.3 Voraussetzung der Auswahl von Probanden.....	25
3.4 Bilderfassung	27
3.5 Die Kontroll (FTR)- und Interventionsgruppe (SR).....	27
3.5.1 Kontrollgruppe: Freitextbefunderhebung.....	27
3.6 Interventionsgruppe: Strukturierte Befunderhebung	29
3.7 Evaluationsbogen Strukturierte Befunderhebung der Kopf-Hals-Sonographie.....	31

3.8	Datenerhebung	33
3.9	Auswertung der Befundqualität und des Evaluationsbogens.....	34
3.9.1	Auswertung der Befundqualität.....	34
3.9.2	Auswertung des Evaluationsbogens.....	35
3.10	Statistische Auswertung.....	35
3.11	Fragestellungen	37
4	Ergebnisse.....	38
4.1	Deskriptive und Interferenzstatistik.....	38
4.1.1	Probanden.....	38
4.1.2	Ärztliche Untersucher / Befunder	39
4.1.3	Analyse der Befundberichte	40
4.1.4	Subjektive Evaluation der Befundungsmodalitäten.....	45
4.2	Inferenzstatistik	45
5	Diskussion	47
6	Zusammenfassung	61
7	Literaturverzeichnis.....	63
	Danksagung	IV
	Tabellarischer Lebenslauf	V

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
Abs.	Absatz
A-Mode	Amplitude-Mode
BGB	Bürgerliches Gesetzbuch
BI-RADS	Breast Imaging-Reporting and Data System
B-Mode	Brightness-Mode
Bspw.	Beispielsweise
CEUS	Contrast Enhanced Ultrasound
CT	Computertomographie
DEGUM	Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin
DIN	Deutsches Institut für Normung
EDV	Elektronische Datenverarbeitung
FA	Facharzt
FTR	Freitextbefundung
GOÄ	Gebührenordnung für Ärzte
IT	Informationstechnik
KV	Kassenärztliche Vereinigung
MFI	Micro Flow Imaging
MRT	Magnetresonanztomographie
NAR	Normenausschuss Radiologie
PACS	Picture Archiving and Communication System
RADS	Reporting and Data System
StGB	Deutsches Sozialgesetzbuch
SMI	Super microvascular Imaging
SOP	Operating Procedure
SR	Strukturierte Befundung
TI-RADS	Thyroid Imaging Reporting and Data System
VAS	Visuelle Analogskala
WBJ	Weiterbildungsjahr

Abbildungsverzeichnis und Tabellenverzeichnis

Abb. 1: Bildung des zweidimensionalen Bildes im Brightness-Mode anhand eines Piezokristall links im Bild und der parallelen Aneinanderreihung rechts im Bild.	7
Abb. 2: Verschiedene Ultraschall-Modi: A) B-Modus; B) MFI aus [51]; C) Farbdoppler; D) SMI aus [52]; E) Elastographie; F) Kontrastmittelsonographie (A,C,E,F - mit freundlicher Genehmigung von, Regensburg Deutschland).	8
Abb. 3: Auszug aus dem BGB §630f, Dokumentation der Behandlung (Bürgerliches Gesetzbuch, Zweites Buch 2, Recht der Schuldverhältnisse) [56].	10
Abb. 4: Auszug aus der Vereinbarung von Qualitätssicherungsmaßnahmen nach § 135 Abs. 2 SGB V zur Ultraschalldiagnostik (Ultraschall-Vereinbarung), § 10 Ärztliche Dokumentation [22].	11
Abb. 5: Scan eines beispielhaft ausgefüllten FTR-Befundungsbogen. Geforderter Standard DIN A4 Befundungsbogen der HNO-Ambulanz der Uniklinik Mainz (UMZ_HN_FB_Organbogen. Sonographie_20142711).	28
Abb. 6: Screenshot der SR-Vorlage für Kopf-Hals-Sonographie. Normalbefund. Mit der freundlichen Genehmigung der Fima Smart Reporting GmbH (München, Deutschland).	30
Abb. 7: Screenshot der SR-Vorlage für Kopf-Hals-Sonographie. Erstellung des SR-Befundes mittels Entscheidungsbaum-Prinzips. (Smart Reporting GmbH, München Deutschland).	30
Abb. 8: Screenshot der SR-Vorlage für Kopf-Hals-Sonographie. Abschließende Beurteilung. (Smart Reporting GmbH, München Deutschland).	31
Abb. 9: Die 9 Fragen des Evaluationsbogens zur strukturierten, sowie freitext-Befundung der Kopf-Hals-Sonographie.	33
Abb. 10: Erhebungsbogen zur Berichtsauswertung der einzelnen Untersuchungen.	36
Abb. 11: Darstellung der demographische Daten der teilnehmenden Probanden.	38
Abb. 12: Verteilung der Untersucher in die jeweilige Befundungsgruppe.	39
Abb. 13: Prozentuale Darstellung der Summe der Befundverteilung gemäß des Weiterbildungsstandes der einzelnen ärztlichen Untersucher.	40
Abb. 14: Prozentuale Darstellung der Verteilung der Kategorie-Vollständigkeit aus Abb. 10 C (* $p < 0,05$, ** $p < 0,01$. *** $p < 0,001$).	41
Abb. 15: Prozentuale Darstellung der Befundungszeit und Lesbarkeit von SR und FTR (*** $p < 0,001$).	41

Abb. 16: Übersichtsdarstellung der durchschnittlich Befundungszeit nach dem einzelnen Weiterbildungsstand der Untersucher.	42
Abb. 17: Prozentuale Darstellung der durchschnittlichen Detailliertheit bzw. Verwendung von korrekter Terminologie (***).....	42
Abb. 18: Prozentuale Darstellung der Gesamtbefundqualität mittels SR und FTR...	43
Abb. 19: Prozentuale Übersichtsdarstellung der durchschnittlich erreichten Punktezahl nach dem jeweiligen einzelnen Weiterbildungsstand der Untersucher. ...	43
Abb. 20: Übersichtsdarstellung der durchschnittlichen prozentualen Differenz zwischen SR und FTR. Hier direkter Vergleich zwischen den Untersuchungsdurchläufen mit gleichem und ungleichem Weiterbildungsstand.	44
Abb. 21: Darstellung der durchschnittlichen Punktevergabe des Evaluationsbogens siehe Abb. 9 (* p<0,05).	44

Gender Hinweis

Zugunsten einer besseren Lesbarkeit dieser Dissertationsschrift, wird das generische Maskulinum als primäre Personenbezeichnung verwendet. Hierbei bezieht sich, sofern nicht anders gekennzeichnet, das generische Maskulinum immer gleichermaßen auf alle Geschlechter.

1 Einleitung

1.1 Einleitung in die Sonographie

Resultierend aus Experimenten mit Fledermäusen Ende des 18. Jahrhunderts, präsentiert sich die Verwendung des Ultraschalls heute als fester Bestandteil der klinischen Diagnostik [1] und hat insbesondere im Rahmen der Tumordiagnostik und -nachsorge von Kopf-Hals-Malignomen oder zur Operationsplanung einen zentralen klinischen Stellenwert [2-5].

Ultraschallwellen lassen sich mit Hilfe des piezoelektrischen Effekts erzeugen und je nach Bedarf modulieren [6]. In Kombination mit dem von Fledermäusen angewendetem Echo-Impuls-Verfahren kann somit, unter Verwendung eines passenden Empfängers, das von der Zielstruktur reflektierte Echo bildlich dargestellt werden [7, 8].

Die Signaldarstellung oder Bildrekonstruktion wird typischerweise durch zwei Modi visualisiert. Der *Amplitude-Mode* (Amplituden-Modus, A-Mode) zeigt auf der Zeitachse (Abszisse) eindimensionale Amplituden (Ordinate) des vom Puls erzeugten Echos. Je stärker die Intensität des reflektierten Schalls, desto höher die Amplitude [7, 9, 10]. Im *Brightness-Mode* (Helligkeitsmodus, B-Mode) wird die Höhe der Amplitude einem Helligkeitswert zugeschrieben. Je höher die Amplitude, desto heller erscheint der Lichtpunkt auf dem Gerätemonitor. Durch Parallelschaltung multipler Piezokristallen kann eine Vielzahl von Schallwellen gleichzeitig gesendet und deren Echos empfangen werden. Aus der Aneinanderreihung dieser Echos bildet sich schließlich ein zweidimensionales Bild [7-10]. Weiterführend können beispielsweise bewegte Strukturen, wie das fließende Blut einer Arterie, mit Hilfe des Doppler-*Shifts* dargestellt und die Flussrichtung bestimmt werden [11-13].

1.2 Anwendungsgebiete

Insbesondere die Einführung des B-Modus stellte einen Meilenstein in der klinischen Etablierung der Sonographie dar und ermöglichte neben einer quantitativen auch eine qualitative Gewebedifferenzierung [6, 14, 15]. Heute findet die Sonographie bei diversen Fragestellungen, unter anderem als schnelles diagnostisches Tool in der

Akutmedizin, aber auch bei spezifischen muskuloskelettalen, abdominellen oder gynäkologischen Fragestellungen [16-20], Anwendung. Die Kopf-Hals-Sonographie hat dabei einen zentralen Stellenwert bei Tumornachsorgen nach Kopf-Hals-Malignomen, Speicheldrüsenerkrankungen und bei zervikalen Lymphadenopathien [2-5].

1.3 Dokumentation

Zu jeder Ultraschalluntersuchung gehört eine adäquate Befunddokumentation. Die große Bedeutung dieser ärztlichen Dokumentationspflicht wird durch dessen juristische Verankerung im Rahmen des neu geschaffenen Patientenrechtegesetz im §630f des Bürgerlichen Gesetzbuches (BGB) deutlich. Eine weitere gesetzliche Verankerung erfährt die Dokumentationspflicht im §10 der ärztlichen Berufsordnung sowie im §57 des Bundesmantelvertrages der Ärzte. Dabei wird im Bundesmantelvertrag der Ärzte geregelt, dass eine Dokumentation von Befunden, Behandlungsmaßnahmen und veranlassten Leistungen und Angabe des Behandlungstages in geeigneter Weise erfolgen muss [21]. Dem gegenüber fordert die ärztliche Berufsordnung lediglich, dass über ärztliche Feststellungen und abgeleitete Maßnahmen die entsprechend notwendigen Aufzeichnungen durchzuführen sind [22].

Ferner fordern heute verschiedene Institutionen die ärztliche Dokumentation und geben spezifische Vorgaben für diese vor.

Hierunter zählen beispielsweise die einzelnen Bundesländer, die Kassenärztliche Vereinigung (KV) aber auch die Gebührenordnung für Ärzte (GOÄ), welche die Dokumentation unter anderem zur Abrechnung voraussetzt [23]. Zudem bildet die Befunddokumentation die Grundlage für Arztbriefe, dient zum Vergleich von Kontroll- und Folgeuntersuchungen und entscheidet maßgeblich über das Procedere einer weiteren Therapieplanung [24-26].

Im Falle dessen, dass eine Untersuchung im Rahmen einer vertragsärztlichen Versorgung zu Lasten der Krankenkassen erbracht wird, setzt das Sozialgesetzbuch klare Forderungen an den Untersucher. Speziell für die Ultraschalldiagnostik regelt die Vereinbarung Qualitätssicherungsmaßnahmen nach § 135 Absatz (Abs.) 2 des deutschen Sozialgesetzbuchs (SGB) V zur Ultraschalldiagnostik (§10 Abs. 1) im

Detail, welche Informationen aus einer korrekten und vollständigen Dokumentation hervorgehen müssen [22].

1.4 Konventionelle und strukturierte Befunderhebung

Derzeit werden überwiegend Untersuchungsergebnisse im Freitext-Stil dokumentiert. Diese meist handschriftlichen oder als Diktat verfassten Befunde [27] variieren häufig erheblich zwischen den verschiedenen medizinischen Disziplinen im Textaufbau und der verwendeten Terminologie [28]. Dabei hängt die Qualität des Befundes meist von der Sorgfalt des dokumentierenden Arztes ab [24, 29]. Dies ermöglicht zwar eine hohe Individualität, zeigt sich jedoch im klinischen Alltag als fehleranfällig. Ebenfalls wird dadurch im Nachhinein eine Vergleichbarkeit der Befunde, beispielsweise von Kontrolluntersuchungen, aufgrund fehlender Standardisierung erschwert [27]. Um hier eine höhere Gesamtqualität der ärztlichen Dokumentation zu erreichen, plädieren verschiedenste Fachgesellschaften für eine strukturierte digitale Befunderhebung [30-33].

2009 wurden erstmals drei Level der strukturierten Befundung (SR) durch Bolos und Weiss definiert [34, 35]. Grundsätzlich soll ein strukturierter Befund aus: 1. einem strukturierten Format, welches die verschiedenen Abschnitte und Unterabschnitte definieren sollen, 2. der Festlegung einer stringenten Reihenfolge der zu befundenden Strukturen und 3. der Verwendung einer einheitlichen vorbestimmten Terminologie bestehen [34, 35]. Ergänzt wurden diese drei Level 2020 durch die Erweiterung um weitere zwei Level durch Nobel et al. Dabei soll gemäß des 4. Levels das Layout strukturiert zu einer Gleichförmigkeit führen und 5. eine strikte Festlegung der IT-gesteuerten Anordnung von medizinischem Inhalt bestimmt werden [35].

1.5 Befundqualität / Vollständigkeit, zeitliche Effizienz

In den letzten Jahren ist eine stark zunehmende Arbeitsverdichtung im Bereich der ärztlichen Tätigkeit zu verzeichnen, bei der eine zunehmende Anzahl komplexer Patienten in einer immer kürzeren Zeit behandelt werden müssen [36]. Zusätzlich zeigt sich ein stets zunehmender Anstieg an bürokratischen Aufgaben [37]. Hieraus ergibt

sich unter anderem die Motivation zum Erstellen von zeitlich effizienten, vollständigen und reproduzierbaren Befunden mit hoher Befundqualität.

1.6 Fragestellung

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Frage, ob die Etablierung einer strukturierten, standardisierten Befunderstellung von Ultraschalluntersuchungen der Halsweichteile zu einer verbesserten Befundqualität und Befundlesbarkeit führt. Als weiterer Kernaspekt wird untersucht, ob die Etablierung dieser Befunderstellungsmethode zu einem zeitlichen Mehraufwand in der Durchführung führt und ob, sofern dies zutrifft, dieser zeitliche Mehraufwand gerechtfertigt ist.

2 Literaturdiskussion

2.1 Sonographie

Die Sonographie ist ein dynamisches bildgebendes Verfahren, welches durch die Anwendung von Ultraschallwellen die Untersuchung von organischem Gewebe ermöglicht [38]. Hierbei wird unter Verzicht einer ionisierenden Strahlung die Abbildung (Abb.) von funktionellem und morphologischem Gewebe in Echtzeit ermöglicht [39].

2.1.1 Historische Entwicklung der Sonographie und ihr physikalischer Hintergrund

Lange bevor die Sonographie im klinischen Alltag nicht mehr wegzudenken war [1], nutzten Fledermäuse den Ultraschall zur Orientierung. Dabei beobachtete Lazzaro Spalanzani, dass diese Tiere trotz tiefster Dunkelheit die Orientierung nicht verloren. Beginnend im 18. Jahrhundert und gefolgt von zahlreichen Experimenten, erkannte man schließlich, dass Fledermäuse sich mit Hilfe der Akustik das Weltbild formen [1]. Pierre Curie war der erste Mensch, der 1880 mithilfe des piezoelektrischen Effekts Ultraschallwellen technisch erzeugte [6]. 1938 folgte die erste Verwendung in der medizinischen Diagnostik, bei welcher der Neurologe K. Th. Dussik einen zerebralen Seitenventrikel nachwies [1, 40]. Nach Entwicklung des Kontakt-*Compound*-Scanner (Compound=Verbindung) 1957, bei dem der Schallkopf direkt auf der Haut platziert werden konnte und welcher primär für das Mammakarzinom Screening entwickelt worden war, fanden relativ zügig weitere Fachdisziplinen Verwendung für die Sonographie [1, 6]. Die Etablierung und der sich anschließende Durchbruch der Sonographie in der modernen Medizin erfolgte dann Anfang der 1980er Jahre [1].

Da eine ausführliche und detaillierte Darstellung der historischen Entwicklung nicht Schwerpunkt dieser Arbeit ist, wird auf die Webseiten „Ultraschallmuseum.de“, hier das Kapitel „Die Geschichte der Ultraschalldiagnostik“ von B. Frentzel-Beyme [41], und das Kapitel „Geschichte des diagnostischen Ultraschalls“ der deutschen Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin (DEGUM) [42] verweisen.

Damit sonographisch generierte Abbildungen richtig gedeutet werden können, bedarf es abgesehen von der anatomischen Kenntnis ein technisches und physikalisches Grundverständnis. Anhand der Bildgenerierung werden im Folgenden die wesentlichsten Informationen zum Verständnis einer Bildentstehung dargestellt.

Ausgehend vom Ultraschallkopf (*Transducer*), welcher Sender und gleichzeitig Empfänger der Ultraschallwellen ist, werden piezoelektrische Kristalle und Keramiken mittels elektrischer Wechselspannung verformt. Hierdurch entsteht eine mechanische Schwingung, welche schließlich die geforderten Schallwellen erzeugt [7-10]. Dies wird piezoelektrischer Effekt (auch Curie-Effekt) genannt und funktioniert auch entgegengesetzt, sodass sowohl Ultraschallwellen erzeugt als auch empfangene Schallwellen in eine elektrische Spannung umgewandelt werden können [7, 8]. Die Ausbreitung im Gewebe erfolgt abhängig vom Medium. Hierbei wird das Verhalten der Schallwellen von vier maßgeblichen Effekten (Absorption, Reflexion, Streuung und Brechung) bestimmt, welche in Summe letztlich zu einer Ultraschallabschwächung führen. Zusammengefasst bedingen diese Effekte mit dem jeweiligen Medium das Echo, welches zurück an den Schallkopf gesendet wird. Nachdem das Echo in ein elektrisches Signal umgewandelt wurde, erfolgt durch den Rechner (Computer) die Darstellung in dem ausgewählten Modus [7, 8]. Hierbei unterscheiden sich zwei wesentliche Modi: Der sogenannte *A-Mode* zeigt auf der Zeitachse (Abszisse) eindimensionale Amplituden (Ordinate) des vom Puls erzeugten Echos. Eine stärkere Intensität des reflektierten Schalls, stellt somit eine höhere Amplitude dar [7, 9, 10]. Im *B-Mode* bzw. *Brightness-Mode* wird die Höhe der Amplitude einem Helligkeitswert zugeordnet. Folglich erzeugt eine höhere Amplitude einen heller erscheinenden Lichtpunkt auf dem Gerätemonitor. Werden demzufolge multiple Piezokristalle parallel aneinandergereiht, erlaubt dies ein vielzähliges Senden und Empfangen der Schallwellen. Die nebeneinander liegenden Piezokristalle erzeugen schließlich in Summe ein zweidimensionales Bild auf dem dazugehörigen Monitor und das uns bekannte B-Bild [7-10] (siehe Abb. 1).

Des Weiteren erlaubt der Doppler- *Shift* das Detektieren von bewegten Strukturen wie beispielsweise das fließende Blut in einer Arterie [11-13].

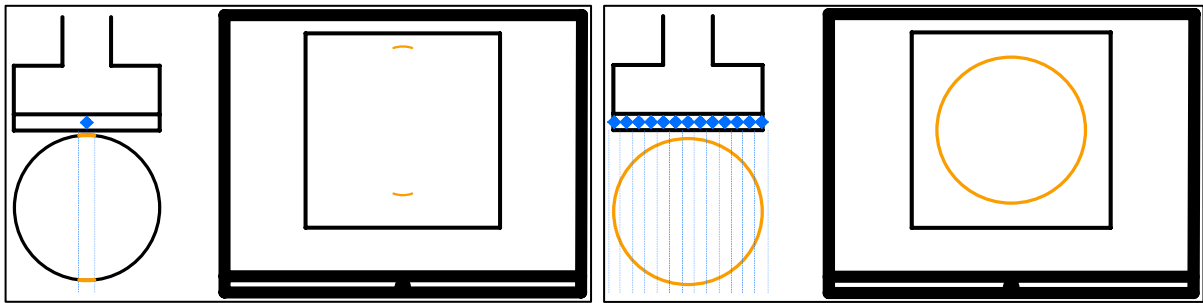


Abb. 1: Bildung des zweidimensionalen Bildes im Brightness-Mode anhand eines Piezokristall links im Bild und der parallelen Aneinanderreihung rechts im Bild.

Gegenwärtig stellt die Sonographie im klinischen Alltag das meistgenutzte bildgebende Verfahren dar [39] und etablierte sich zum festen Bestandteil der klinischen Diagnostik. Sie wird verstärkt als Ergänzung bzw. Erweiterung der „körperlichen Untersuchung“ angesehen [43] und findet zunehmend auch Berücksichtigung bereits im Medizinstudium [44, 45]. Heute ist die Sonographie aus dem ärztlichen Alltag nicht mehr wegdenken [1].

2.1.2 Die Kopf-Hals-Sonographie

Der Einsatz der Kopf-Hals-Sonographie zeigt sich im klinischen Alltag vielfältig. Dabei stellen die Tumornachsorge nach Kopf-Hals-Malignomen, die operative Vorbereitung und Planung [2-5] sowie die Untersuchung der Kopfspeicheldrüsen und die Diagnostik von Lymphadenopathien die häufigsten Indikationen dar [46]. Zugleich soll die Vielfältigkeit der technischen Alternativen zum *B-Mode* erwähnt werden, bei der sich in den letzten Jahren eine stetige Weiter- und Neuentwicklung zeigt [46, 47]. In der Arbeit von Weimer et al. wird der aktuelle technische Stand der Sonographie zusammengefasst [46]: Hier präsentiert die Arbeitsgruppe die neuartigen mikrovaskulären Doppler-Methoden (*Super microvascular Imaging [SMI]* und *Micro Flow Imaging [MFI]*), das *Contrast-enhanced Ultrasound* (Kontrastmittelverstärkter Ultraschall, CEUS), sowie die Elastographie, welche bei spezifischen Fragestellungen zum Einsatz kommen. Zugleich wird der Vorteil der Verwendung von Bildarchivierungs- und Kommunikationssystemen, wie das *Pictures Archiving and Communication System* (Bildarchivierungs- und Kommunikationssystem, PACS), aufgeführt. Dabei zeigt die Möglichkeit zur zusätzlichen Fusion von Magnetresonanztomographie- (MRT) und Computertomographie- (CT) Bildern eine

Verbesserung des Informationsgehalts bei kleineren Strukturen und ermöglicht verbesserte sonographisch gesteuerte Interventionsmöglichkeit [46, 48, 49].

Folglich fand, trotz anfänglich massiver Kosten für damalige *High End* Produkte, Mitte der 1990er Jahre die farbkodierte Duplexsonographie ihren Weg in den Ausbildungskatalog der Hals-Nasen-Ohrenheilkunde [6, 14, 50].

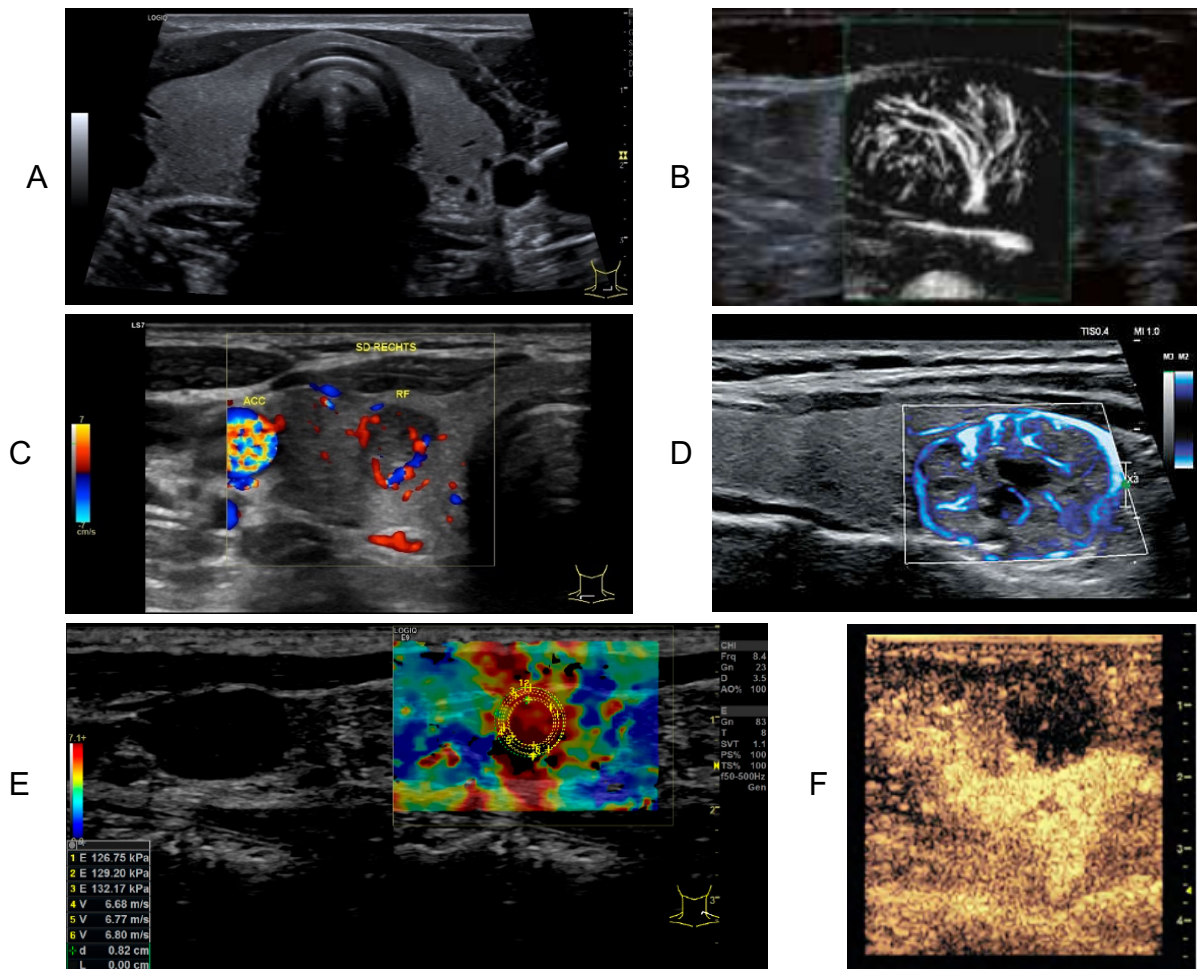


Abb. 2: Verschiedene Ultraschall-Modi: A) B-Modus; B) MFI aus [51]; C) Farbdoppler; D) SMI aus [52]; E) Elastographie; F) Kontrastmittelsonographie (A,C,E,F - mit freundlicher Genehmigung von, Regensburg Deutschland).

Betrachtet man die aktuell geltende (Muster)-Weiterbildungsordnung der Bundesärztekammer aus dem Jahre 2018, werden nach aktueller Fassung vom 26.06.2021 insgesamt 400 Ultraschalluntersuchungen gefordert, um eine adäquate Untersuchungs- und Befundungssicherheit zu gewährleisten. Zusätzlich zur duplexsonographischen Darstellung der extrakraniellen hirnversorgenden Gefäße wurde sowohl die sonographische Untersuchung von Gesichts- und Halsweichteile als auch die der Nasennebenhöhlen mit einbezogen [46, 53].

An dieser Stelle sei die Häufigkeit der täglichen Durchführung einer Kopf-Hals-Ultraschalluntersuchung aufzuführen: In der Arbeitsgruppe von Heyduck et al. erfolgte zwischen 2013 und 2014 eine deutschlandweite Umfrage über die Häufigkeit der sonographischen Untersuchungen pro Tag. Dabei beteiligten sich ca. 53 % der deutschen Hals-, Nasen-, Ohren (HNO)-ärztlichen Kliniken sowie ca. 11 % der niedergelassenen HNO-Ärzte. Im Schnitt ergaben sich zehn bis zwölf Ultraschalluntersuchungen pro Tag, [46, 54] welche anschließend zeitnah befundet und dokumentiert werden müssen.

Damit ist heute die Kopf-Hals-Ultraschalldiagnostik ein fester Bestandteil des Arbeitsbereichs der Hals-, Nasen-, Ohrenheilkunde und dient seit Anfang der 90er Jahre als unverzichtbares diagnostisches Werkzeug [6, 14, 50].

Folglich stellt die Sonographie als ein häufig genutztes bildgebendes Verfahren ein geeignetes Medium zur Erforschung der in dieser Arbeit gestellten Fragestellung dar.

2.2 Gegenwärtige Dokumentation und die gesetzlichen Vorgaben

2.2.1 Dokumentation

Die Dokumentation dient im klinischen Alltag häufig als Gedankenstütze [55] oder wird als Basis zur Abrechnung von ärztlichen Dienstleistungen genutzt [23]. Zudem bildet die Befunddokumentation die Grundlage für Arztbriefe, dient zum Vergleich von Kontroll- und Folgeuntersuchungen und entscheidet maßgeblich über das Procedere einer weiteren Therapieplanung [24-26]. Nicht zuletzt dient die ärztliche Dokumentation zur Beweissicherung bei beispielsweise Vorwürfen einer fehlerhaften Behandlung [56]. Für die Facharztweiterbildung der Hals-, Nasen-, Ohrenheilkunde werden heute bis zu 400 Ultraschalluntersuchungen mit entsprechender Dokumentation gefordert [57].

Die große Bedeutung dieser wird durch dessen juristische Verankerung im Rahmen des neu geschaffenen Patientengesetz im §630f des BGB deutlich. In weiteren gesetzlichen Verankerungen wird im Bundesmantelvertrag der Ärzte geregelt, dass eine Dokumentation von Befunden, Behandlungsmaßnahmen und veranlassten Leistungen und Angabe des Behandlungstages in geeigneter Weise erfolgen muss [21]. Dem gegenüber fordert die ärztliche Berufsordnung lediglich, dass über ärztliche

Feststellungen und abgeleitete Maßnahmen die entsprechend notwendigen Aufzeichnungen durchzuführen sind [55].

2.2.2 Dokumentations- und Aufbewahrungspflicht

Die Dokumentations- und Aufbewahrungspflicht findet sich im zweiten Bürgerlichen Gesetzbuch und bildet die Grundlage für Dokumentationsregelungen in der ärztlichen Berufsordnung sowie dem Bundesmantelvertrag.

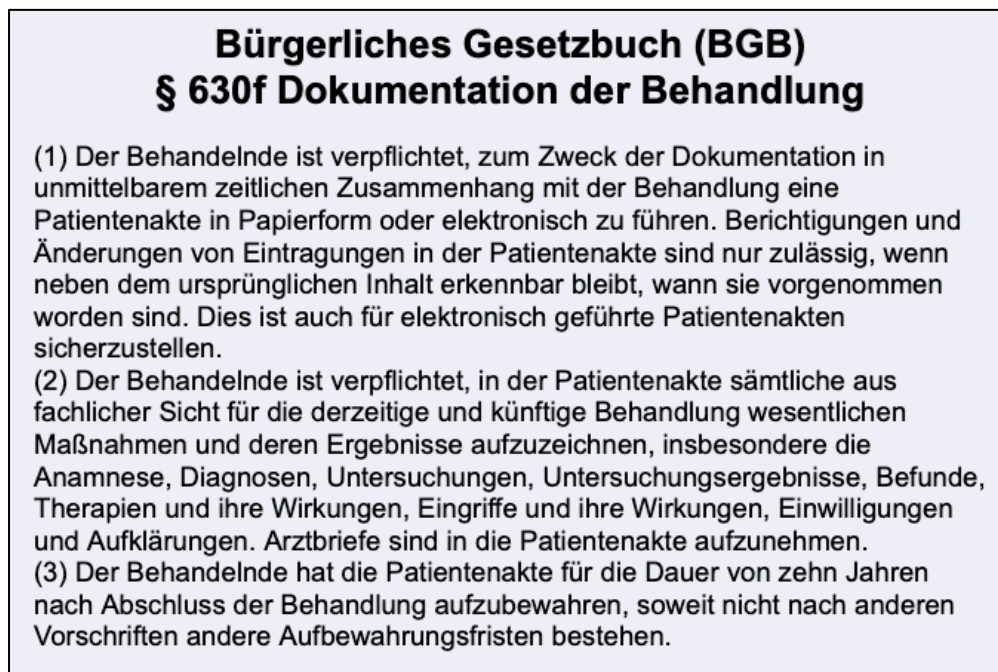


Abb. 3: Auszug aus dem BGB §630f, Dokumentation der Behandlung (Bürgerliches Gesetzbuch, Zweites Buch 2, Recht der Schuldverhältnisse) [56].

2.2.3 Ärztliche Dokumentation der sonographischen Diagnostik

Für den Fall, dass eine Untersuchung im Rahmen einer vertragsärztlichen Versorgung zu Lasten der Krankenkassen erbracht wird, setzt das SGB klare Forderungen an den Untersucher. Speziell für die Ultraschalldiagnostik regelt die Vereinbarung vom Qualitätssicherungsmaßnahmen nach § 135 Abs. 2 SGB V zur Ultraschalldiagnostik (§10 Abs. 1) im Detail, welche Informationen aus einer korrekten und vollständigen Dokumentation hervorgehen müssen.

- § 10**
Ärztliche Dokumentation
- (1) Der Arzt ist verpflichtet, die Indikation und die Durchführung der Ultraschalluntersuchung zu dokumentieren.
 - (2) Aus der ärztlichen Dokumentation müssen hervorgehen:
 1. Patientenidentität (Name und Alter)
 2. Untersucheridentifikation
 3. Untersuchungsdatum
 4. Fragestellung bzw. Indikation der Untersuchung
 5. ggf. eingeschränkte Untersuchungsbedingungen bzw. Beurteilbarkeit
 6. organspezifische Befundbeschreibung, außer bei Normalbefunden
 7. (Verdachts-)Diagnose
 8. abgeleitete diagnostische und / oder therapeutische Konsequenzen und / oder abgeleitetes anderweitiges Vorgehen, außer bei Normalbefund
 - (3) Die schriftliche Dokumentation im Rahmen der Schwangerschaftsbetreuung erfolgt entsprechend der Mutterschafts-Richtlinien. Die schriftliche Dokumentation der sonographischen Früherkennungs-Untersuchung der Säuglingshüfte hat gemäß Anlage V zu erfolgen.
 - (4) Aus der Bilddokumentation müssen mindestens hervorgehen:
 1. Die Inhalte nach Anlage III Nummer 6
 2. bei Normalbefund: Darstellung von einer oder mehreren geeigneten Schnittebenen zur Belegung des Normalbefunds im Sinne der Fragestellung (nur bei B-Modus)
 3. bei pathologischem Befund: Darstellung in 2 Schnittebenen oder – wenn dies nicht möglich ist – in einer Schnittebene (nur bei B-Modus)

Abb. 4: Auszug aus der Vereinbarung von Qualitätssicherungsmaßnahmen nach § 135 Abs. 2 SGB V zur Ultraschalldiagnostik (Ultraschall-Vereinbarung), § 10 Ärztliche Dokumentation [22].

Zusammenfassend wird deutlich, dass die Dokumentation eine zentrale Rolle im ärztlichen Beruf einnimmt. Für die Sonographie ergibt sich hieraus auch aufgrund der stetigen technischen Weiterentwicklung gleichwohl der Bedarf zur kontinuierlichen Verbesserung ihrer Dokumentation.

2.3 Die Befundung angewendet in der Kopf- und Hals-Sonographie und aktueller Stellenwert

Anfang des 20. Jahrhundert war die Befunddokumentation der ärztlichen Tätigkeit bisweilen noch chaotisch. Um eine Verbesserung der Informationsvermittlung zu erreichen, erfolgten schon früh erste Veröffentlichungen zur Standardisierung von diagnostischer Befundung [58]. Denn die Befundung dient, wie bereits dargelegt, zur offiziellen Aufzeichnung einer diagnostischen, interventionellen oder therapeutischen Untersuchung, zur Informationsübermittlung an die überweisenden Ärzte oder zur medizinischen Abrechnung. Hierbei werden u.a. Art der Durchführung, Medikamente

oder zum Beispiel das Verwenden von Kontrastmittel dokumentiert [31]. Und obwohl sich die Wege der Informationsgewinnung in allen Bereichen der Medizin rasant weiterentwickeln, erfolgt die Dokumentation von Befunden weiterhin regelhaft im Freitext-Stil (*Free Text Reporting*, FTR).

In den letzten Jahren verzeichnete die Sonographie maßgebliche Fortschritte der Diagnostik durch die stetige Verbesserung der Ultraschallgeräte und den verbesserten Untersuchungsstrategien [59-62]. Wiederum zeigte sich trotz der in Kapitel 2.2.2 beschriebenen Dokumentationspflicht vorerst keine einheitliche Vorgabe zum medizinischen Inhalt. In §10 Absatz 2, Punkt 6. der vorgestellten Ultraschallvereinbarung (siehe Abb. 4) steht im Wortlaut „organspezifische Befundbeschreibung, außer bei Normalbefunden“ [22]. Dies hat zur Folge, dass beispielsweise eine Raumforderung in der Schilddrüse, jeweils unterschiedlich von den Untersuchern sprachlich und inhaltlich befundet wird. Klar ist jedoch, dass ein umfassender und präziser Befund Missverständnissen und Fehlkommunikation vorbeugen kann [63].

Erstmalig erfolgte durch die Sektion Kopf-Hals der DEGUM im April 2022 die Veröffentlichung eines Musterbefundes für Kopf-Hals-Sonographie [64], welcher sich an die in Abschnitt D der „Vereinbarung von Qualitätssicherungsmaßnahmen nach §135 Absatz 2 SGB V zur Ultraschalldiagnostik (Ultraschallvereinbarung)“ der Kassenärztlichen Bundesvereinigung anlehnt. Dieser bietet eine Reihe an Textbausteinen zur standardisierten Erhebung eines sonographischen Kopf-Hals-Befundes und beinhaltet die in Abb. 4 geforderten Elemente [64].

Die Kopf-Hals-Sonographie erlebt immer mehr eine Zunahme von Arbeitsvorgängen durch den stetig zunehmenden kommerziellen Druck und der erhöhten Komplexität des Arbeitsspektrums [24-26]. Um hier den Arbeitsablauf zu beschleunigen, fanden sich schon in den frühen 1980er Jahren erste Anwendungen von Diktier-Programmen mit Spracherkennung [65-67]. Diese setzten sich schließlich erst in den letzten zwei Jahrzehnten flächendeckend durch [66, 68, 69]. Der medizinische Inhalt und die verwendete Terminologie bleiben wiederum weiterhin in der Hand des Untersuchers. Heute entwickelt sich in der Kopf-Hals-Sonographie immer mehr der Trend hin zur strukturierten Befundung. Die Verwendung von einheitlicher Terminologie und festgelegtem Informationsfluss für Vollständigkeit werden in aktuellen Studien und in dieser Arbeit kritisch diskutiert [57, 70-72].

2.3.1 Schwächen der aktuellen Befundung und Innovationsbedarf

Wie im vorherigen Kapitel vorgestellt, wird die überwiegende Mehrzahl an diagnostischen Befunden noch als unstrukturierter Freitext beziehungsweise als Diktat verfasst [27]. Dabei variiert der verwendete Aufbau und die Terminologie häufig erheblich [28]. Gegenwärtig zeigt sich demnach kein allgemein anerkannter Standard für Terminologie und fachlicher Schwerpunktsetzung. Vielmehr definieren Untersucher als auch Zuweiser unterschiedliche Ansichten über optimalen Stil und Inhalt. Und das, obwohl sich der Befund bei den zuweisenden Ärzten als das wichtigste Kommunikationsmittel darstellt [30].

Wie zuvor beschreiben, bildet die Kopf-Hals-Sonographie oft die Grundlage für Verlaufskontrollen, beispielsweise bei Kopf-Hals-Malignomen oder Lymphadenopathien [2-5]. Hierbei bildet folglich der Befund die maßgebliche Grundlage der Informationsübermittlung. Dies zeigt sich deutlich im Rahmen von Verlaufskontrollen, bei welchen der Untersucher von leserlichen, klar formulierten und vollständigen Vor-Dokumentationen profitiert [57].

Allerdings können bei Freitextbefunden häufig wesentliche Informationen unzureichend beschrieben sein oder gar komplett fehlen [2-4, 73]. Damit sinkt die Wertigkeit der Sonographie häufig im interdisziplinären Dialog, wie beispielsweise während der jeweiligen Tumorkonferenzen [57]. Und obwohl spezielle Untersuchungen, wie die Lymphknotensonographie, in direkter Gegenüberstellung zu weiteren bildgebenden Verfahren eine bessere Beurteilbarkeit aufweist, nimmt diese aufgrund der mangelnden Vergleichbarkeit der Kontrolluntersuchungen nur eine niedrige Rolle ein [57, 74]. Eine weitere Schwierigkeit zeigt sich im Bereich der Assistentenausbildung. Durch die hohe Arbeitsdichte in den Kliniken und dem daraus immer weiter resultierenden Verlust der Ausbildungszeit, präsentiert sich folglich ein immer weiter zunehmender Bedarf an Supervision durch leitende Ärzte. Denn vielen jungen Medizinern ist häufig die Terminologie und die richtige Schwerpunktsetzung der zu vermittelnden Strukturen ungewiss [75, 76].

Handschriftlich verfasste Befunde bringen oft verschiedene Nachteile mit sich, denn diese sind meist unleserlich und erschweren damit den schnellen und fehlerfreien Informationsfluss [64]. Des Weiteren mangelt es häufig an der Befundvollständigkeit

[70]. Laut einer Veröffentlichung aus dem Jahre 2021, nutzen jedoch weiterhin ca. 40 % der teilnehmenden Universitätskliniken einen handschriftlichen Befund [57]. Darüber hinaus stellten mehrere Studien deutlich dar, dass das Erstellen von vollständigen Freitextbefunden mehr Zeit beansprucht als strukturierte Befundung im Vergleich. Wichtig hierfür ist allerdings, dass zuvor eine frühzeitige Erlangung notwendiger Kompetenzen während der Ausbildung erfolgen sollte [71, 72, 77]. Geht man nun davon aus, dass zehn bis zwölf Ultraschalluntersuchungen täglich befundet werden müssen, erfolgt hieraus ein deutlicher Innovationsbedarf.

2.4 *Big Data Mining*

In der modernen Medizin lässt sich immer mehr der Trend zur elektronischen Datenerhebung und Archivierung verfolgen. Dadurch können Computerprogramme elektrisch gespeicherte Daten aus bildgebenden Verfahren, wie die der Sonographie, dem MRT oder dem CT zu einer großen Datenbank akkumulieren. Hieraus bildet sich die Möglichkeit durch Erstellung von zukünftigen Algorithmen eine Optimierung der Patientenbehandlung zu erreichen [78].

Ein großer antreibender Effekt ist der demographische Wandel. Durch eine immer weiter alternde Gesellschaft stehen der Zukunft viele administrative und finanzielle Hürden bevor [79]. Ein besonderer Ansatz ist das *Big Data Mining*, also das Sammeln von großen Datenmengen. Dass die effiziente Verwendung von großen Datenmengen eine Branche reformieren kann, haben Weltkonzerne in anderen Bereichen bereits bewiesen. Dieser Ansatz wird weitreichend für das Gesundheitswesen diskutiert, und um zukünftige Herausforderungen stemmen zu können, zeigt sich in vielen Bereichen der Medizin ein Paradigmenwechsel. Die Prävention und Prädiktion rückt damit immer mehr in den Vordergrund und verdrängt immer mehr das reaktive Therapieverhalten. Damit sollen früh individuelle Therapien begonnen oder sogar die Bildung von Krankheiten durch präventive Interventionen verhindert werden [80]. Dieser Ansatz wird „*predictive data mining*“ genannt und soll anhand von Mustererkennung zur Prävention beitragen. Die elektronische Speicherung von großen Datenmengen sollte selbstverständlich unter Berücksichtigung des europäischen Datenschutzes erfolgen [78].

Demzufolge werden diese großen Datenmengen durch Informationsextraktionsprogrammen analysiert [81] und anschließend mittels Algorithmen zu sinnvoll geordneten Mustern formatiert [82]. Dies soll beispielsweise medizinischem Fachpersonal bei der schnellen Entscheidungshilfe von seltenen Erkrankungen helfen [78].

Kurz gefasst verspricht man sich durch *Big Data Mining* ein Hervorbringen von neuen Erkenntnissen [83]. Konkret am Beispiel des Gesundheitswesens werden folgende Vorteile diskutiert:

1. Reduktion von überflüssiger Diagnostik und Therapie
2. Ersparnis von Kosten im Gesundheitssystem
3. Schnellere und damit zeiteffiziente Patientenbehandlung
4. Computergestützte evidenzbasierte Vorschläge von Diagnosen oder Therapien
5. Frühzeitiges Erkennen von Erkrankungen [84]
6. Knüpfung von nicht offensichtlichen Zusammenhängen [83]

Für solche Datenbanken wird das jahrelange Sammeln von großen patientenbezogenen Daten erforderlich sein [80].

Hierbei hat sich herausgestellt, dass strukturierte Befunde sehr gut dafür eigenen sind. Häufig führen Freitextbefunde zu einer manuellen Nachbearbeitung und erfordern komplexere und spezifischere Algorithmen, da sich Aufbau und Terminologie stark unterscheiden können. Dies führt schließlich zu einem schlechteren Outcome und erschweren die Extraktion von entscheidenden Informationen [83].

Zusammenfassend verspricht man sich von *Big Data Mining* eine Verbesserung der Behandlungs- und Versorgungsqualität, sowie auf Dauer einen wirtschaftlichen Vorteil [78].

2.5 Krankenhauszukunftsgesetz, der politische Weg in die Digitalisierung

In den letzten Jahren wird der digitale Wandel immer mehr im privaten und beruflichen Alltag deutlich. Der Berufszweig „Krankheitswesen“ bietet ein großes Feld zur stetigen Weiterentwicklung und zeigt sich zunehmend abhängig von modernen Technologien. Maximen sind dabei eine Verbesserung der Patientenversorgung sowie eine Reduktion der Arbeitsbelastung von medizinischem Fachpersonal [85].

Für eine nachhaltige Sicherung einer guten und sicheren Patientenversorgung erfolgte die Ausarbeitung des Krankenhauszukunftsgesetzes, welches am 29.10.2020 in Kraft trat. Dabei sollen insgesamt 4,3 Milliarden Euro durch Bund und Länder in den Ausbau von Digitalisierung und IT-Sicherheit im Gesundheitswesen investiert werden. Besonders die elektronische Dokumentation von Pflege- und Behandlungsleistungen sowie der sektorenübergreifende Aufbau von telemedizinischen Netzwerken stehen dabei im Fokus. Diese geplante Digitalisierung soll zu einem verbesserten Patientenmanagement sowie zu einer Optimierung der Krankenhausprozesse führen [85, 86].

2.6 Strukturierte Befundung

Um eine Verbesserung der Informationsübermittlung zu erreichen, begannen schon im frühen 20. Jahrhundert erste Bemühungen Befunde zu standardisieren und somit von individuellen Stilen abzusehen [87]. Hierbei wurde stets das Ziel eines qualitativ hochwertigen Befundes angestrebt, bei welchem beispielsweise die Verwendung einer einheitlichen Terminologie zu klareren Formulierungen führt und weitreichender zur Gesamtvollständigkeit beiträgt [88]. Denn Freitext-Befunde präsentieren sich häufig sehr unterschiedlich strukturiert. Hierbei reicht die Beobachtung von sehr kurzen und stichwortartigen Aufzeichnungen bis hin zu prosaisch und detailliert formulierten Befunden. Weitreichender mangelt es häufig bei der Vollständigkeit an spezifischen Elementen, wenn diese aus Vergessenheit oder systemischer Vernachlässigung nicht beschrieben werden [89]. Und obwohl die Befundung ein wesentlicher Bestandteil der klinischen Tätigkeit ist, werden Ärzte in den ersten Ausbildungsjahren nur selten dahingehend ausreichend geschult [90]. Ferner ist für eine hochwertige

Patientenversorgung ein angemessener Aufbau mit einer klaren Linie von wesentlicher Bedeutung [30].

Einen merklichen Vergleich aus dem klinischen Alltag bietet der laborchemische Befund, bei welchem farbliche Kennzeichnungen von Pathologien oder Referenzwerten in standardisierten Tabellen zusammengefasst werden und zur Prozessoptimierung im klinischen Alltag beitragen. Wesentlich unübersichtlicher und zeitlich anspruchsvoller ist der Gedanke eines im Fließtext formulierten laborchemischen Befundes [91]. Übertragen auf die Kopf-Hals-Sonographie, wird ein übersichtlich strukturierter Befund mit Übermittlung der grundlegenden Informationen gefordert, welcher nach Piloten-Manier wie eine Checkliste abgearbeitet werden kann. Eine solche Standardisierung führt zu einer zuverlässigeren und reproduzierbareren Dokumentation [89], welche gerade bei steigender Arbeitsbelastung mit zunehmendem Befundungsumsatz wichtig wird.

In dem medizinischen Fachbereich „Radiologie“ gelten Befundberichte bereits als strukturiert, wenn diese den Aufbau der „Deutsches Institut für Normung“ (DIN) 6827-5, (Protokollierung bei der medizinischen Anwendung ionisierender Strahlung - Teil 5: Radiologischer Befundbericht), erfüllen [72]. Hierbei definierte der DIN-Normenausschuss Radiologie (NAR) im Jahre 2003 bereits eine Gliederung des radiologischen Befundes [92].

Demnach wird ein Befund erstmalig in folgende Abschnitte unterteilt:

- Angaben zum Patienten
- Angaben im Rahmen der Röntgenverordnung (optional)
- Angaben zur Untersuchung
- Medizinischer Inhalt (technische sowie klinische Angaben)
- Angaben zum Befundbericht

[92, 93]

Anwendung findet diese Gliederung bei diversen Untersuchungsformen wie dem CT, dem MRT und der Sonographie [94].

Nach der aktuell anerkannten Definition eines strukturierten Befundes, welcher von Weiss und Bolos formuliert wurde, gliedert sich die aufgeführte Befundstruktur nach

DIN 6827-5 hingegen lediglich in das 1. Level ein. Seit 2020 gelten insgesamt fünf Level, nachdem durch Nobel et al. zwei weitere Level (4 und 5) hinzukamen. [34, 35]

2.6.1 Die 5 Level der strukturierten Befundung

1. Strukturiertes Format: Festlegung von Abschnitten und Teilabschnitten bzw. deren Unterabschnitten.
2. Einheitlicher Aufbau des Befundes: Nutzung einer vordefinierten Reihenfolge von zu übermittelnden Informationen. (Verwendung von vorformulierten Textbausteinen)
3. Gebrauch von ausgewählter Terminologie (Bildung eines einheitlichen Sprachgebrauchs). [95]
4. Strukturiertes Layout: Auflistung von Inhalten in einer festgelegten Reihenfolge zum Erreichen einer homogenen Darstellung der Befunde. (hierarchisch oder nach Wichtigkeit festgelegte Strukturen)
5. Strukturierter Inhalt: Beschreibt den Teilbereich der durch elektronischer Datenverarbeitung (EDV)-gesteuerten Inhaltserfassung wie Dropdown-Menüs oder Auswahllisten.

Die Erweiterung durch Nobel und Kollegen erfolgte vor dem Hintergrund, dass sowohl die spezifische Standardisierung der Befundung als auch die EDV-gestützte Erstellung des Befundes zu einer jeweiligen Verbesserung führt. Demnach nimmt die Informationstechnik (IT-)Vorlage die Rolle eines Werkzeugs ein, welche zur Befundoptimierung beiträgt und die Reproduzierbarkeit und Vergleichbarkeit steigert [35].

Zusammenfassend erfolgt bei einer strukturierten Befundung sowohl eine Standardisierung mittels vordefinierter Terminologie, Design und Vollständigkeit wie auch der Nutzung von IT-gestützten Programmen [35, 96, 97]. Hierbei werden vorzugsweise mehrstufige Entscheidungsbäume empfohlen, welche sich in eine strukturierte Befundungsvorlage übertragen lassen [98].

2.6.2 Vorteile einer strukturierten Befunderhebung

Zahlreiche Fachgesellschaften befürworten den Einsatz von strukturierter Befundung für den klinischen Alltag [30, 31, 88]. Bei den zuweisenden Ärzten zeigt sich eine deutlich erhöhte Überweiserzufriedenheit bei SR. Dabei trägt eine schnellere Informationsextraktion mit zuverlässigerer Vollständigkeit maßgeblich dazu bei, sodass vermehrt auf strukturierte Befundung gesetzt wird [89]. Der standardisierte Aufbau bewirkt eine verbesserte Orientierung [93], welche zur schnelleren Entscheidungsfindung führen kann, besonders, wenn IT-gestützte Befundungsvorlagen auf eine spezifische Fragestellung zugeschnitten wurden [98-100]. Flächendeckenden Einsatz der strukturierten Befundung zeigt sich bereits in Screening-Untersuchungen wie die der Mammographie. Grund dafür ist die häufig große Anzahl an unauffälligen Befunden oder Ergebnisse mit fehlender therapeutischer Konsequenz, welche mit Hilfe einer folgend schnelleren Befunderstellung die Umsatzzahlen erhöhen können [93]. Dabei verzeichnet sich dennoch eine zunehmende Präzision der Sprache [93, 101], welche das interdisziplinäre wie auch landesweite medizinische Sprachverständnis fördert. Zusätzlich wird durch die Vereinheitlichung der Terminologie Unklarheit entgegengesteuert, welche durch regionale Sprachgebräuche sowie Abkürzungen entstehen [93, 98]. Ferner würde die Festlegung von ausgewähltem Vokabular eine Übersetzung in und aus Fremdsprachen ermöglichen und damit eine grenz- bzw. sprachenüberschreitende Befundung in Sekunden erlauben [93]. Weitreichender ermöglicht eine Integration verschiedener strukturierter Klassifikationssysteme, wie das *reporting and data system* (RADS), eine Verbesserung der Befundqualität in SR [102]. Dies zeigt sich neben der *Breast Imaging-Reporting and Data System* (BI-RADS)-Klassifikation in der Mammographie [103] und der *Thyroid Imaging Reporting and Data System* (TI-RADS)-Klassifikation in der Schilddrüsendiagnostik [104, 105] in verschiedenen weiteren Anwendungsbereichen und steigert zusätzlich die interdisziplinäre Zusammenarbeit maßgeblich [102].

Aktuelle Studien zeigen, dass Freitext-Befunde eine erschwerte Vergleichbarkeit aufweisen. Aufgrund geminderter Vollständigkeit und höherer sprachlichen Differenz, bilden diese keine gute Basis zur Gegenüberstellung oder Extraktion von wesentlichen Informationen [57, 70]. Strukturierte Befunde reduzieren demnach die

Wahrscheinlichkeit, relevante Strukturen zu versäumen oder verhindern eine unzureichende Beschreibung dieser [106, 107]. Gleichzeitig wird bei Weiterbildungsassistenten mit wenig Berufserfahrung eine Verbesserung der Befundqualität verzeichnet. Damit bietet sie für junge Ärzte einen unterstützenden Leitfaden für qualitativ hochwertige und vollständige Befunde unter Nutzung einer einheitlichen Terminologie und Struktur [93].

Für den Fall, dass eine vorgefertigte Vorlage spezielle Fragestellungen nicht abdeckt, nutzen viele Befundungsprogramme neben den vorformulierten Auswahlmöglichkeiten die Option zur schriftlichen Ergänzung mittels Freitextmodul. Dies ermöglicht trotz einer rigiden Vorlage die Möglichkeit zur individuellen Erstellung eines vollwertigen und strukturierten Befundes [108].

Zusammenfassend wird eine bessere klinische Arbeitskette durch verbesserter sprachlicher Qualität und inhaltlicher Struktur, einer höheren Überweiserzufriedenheit durch schnellerer Extraktion von wesentlicher Information und einer signifikanteren Vollständigkeit erreicht [98] und trägt nicht zuletzt maßgeblich zur Verbesserung der Patientenversorgung bei [93, 109].

2.6.3 Nachteile einer strukturierten Befunderhebung

Trotz der zuvor genannten Vorteile erfährt die strukturierte Befundung ebenso von diversen Fachgruppen ihre Ablehnung [59]. Häufig stößt die Veränderung der alltäglichen Routine auf negative Resonanz und führt im Ergebnis zum Erhalt des persönlichen Stils, welcher über jahrelanger Erfahrungsbildung zum subjektiven Optimum entwickelt wird. Dass sich die Ablehnung mancher Ärzte in Selbstschutz äußert, liegt demnach nicht fern [59]. Zugleich stellen seltene und spezielle Untersuchungen bzw. spezifische Fragestellungen eine Herausforderung dar, da diese selten von Befundvorlagen ausreichend adressiert werden [89, 93]. Das „starre“ Gerüst eines strukturierten Befundes erscheint folglich den komplexen und zufälligen Befunden nicht gerecht [106, 110-112]. Hiernach würde die Etablierung eines strukturierten Programmes mit deutlicher Mehrarbeit verbunden sein, ohne dass ein signifikanter Qualitätsgewinn verzeichnet würde [59]. Des Weiteren könnte eine Einführung von strukturierter Befundung primär zur Verlängerung der Befundungszeit führen. Besonders Ärzte mit langer Freitext-Befundungserfahrung erreichen

beispielsweise mit mithilfe von Diktierprogrammen eine schnelle und effiziente Befunderstellung [63, 113].

Nichtsdestotrotz fordern diverse Kosten-Nutzen-Analysen die Optimierung von schriftlichen (Freitext)-Befunden, um bei immer weiter steigender Arbeitsdichte und Zunahme von komplexeren Patientenfällen die Wirtschaftlichkeit zu erhalten. Knappere Ressourcen und chronischer Zeitmangel fordern auf Dauer eine Überdenkung der Bewältigung unseres heutigen Klinikalltags [59, 61].

2.7 Bestehende Anwendungsgebiete der strukturierten Befunderhebung

Die wissenschaftliche Untersuchung von strukturierter Befundung findet sich abseits sonographischer Befundung in diversen weiteren diagnostischen Modalitäten vermehrt wieder [63, 73, 99, 106, 114-119].

Im Folgenden wird Anhand von ausgewählten Studien für CT-, MRT-, Röntgendiagnostik und Videofluoroskopie die Ergebnisse der strukturieren Befundung zusammengefasst.

2.7.1 Strukturierte Befundung in der CT-Diagnostik

In der Studie Park et al. erfolgte, verglichen zur Freitextbefundung, anhand einer strukturierten Befundvorlage die diagnostische Untersuchung von jungen erwachsenen Patienten mit der CT-morphologischen Diagnose einer akuten Appendizitis. Insgesamt nahmen 20 Kliniken an dieser Studie teil und untersuchten die strukturierte Befundung auf Nützlichkeit der Patientenverwaltung, Kommunikation, Bequemlichkeit, Form und dem Stil sowie der allgemeinen subjektiven Präferenz. In der Abschlussbewertung bevorzugten 594 Ärzte aus diversen Fachdisziplinen mit bis zu 64,8% die strukturierte Befundung. Anschließend erfolgte in 5 teilgenommenen Kliniken die Integrierung des strukturierten Befundes in deren Klinikalltag [106].

Für die Verringerung von Befundungsfehlern in der CT-HWS Diagnostik untersuchten Lin et al. anhand einer strukturierten Befundvorlage, welche checklistenähnlich aufgebaut war, insgesamt 2913 CT-Untersuchungen der Halswirbelsäule. Durch die strukturierte Befundvorlage konnte herausgearbeitet werden, dass sich eine signifikante Reduktion von „Nicht-Fraktur-Befunden“ darstellte, welche zuvor

übersehen worden seien. Damit konnte bewiesen werden, dass durch die Anwendung von strukturierten Befunden, eine erhöhte diagnostische Genauigkeit erzielt werden kann [114].

Wie sich strukturierte Befundung auf die inhaltliche Vollständigkeit und Verständlichkeit sowie der Frage nach der klinischen Nutzung auswirkt, untersuchte die Forschungsgruppe Sabel et al. mithilfe der diagnostischen CT-Pulmonalisangiographie. Dazu diktierte die Freitext-Gruppe mittels einer Spracherkennungssoftware im Freitextstil, während die Vergleichsgruppe eine online basierte Softwareplattform nutzte. Dabei wird anhand von anklickbaren Entscheidungsbäumen systematisch ein vollwertiger Befund generiert.

Bei 41 Patienten mit dem fulminanten Bild einer Lungengefäßembolie wurde zusätzlich zur regulären Freitextbefundung eine zweite Befundung mithilfe der strukturierten Softwareplattform erstellt. In der Auswertung zeigte die strukturierte Befundung für die Verständlichkeit und Vollständigkeit eine signifikante Verbesserung, sodass ein erhöhter klinischer Nutzen zur erwarten scheint [99].

2.7.2 Strukturierte Befundung in der MRT-Diagnostik

Auch in der MRT-Diagnostik untersuchten diverse Arbeitsgruppen die Auswirkungen von strukturierter Befundung anhand einer verbesserten Vollständigkeit und inhaltlichen Klarheit. Additiv hierzu analysierte Tuncyurek et al. [115], ob bei Nutzung von strukturierten Befundungsvorlagen eine Verbesserung der chirurgischen Operationsplanung besteht. Hierzu wurde die perianale Fistelgangidentifikationen mittels MRT-Becken anhand einer strukturierten Vorlage befundet und zur operativen Planung den Chirurgen bereitgestellt. Im Ergebnis fehlten seltener Schlüsselementen mit zugleich vollständigerer und klarer Formulierung der Berichte, sodass die Verwendung von strukturierteren Befunden für eine Operationsplanung nützlicher erscheint [115]. Eine erhöhte Zufriedenheit von überweisenden Schulterchirurgen erreichte die Arbeitsgruppe von Gassenmaier et al. durch eine signifikante Zunahme der Vollständigkeit, Lesbarkeit und sprachlichen Qualität in strukturierten Befunden [116]. Ebenso verzeichneten MRT-Becken-Untersuchungen bei Rektumkarzinomen eine verbesserte Kommunikationserwartung und einen erhöhten klinischen Nutzen [117, 118].

2.7.3 Strukturierte Befundung in der Röntgen und Videofluoroskopie – Diagnostik mittels online-Befundungssoftware

Ferner erfolgte, abweichend zur diagnostischen Bildgebung, die Untersuchung von strukturierten Videofluoroskopie-Befunden, welche mithilfe einer online-Befundungssoftware erstellt worden sind. Mittels anklickbaren Entscheidungsbäumen wird ein semantisch aufgebauter Befund generiert und anschließend freigabefähig an die zuständigen Hals-, Nasen-, Ohren-Ärzten und Sprachtherapeuten übermittelt. Die folgenden ärztlichen Bewertungen ergaben in Summe eine signifikant verbesserte Befundqualität und die erleichterte Informationsextraktion. Daneben sei die Vergleichbarkeit zwischen diversen Untersuchungsbefunden verbessert möglich [73]. Daneben erging durch die Untersuchung an konventionellen Röntgenbildern der Schulter hervor, dass die zuvor genannten Ergebnisse durch die Anwendung von online-Befundungsprogrammen [119] erneut erhoben werden konnten. In Summe erfolgte die Empfehlung zur Nutzung von strukturierten Befundungsvorlagen, um eine signifikant gebesserte Gesamtqualität im klinischen Alltag zu erreichen [63].

Zusammenfassend ermöglicht die strukturierte Befundung über verschiedene diagnostischen Modalitäten hinweg eine potenziell verbesserte Gesamtqualität der Dokumentation durch eine erhöhte diagnostische Genauigkeit und Verständlichkeit, sowie im Ergebnis auch die Verringerung von Behandlungsfehlern. Ferner wird durch die erhöhte Vollständigkeit und Vergleichbarkeit die operative Planungsvorbereitung optimiert.

3 Material und Methoden

Die vorliegende prospektive Studie erfolgte zur Untersuchung der Befundqualität von Ultraschalluntersuchungen, welche mithilfe einer strukturierten und standardisierten Befundungssoftware erhoben werden. Als Kontrollgruppe dienten Befunde im Freitextformat. Bis zum Zeitpunkt der Datenerhebung finden sich in der Literatur keine prospektiven Daten zur Befundqualität von Ultraschalluntersuchungen.

3.1 Studiendesign

Das primäre Ziel dieser Arbeit beinhaltete die Erhebung eines Qualitätsvergleiches zwischen dem standardmäßig genutzten FTR und dem neu entwickelten strukturierten Kopf-Hals-Sonographiebefund im Hals-, Nasen-, Ohrenärztlichen Klinikalltag.

Bei dem hier vorliegenden Studiendesign handelt es sich um eine prospektive, nicht-randomisierte, nicht verblindete und kontrollierte Studie.

Da die Kopf-Hals-Sonographie ein weites Spektrum an Diagnostik umfasst [46], wurde im Folgenden das spezielle Augenmerk auf die Untersuchung der Halsweichteile, -muskulatur und -gefäße, Speicheldrüsen und der Lymphknoten-Level-Diagnostik nach Robbins gesetzt.

Die Erhebung der Studiendaten erfolgte in der Hochschulambulanz Hals-, Nasen-, Ohren-Klinik und Poliklinik der Universitätsmedizin der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz.

Die sonographischen Untersuchungen wurden im Rahmen dieser Studie durch insgesamt neun Ärzte durchgeführt, die nach dem Zufallsprinzip der jeweiligen Interventions- oder Kontrollgruppe zugeteilt werden. Die Interventionsgruppe dokumentierte dabei ihre Untersuchungen mittels SR, während die Kontrolle mittels des Abteilungsstandards (FTR) dokumentierte. Hierbei wurde darauf geachtet, dass sich der Ausbildungsstand in beiden Gruppen vergleichbar widerspiegelte. Damit soll im Vorhinein eine ungleiche Verteilung der Weiterbildungserfahrung verhindert und eine nach Ausbildungsstand differenzierte Auswertung der Befundqualität ermöglicht werden. Die Kontrollgruppe, die mittels FTR dokumentierte, setzte sich aus einem Team von vier Ärzten, davon drei Weiterbildungsassistenten aus dem 1., 4. und 5. Weiterbildungsjahr, sowie einem Facharzt für Hals-, Nasen-, Ohrenheilkunde

zusammen. Die Interventionsgruppe, die mittels SR dokumentierte, bestand aus drei Weiterbildungsassistenten aus dem 1., 3. und 5. Weiterbildungsjahr sowie aus zwei Fachärzten für Hals-, Nasen-, Ohrenheilkunde.

Im Rahmen des regulären Klinikalltags der Hals-, Nasen-, Ohrenärztlichen Ambulanz der Universitätsmedizin Mainz wurden insgesamt 43 Patienten identifiziert und herangezogen, welche die Indikation zur sonographischen Diagnostik erfüllten.

Nach Studienzustimmung der Probanden erfolgten insgesamt zwei Untersuchungsdurchläufe. Dabei wurde darauf geachtet, dass die beiden Untersucher aus FTR und SR einen vergleichbaren Weiterbildungsstand aufwiesen. Nach Abschluss der Datenerhebung wurden insgesamt $n = 86$ Befunde erhoben, davon jeweils $n = 43$ Befunden aus FTR und SR.

3.2 Berechnung der Stichprobengröße

Die biostatistische Berechnung zur Fallzahlenschätzung wurde an gegenwärtig publizierten Studien angelehnt [73, 99, 100, 116]. Die Anzahl der erforderlichen Patienten wurde auf Grundlage der zu erwartenden Effektgröße berechnet, bei welcher eine Vollständigkeit von mindestens 80 % erreicht wird [118].

Unter der Berücksichtigung, dass die Befundvollständigkeit, verglichen zu anderen bildgebenden Modalitäten aus der Literatur, ähnlich ausfallen wird, erfolgte die Schätzung, dass 55 % der FTRs eine Vollständigkeit von mindestens 80 % aufweisen werden [73, 118]. Des Weiteren wurde erwartet, dass 70 % der SRs ebenfalls eine Vollständigkeit von mindestens 80 % aufzeigen werden. Die Power wurde auf 80% und das Signifikanzlevel auf $\alpha = 0.05$ gesetzt. Mit diesen Werten wurde anschließend mit dem *Wilcoxon signed-ranks-test* eine benötigte Patientenzahl von insgesamt 41 Probanden (entsprechend 82 Befunde) ermittelt [120].

3.3 Voraussetzung der Auswahl von Probanden

Die Rekrutierung der Probanden erfolgte wie in Kapitel 3.1 angegeben in der Speicheldrüsen-, Tumornachsorge- und allgemeinen Sprechstunde der Hals- Nasen- Ohren-Klinik und Poliklinik der Universitätsmedizin Mainz. Zum Zeitraum der Datenerhebung durchliefen ca. 500 Patienten wöchentlich die Hals-, Nasen-,

Ohrenärztliche Ambulanz, von denen im Schnitt ca. 80 Patienten die Indikation zur Ultraschalluntersuchung erfüllen. Im Anschluss zur Indikationsstellung erfolgte die Prüfung der vollständigen Einschluss- und Ausschlusskriterien der Probanden.

Einschlusskriterien:

- Mindestalter von 18 Jahren
- Klinische Notwendigkeit einer Kopf-Hals-Sonographie innerhalb
 - der Untersuchung von Speicheldrüsenerkrankungen
 - der Untersuchung von Lymphadenopathien der Halsweichteile
 - der Tumornachsorge bei Kopf-Hals-Malignomen

Ausschlusskriterien:

- Alter unter 18 Jahren
- Nicht einwilligungsfähiger Patient
- Fehlende Einsichtsfähigkeit sowie der bloße Zweifel
- Fehlen der klinischen Notwendigkeit zur Durchführung einer Kopf-Hals-Sonographie

Nach strenger Prüfung der Einschlusskriterien erhielten die Patienten eine umfassende Aufklärung über die vorliegende Studie. Bei Patienteneinwilligung zur Teilnahme erfolgte die Zuteilung der Probanden in eine der folgenden Pathologiegruppen:

- Kopf-Hals-Malignom
- Speicheldrüse
- Lymphadenitis colli

Im Anschluss an die reguläre diagnostische Ultraschalluntersuchung erhielten alle teilnehmenden Probanden eine zusätzliche Ultraschalluntersuchung durch einen unabhängigen Hals-, Nasen-, Ohren-Arzt der jeweils anderen Studiengruppe (Primär FTR, sekundär SR bzw. umgekehrt).

Vor Beginn der zweiten Untersuchung erfolgte die Einführung in den jeweiligen Patientenfall.

Die Einführung enthielt folgende Informationen:

- Name
- Alter
- Patientenvorgeschichte und Nebendiagnosen
- Aktuelle Beschwerdesymptomatik
- Indikation der Kopf-Hals-Sonographie

Hinterher erstellten die Untersucher den jeweiligen FTR oder SR.

3.4 Bilderfassung

Die diagnostisch sonographische Untersuchung der Halsweichteile erfolgte mit der Ultraschall-Untersuchereinheit aus der in Kapitel 3.1 genannten Hals-, Nasen-, Ohrenärztlichen Ambulanz, welche für reguläre und wissenschaftliche Untersuchungen bereitgestellt wird.

Hierbei handelte es sich um ein „LOGIQ E9“ Ultraschallgerät (*GE Healthcare, Little Chalfont, United Kingdom*) mit einem 9 MHz Linearschallkopf, welcher ausschließlich für die Untersuchung der Halsweichteile verwendet wird.

Die Archivierung der erhobenen Befundungsbilder erfolgt durch das online-basierte Speicher- und Kommunikationssystem *Picture Archiving and Communication System* (PACS, *Sectra AB, Linköping, Schweden*). Darüber hinaus war es möglich, durch einen Bilddrucker am Ultraschallgerät die Momentaufnahmen der sonographischen Untersuchung auszudrucken und an den schriftlichen Befund anzuheften.

3.5 Die Kontroll (FTR)- und Interventionsgruppe (SR)

Beide Studiengruppen führen eine vollständige Untersuchung der Kopf-Halsweichteile durch.

3.5.1 Kontrollgruppe: Freitextbefunderhebung

In der Kontrollgruppe FTR erfolgt die Befundung der Halsweichteile mithilfe des DIN A4 Standardbogens für Kopf-Hals-Sonographie der Universitätsmedizin Mainz.

A

Patientendaten/Patientenetikett		UNIVERSITÄTSmedizin. MAINZ	
Name	Mustermann	Hals-, Nasen-, Ohren-Klinik und Poliklinik - Plastische Operationen	
Vorname	Max	Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. Christoph Matthias	
Geb.- Datum	1.1.81	B-Mode-Sonographie	
Untersucher	Dr.	Op- Datum	<input checked="" type="checkbox"/> Erstuntersuchung <input type="checkbox"/> Verlauf
Befund	v.a. Cervicale Lymph- adenopathie	Station	<input checked="" type="checkbox"/> Pcti

B

Ausdehnung

Diagnose/Fragestellung:
Lymphom

Befund

Gefäßstatus: Gefäße frei

bes. konglomerater LK-Pakete level II-IV
mit punkt. Perfusion und unidirekt. Hilar
Lk. abwärts unidirekt. Segment.

Schilddrüse: unauffällig nicht untersucht

Parotis re.: unauffällig nicht untersucht

Parotis li.: unauffällig nicht untersucht

Gl. Subm. re.: unauffällig nicht untersucht

Gl. Subm. li.: unauffällig nicht untersucht

MB/ZG.: unauffällig nicht untersucht

C

Beurteilung

V.a. Lymphom bes.
→ PE empfohlen

Datum: 1.2.18

Unterschrift Untersucher

Abb. 5: Scan eines beispielhaft ausgefüllten FTR-Befundsbogen. Geforderter Standard DIN A4 Befundsbogen der HNO-Ambulanz der Uniklinik Mainz (UMZ_HN_FB_Organbogen_Sonographie_20142711).

Im Anschluss einer diagnostischen Ultraschalluntersuchung erfolgte die handschriftliche Erfassung sowie Beurteilung der erhobenen bildgebenden Erkenntnisse. Zur visuellen und räumlichen Verdeutlichung ist eine orientierende Beschriftung von Piktogrammen optional möglich. Dabei unterteilt sich der Standardbogen in drei wesentliche Abschnitte:

Ad A in Abb. 5: Der erste Abschnitt dient zur Erfassung der Patienten- und Untersucheridentität, dem Untersuchungsdatum und der rechtfertigenden Indikation zur sonographischen Untersuchung der Halsweichteile. Des Weiteren können wesentliche Informationen, wie zuvor erhobene Befunde oder Verdachtsdiagnosen, handschriftlich dokumentiert werden. Die Erfassung der Patientendaten erfolgte gewöhnlich mit dem Bekleben eines Patientenetiketts aus der Patientenakte.

Ad B in Abb. 5: Im zweiten Abschnitt erfolgt dann erstmals die Dokumentation der Ultraschalluntersuchung. Nach Erfassung der Diagnose erlauben beidseitige Piktogramme der Halsweichteile, sowie eine schematische Abbildung der Schilddrüse, eine zur Orientierung dienende Einzeichnung von Pathologien. Darüber hinaus kann mittels Ankreuzkästchen auf ein unauffälliges oder nicht untersuchtes Organ hingewiesen werden. Bei auffälligen Befunden erfolgt schließlich die stichpunktartige Dokumentation in dem dafür vorgesehenen Feldabschnitt.

Ad C in Abb. 5: Das Feld „Beurteilung“ erlaubt anschließend die Interpretation der erhobenen bildgebenden Erkenntnisse. Außerdem ist es für das Formulieren des weiteren Prozederes vorgesehen.

3.6 Interventionsgruppe: Strukturierte Befunderhebung

Die strukturierte Befundung der Interventionsgruppe erfolgte durch den Einsatz der online basierten Software „*Smart-Radiology* [119]“ (verwendete Software der Firma *Smart Reporting GmbH*, Bayerstraße 1, 80335 München). Ausschließlich die Untersucher der Interventionsgruppe erhielten vor Studienbeginn im Rahmen einer Lernphase eine Einführung in die Benutzeroberfläche. Eine Vorinstallation auf dem genutzten Rechner war nicht notwendig. Mittels Onlinezugang war die Nutzung durch einen beliebigen Webbrowser mit den entsprechenden Zugangsdaten möglich. Hierfür wurde folgender Link geöffnet:

<https://app.smart-radiology.com>

Die online basierte Software der Firma *Smart Reporting GmbH* erlaubt die Erstellung von individuellen *Templates* (Vorlagen). Die erstellten Auswahlmöglichkeiten werden durch individuell festgelegte Satzbausteine hinterlegt, sodass nach dem Entscheidungsbaum-Prinzip systematisch ein vollwertiger und ausformulierter Befund erstellt wird. Des Weiteren sind personalisierte Ergänzungen des Untersuchers in diversen Freitextfeldern sowie im generierten Befundtext möglich.

Die Erstellung des spezifischen *Templates* für Kopf-Hals-Sonographie erfolgte im Vorfeld durch drei Fachärzte der Hals-, Nasen-, Ohrenheilkunde unter Berücksichtigung der gegenwärtigen Empfehlungen der DEGUM.

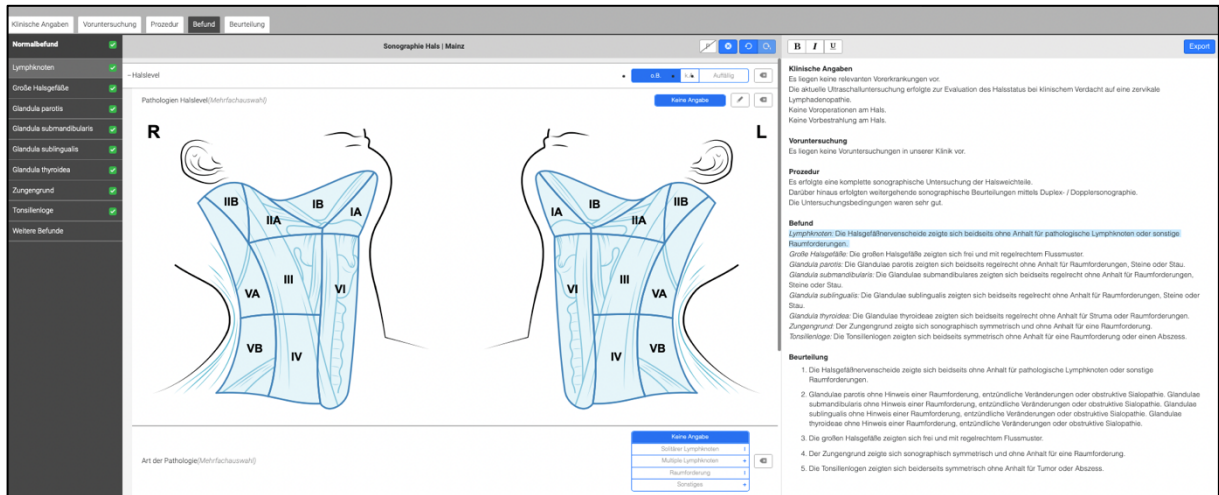


Abb. 6: Screenshot der SR-Vorlage für Kopf-Hals-Sonographie. Normalbefund. Mit der freundlichen Genehmigung der Fima Smart Reporting GmbH (München, Deutschland).

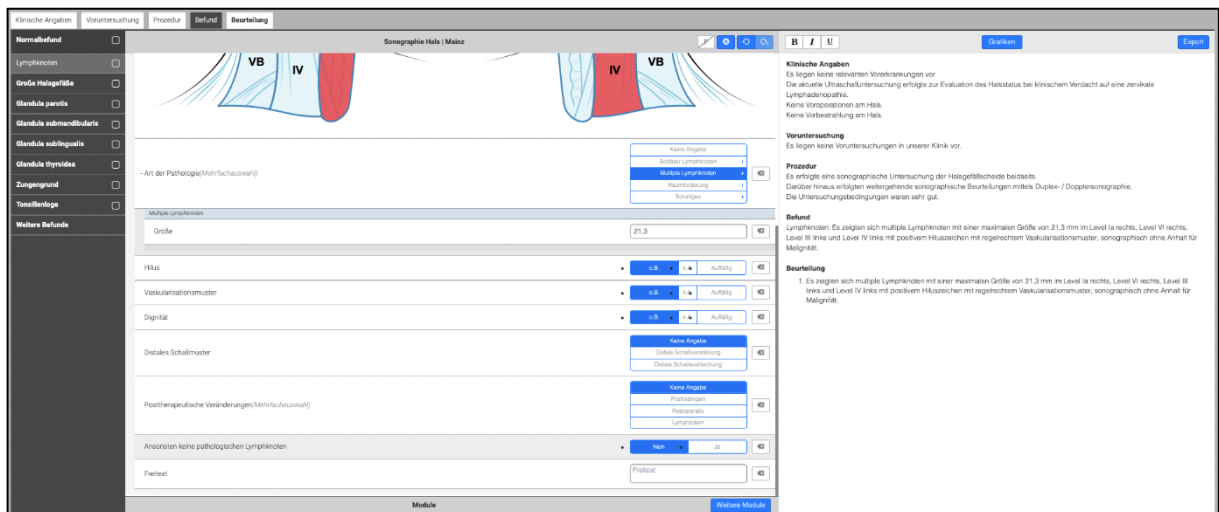


Abb. 7: Screenshot der SR-Vorlage für Kopf-Hals-Sonographie. Erstellung des SR-Befundes mittels Entscheidungsbaum-Prinzips. (Smart Reporting GmbH, München Deutschland).

Die online-basierte Befundungssoftware erlaubt durch verschiedene Registerkarten das Erfassen der unabdingbaren Dokumentationsinhalte (siehe „Ultraschall-Vereinbarung“ § 10 Ärztliche Dokumentation Abb. 4). Durch die Auswahl der individuell erstellten Auswahlmöglichkeiten erfolgt im rechten Abschnitt des Browserfensters ein kontinuierliches Hinzuwachsen von semantisch hinterlegten Satzbausteinen, sodass zum Abschluss ein vollständig exportfähiger Kopf-Hals-Sonographiebefund vorliegt.

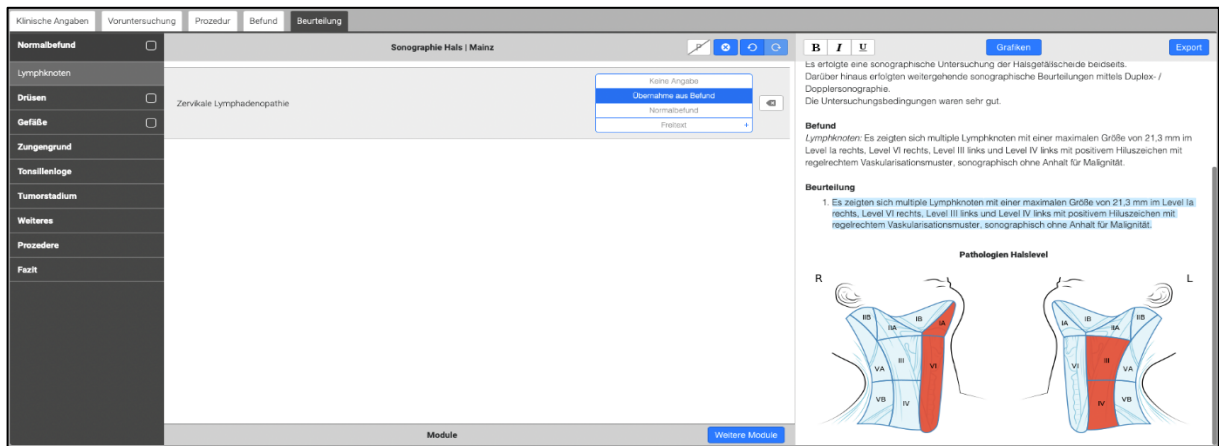


Abb. 8: Screenshot der SR-Vorlage für Kopf-Hals-Sonographie. Abschließende Beurteilung. (Smart Reporting GmbH, München Deutschland).

3.7 Evaluationsbogen Strukturierte Befunderhebung der Kopf-Hals-Sonographie

Die Erhebung der Benutzerzufriedenheit bei strukturierter Befundung, mittels online basierter Behandlungssoftware, erfolgte durch die Erstellung einer visuellen Analogskala (VAS) durch die Arbeitsgruppe der vorliegenden Studie. Hierbei sollte im direkten Vergleich zwischen den beiden Befundmodalitäten, eine anschließende Nutzungs-Präferenz sowie adäquate Benutzerzufriedenheit evaluiert werden.

Insgesamt erfolgte die Evaluation von jeweils neun identische Fragestellungen, jeweils bezogen auf SR und FTR.

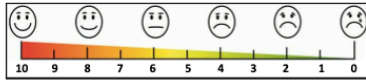
Insgesamt nahmen alle neun Untersucher an der Umfrage teil.

Evaluationsbogen Strukturierte Befunderhebung Kopf-Hals-Sonographie

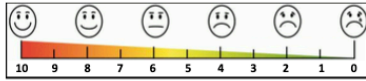
Verwenden Sie im klinischen Alltag eine Computer-basierte Befunderhebung?
 Ja Nein

Verwenden Sie im klinischen Alltag eine Computer-basierte **STRUKTURIERTE** Befunderhebung?
 Ja Nein

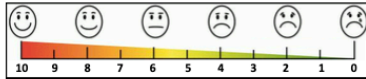
Wie häufig verwenden Sie die Sonographie im klinischen Alltag? (Bitte ankreuzen: 0= sehr häufig, 10= gar nicht)



1.) Halten Sie eine strukturierte Befunderhebung für sinnvoll? (Bitte ankreuzen: 0= sehr sinnvoll, 10= gar nicht sinnvoll)

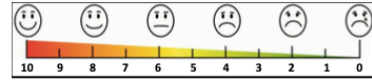


2.) Würden Sie eine strukturierte Befunderhebung im klinischen Alltag anwenden?

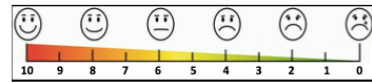


Evaluationsbogen Strukturierte Befunderhebung Kopf-Hals-Sonographie

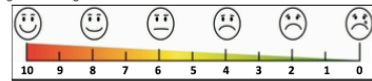
3.) Glauben Sie, dass eine strukturierte Befunderhebung zur Verbesserung der Befundung führt?



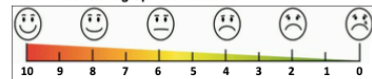
4.) Denken Sie, dass eine strukturierte Befunderhebung zu einer Zeitersparnis führt?



5.) Falls nein (Frage 4), halten Sie den zeitlichen Mehraufwand für gerechtfertigt?

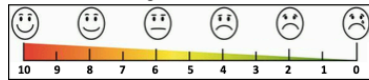


6.) Glauben Sie, dass eine strukturierte Befunderhebung den Einsteiger beim Erlernen der Sonographie unterstützt?

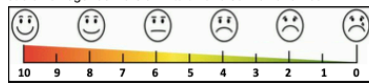


Evaluationsbogen Strukturierte Befunderhebung Kopf-Hals-Sonographie

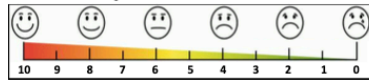
7.) Glauben Sie, dass eine strukturierte Befunderhebung den Einsteiger beim Erlernen der Befundung unterstützt?



8.) Ist die vorliegende Version intuitiv und schnell erlernbar?



9.) Ist die Menüführung übersichtlich?



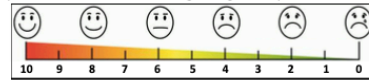
Was würden Sie sich an Verbesserungen wünschen? (Freitext)

Evaluationsbogen Konventionelle Befunderhebung Kopf-Hals-Sonographie

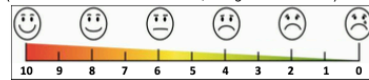
Verwenden Sie im klinischen Alltag eine Computer-basierte Befunderhebung?
 Ja Nein

Verwenden Sie im klinischen Alltag eine Computer-basierte **STRUKTURIERTE** Befunderhebung?
 Ja Nein

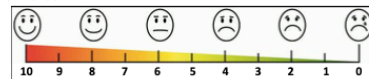
Wie häufig verwenden Sie die Sonographie im klinischen Alltag? (Bitte ankreuzen: 0= sehr häufig, 10= gar nicht)



1.) Halten Sie eine konventionelle Befunderhebung für sinnvoll? (Bitte ankreuzen: 0= sehr sinnvoll, 10= gar nicht sinnvoll)

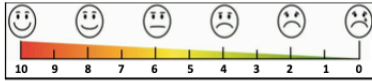


2.) Würden Sie eine konventionelle Befunderhebung im klinischen Alltag anwenden?



Evaluationsbogen Konventionelle Befunderhebung Kopf-Hals-Sonographie

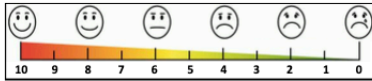
3.) Glauben Sie, dass eine konventionelle Befunderhebung zur Verbesserung der Befundung führt?



4.) Denken Sie, dass eine konventionelle Befunderhebung zu einer Zeitersparnis führt?



5.) Falls nein (Frage 7), halten Sie den zeitlichen Mehraufwand für gerechtfertigt?



6.) Glauben Sie, dass eine konventionelle Befunderhebung den Einsteiger beim Erlernen der Sonographie unterstützt?

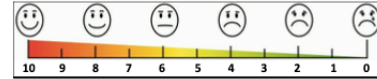


Evaluationsbogen Konventionelle Befunderhebung Kopf-Hals-Sonographie

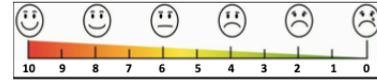
7.) Glauben Sie, dass eine konventionelle Befunderhebung den Einsteiger beim Erlernen der Befundung unterstützt?



8.) Ist die vorliegende Version intuitiv und schnell erlernbar?



9.) Ist die Menüführung übersichtlich?



Was würden Sie sich an Verbesserungen wünschen? (Freitext)

Abb. 9: Die 9 Fragen des Evaluationsbogens zur strukturierten, sowie freitext-Befundung der Kopf-Hals-Sonographie.

3.8 Datenerhebung

Wie in Kapitel 3.3 beschrieben, erhielt jeder teilnehmende Proband insgesamt zwei sonographische Untersuchungen. Folgende Daten wurden jeweils erhoben:

- I. Zugeteilte Probandennummer
- II. Erhebung der Pathologiegruppe
- III. Weiterbildungsjahr des Untersuchers und spezifischer Untersucher-Code
- IV. Dauer der Untersuchung
- V. Anzahl der gespeicherten/ausgedruckten Bilder im Rahmen Untersuchung
- VI. Dauer der Befunderstellung
- VII. Alter und Geschlecht des Probanden

Ad I: Jedem Probanden wurde eine individuelle und anonymisierte Nummer zugeteilt.

Ad II: Es erfolgte die Einteilung der Probanden in die zuvor vordefinierten Pathologiegruppen (siehe Kapitel 3.3).

Ad III: Erhebung des Weiterbildungsjahres der Untersucher zur Abstimmung einer äquivalenten Zweituntersuchung.

Ad IV: Die Untersuchungsdauer begann, sobald der Schallkopf den Hals des Probanden berührte und endete mit einem verbalen Zeichen.

Ad V: Es wurden ausschließlich die Bilder gewertet, welche anschließend zu Dokumentationszwecken genutzt wurden. Versehentlich erstellte Bilder wurden nicht berücksichtigt.

Ad VI: Die Zeiterfassung bei FTR begann mit dem ersten geschriebenen Wort und endete mit der Unterschrift der Untersucher. Bei der Befundungszeit von SR zählte die Zeit ab dem ersten Mausklick und endete mit dem Klick auf den *Export-Button*.

Ad VII: Evaluation der verschiedenen Altersgruppen und Erhebung des Geschlechts.

Abschließend wurden die erhobenen Daten und Befunde auf einen elektronischen Datenträger übertragen und in verschlüsselter und pseudonymisierter Form für die weitere Auswertung vorbereitet. Um den Anforderungen des Datenschutzes gerecht zu werden, erhielten die Probanden eine spezifische Fallnummer, welche anschließend nicht mehr auf die Patientenidentität zurückzuführen war. Diese setzte sich aus dem spezifischen Prüfercode und der Probandennummer zusammen.

3.9 Auswertung der Befundqualität und des Evaluationsbogens

3.9.1 Auswertung der Befundqualität

Nach Erhebung der Untersuchungsdaten (siehe Kapitel 3.8), erfolgte die Auswertung der Ultraschallbefunde durch vier unabhängige Fachärzte verschiedener Fachgebiete (Hals-, Nasen-, Ohrenheilkunde, Gastroenterologie, Radiologie und Viszeralchirurgie). Insgesamt konnten maximal 45 Punkte erreicht werden. Der Punkteverteilungsrahmen wurde im Vorhinein durch den Studienleiter festgelegt.

Ad A in Abb. 10: Im ersten Abschnitt wurden die bereits in Kapitel 3.8 erhobenen Daten der jeweiligen Untersuchung eingetragen. Diese flossen primär nicht in die Beurteilung der Befundqualität mit ein.

Ad B in Abb. 10: Die Beurteilung der „Lesbarkeit“ erfolgte individuell durch den beurteilenden Facharzt. Dabei konnte zwischen fünf verschiedenen Abstufungen entschieden werden (siehe Abb. 10, B). Ferner unterlag die Beurteilung der Lesbarkeit

vollständig dem Ermessen der beurteilenden Person. Insgesamt konnte 5 Punkte erzielt werden. Für den „Zeitaufwand“ wurde die erhobene Sekundenzahl der Befundungsdauer übertragen. Diese wurde jedoch nicht in der Gesamtbeurteilung der Befundqualität berücksichtigt.

Ad C in Abb. 10: Der dritte Abschnitt erlaubte die Auswertung der Vollständigkeit anhand der jeweils vorliegenden Berichte. Die auswertende Person überprüfte in den einzelnen Befunden (SR oder FTR), ob die in Abb. 10 aufgeführten anatomischen Strukturen und die geforderte Nomenklatur beschrieben wurden. Insgesamt konnten 35 Punkte vergeben werden, davon 18 Punkte bei vollständiger Beschreibung der Lymphknotenlevel nach Robbins, maximal 3 Punkte bei der Verwendung der geforderten Nomenklatur, 6 Punkte bei der vollständigen Befundung der Drüsen, sowie insgesamt 8 Punkte bei Beurteilung der Hals-Gefäße.

Ad D in Abb. 10: Anhand der Punktesumme der Abschnitte „Lesbarkeit“ und „Vollständigkeit“ erfolgte schließlich die Benotung der Gesamtqualität anhand einer vordefinierten Einteilung durch den Studienleiter (siehe Abb. 10 D).

3.9.2 Auswertung des Evaluationsbogens

Nach Abschluss der Datenerhebung erfolgte die Gesamtevaluation der strukturierten Befundung anhand einer visuellen Analogskala (siehe Kapitel 3.7). Die Auswertung der Evaluationsbögen wurde durch den Studienleiter durchgeführt.

3.10 Statistische Auswertung

Die Eingabe der in Kapitel 3.9. erhobenen Daten erfolgte via *Microsoft Excel*, diese wurden anschließend sortiert und aufbereitet. Im nächsten Schritt wurden deskriptive Tabellen des Mittelwerts und der Standardabweichung erstellt. Ein p-Wert von $< 0,05$ wurde als statistisch signifikant gewertet. Die Signifikanz zwischen „Zeitaufwand“, „Detailgradheit“ und „Vollständigkeit“ wurde mithilfe des „Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test“ geprüft. Um die Ergebnisse des Evaluationsbogens vergleichen zu können, erfolgte aufgrund einer nicht-parametrischen Verteilung (Shapiro-Wilk Test), der Wilcoxon Rangsummen-Test.

Die lineare Regressionsanalyse sollte die Höhe der Korrelation bestimmen. Für die Bewertung der Interrater-Reliabilität wurde das Fleiss' Kappa verwendet. Die statistischen Ergebnisse wurden mit der Software *Microsoft Excel for Mac 16*

(Microsoft Corp., Redmond, WA, USA) sowie Graphpad Prism 9 (Graphpad Software, San Diego, CA, USA) erhoben.

Checkliste - Befunderhebungsqualität der Kopf-Hals-Sonographie

Strukturierte Befunderfassung

Konventionelle Befunderfassung

Prüfercode:

Patientennummer:

Bilddokumentation (Anzahl):

Untersuchungsdauer (Sekunden):

Befunderhebungsdauer (Sekunden):

Ausbildungsstand Prüfer:

Patientenalter:

Geschlecht:

Pathologiegruppe:
T: Tumor, SD: Speicheldrüse, L: Lymphadenitis

1. Lesbarkeit des Befundes:

Sehr gut (5) gut (4) mittel (3) eher schlecht (2) schlecht (1)

2. Befundungszeit: _____ (s)

3. Vollständigkeit

Lymphknoten (jeweils 1 Punkt) Gesamtpunktzahl (max. 18) _____

<input type="checkbox"/> Level Ia rechts	<input type="checkbox"/> Level Ia links	<input type="checkbox"/> Level Ib rechts	<input type="checkbox"/> Level Ib links
<input type="checkbox"/> Level IIa rechts	<input type="checkbox"/> Level IIa links	<input type="checkbox"/> Level IIb rechts	<input type="checkbox"/> Level IIb links
<input type="checkbox"/> Level III rechts	<input type="checkbox"/> Level III links	<input type="checkbox"/> Level IV rechts	<input type="checkbox"/> Level IV links
<input type="checkbox"/> Level Va rechts	<input type="checkbox"/> Level Va links	<input type="checkbox"/> Level Vb rechts	<input type="checkbox"/> Level Vb links
<input type="checkbox"/> Level VI rechts	<input type="checkbox"/> Level VI links		

Nomenklatur auffälliger Lymphknoten Gesamtpunktzahl (max. 3) _____

Größe Perfusion Hiluszeichen

Drüsen Gesamtpunktzahl (max. 6) _____

<input type="checkbox"/> GPA rechts	<input type="checkbox"/> GPA links	<input type="checkbox"/> GSM rechts	<input type="checkbox"/> GSM links
<input type="checkbox"/> Gl. thyroidea rechts		<input type="checkbox"/> Gl. thyroidea links	

Halsgefäße Gesamtpunktzahl (max. 8) _____

<input type="checkbox"/> ACC rechts	<input type="checkbox"/> ACC links	<input type="checkbox"/> ACI rechts	<input type="checkbox"/> ACI links
<input type="checkbox"/> ACE rechts	<input type="checkbox"/> ACE links	<input type="checkbox"/> VJI rechts	<input type="checkbox"/> VJI links

D **Gesamtqualität:** / 40 Punkte _____

Lesbarkeit + Vollständigkeit

0-8 Punkte = unzureichend	09-16 Punkte = schlecht	17-24 Punkte = moderat
25-32 Punkte = hoch	33-40 Punkte = sehr hoch	

Abb. 10: Erhebungsbogen zur Berichtsauswertung der einzelnen Untersuchungen.

3.11 Fragestellungen

- I** Zeigt sich die Verbesserung der Lesbarkeit von SR signifikant besser verglichen zu FTR?
- II** Ist die Befundungszeit durch die Einführung von SR kürzer? Wenn nicht, ist der zeitliche Mehraufwand gerechtfertigt und wodurch entsteht dieser?
- III** Stellen sich die erhobenen SR-Befunde im Vergleich zu FTR mit einer höheren Detailliertheit dar?
- IV** Wird die Befundvollständigkeit durch die Verwendung von strukturierten Befunderhebungsprogrammen signifikant verbessert?
- V** Kann durch SR eine Verbesserung der Gesamtqualität im Vergleich zu FTR erzielt werden?
- VI** Wie wirkt sich der Weiterbildungsstand der Untersucher auf die Lesbarkeit, Befundungszeit, Vollständigkeit, Detailliertheit und die Gesamtqualität aus?
- VII** Zeigt sich eine Nutzungs-Präferenz im Klinischen Alltag der Studienteilnehmer für SR oder FTR?
- VIII** Führt die SR zur Verbesserung der Benutzerzufriedenheit?

4 Ergebnisse

4.1 Deskriptive und Interferenzstatistik

4.1.1 Probanden

In der hier vorliegenden Studie wurden insgesamt $n = 51$ Probanden eingeschlossen. Hiervon konnten $n = 8$ Probanden aufgrund eines frühzeitigen Abbruchs der Datenerhebung sowie durch Fehlen der zweiten Untersuchung nicht berücksichtigt werden. Für die statistische Auswertung konnten somit $n = 43$ Probanden mit jeweils 2 vollständigen Befundungsmodalitäten (SR und FTR) herangezogen werden. Bei einer Altersspanne von 20 - 83 Jahren lag das durchschnittliche Alter der Probanden bei $58,6 \pm 14,8$ Jahren (siehe Abb. 1 A). Von den $n = 43$ Probanden waren $n = 24$ männlich und $n = 19$ weiblich (siehe Abb. 11 B). Die Pathologiegruppen unterteilten sich in $n = 26$ Patienten der Kategorie Kopf-Hals-Malignome, $n = 7$ Patienten wiesen eine Speicheldrüsenerkrankung auf und insgesamt $n = 10$ Patienten erhielten die Diagnose einer Lymphadenitis (siehe Abb. 11 C).

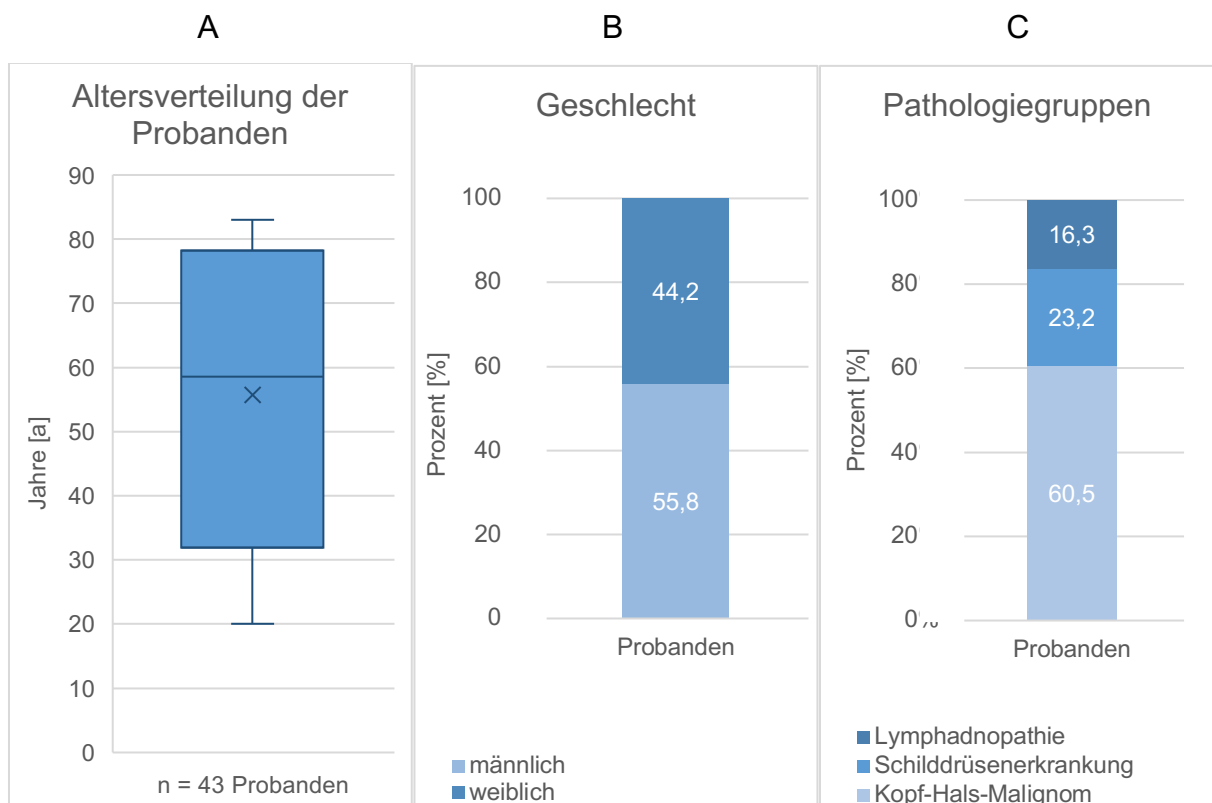


Abb. 11: Darstellung der demographische Daten der teilnehmenden Probanden.

4.1.2 Ärztliche Untersucher / Befunder

Die Zusammensetzung der ärztlichen Untersucher / Befunder ist der Abb. 12 zu entnehmen. Insgesamt nahmen 9 Untersucher an der Datenerhebung und Befundung teil. 5 Untersucher verwendeten dabei SR, während 4 Untersucher FTR verwendeten. Anhand des vorliegenden Weiterbildungsstandes erfolgte die weitere Unterteilung in 3 Untergruppen (1.-3. Weiterbildungsjahr (WBJ), 4.-5. WBJ sowie Facharzt (FA) für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde).

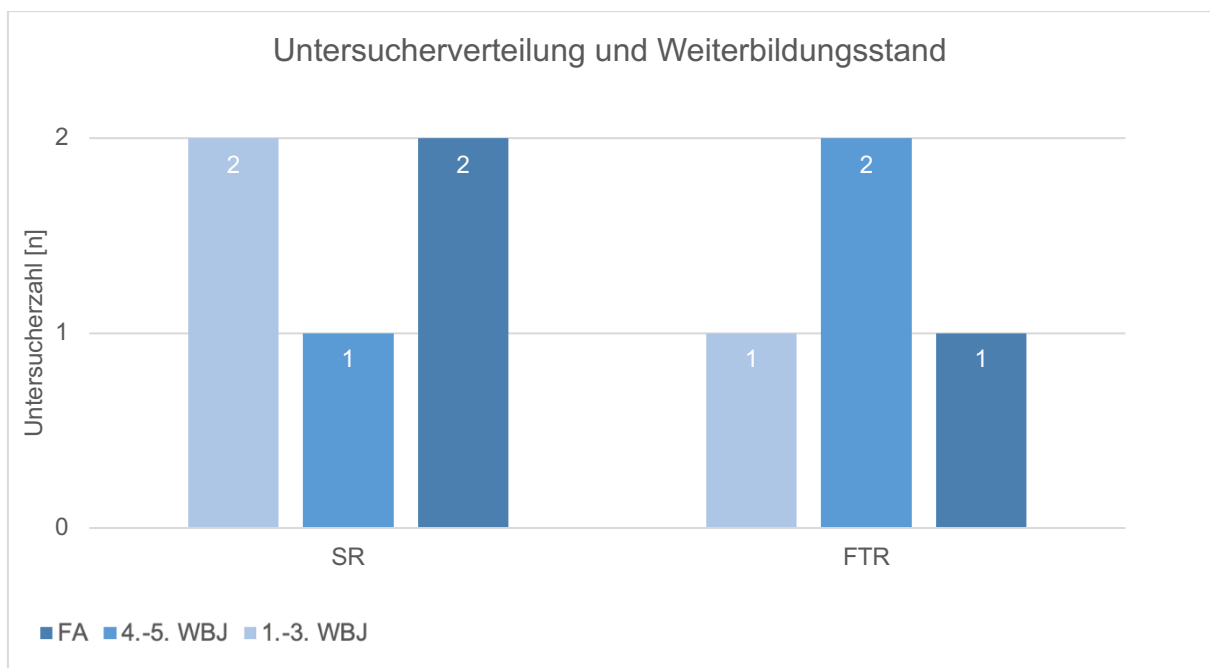


Abb. 12: Verteilung der Untersucher in die jeweilige Befundungsgruppe.

19 der 43 Probanden wurden jeweils durch einen Untersucher im gleichen Weiterbildungsstand untersucht. Bei 24 Probanden war der Weiterbildungsstand der Untersucher ungleich.

Die Verteilung der erhobenen Befunde nach dem Weiterbildungsstand der Untersucher ergab für „1.-3. Weiterbildungsjahr“ n = 24 Befunde aus SR und n = 28 Befunde aus FTR, für das „4.-5. Weiterbildungsjahr“ n = 14 Befunde aus SR und n = 8 Befunde aus FTR sowie für „Facharzt“ n = 5 Befunde aus SR und n = 7 Befunde aus FTR bei den Fachärzten.

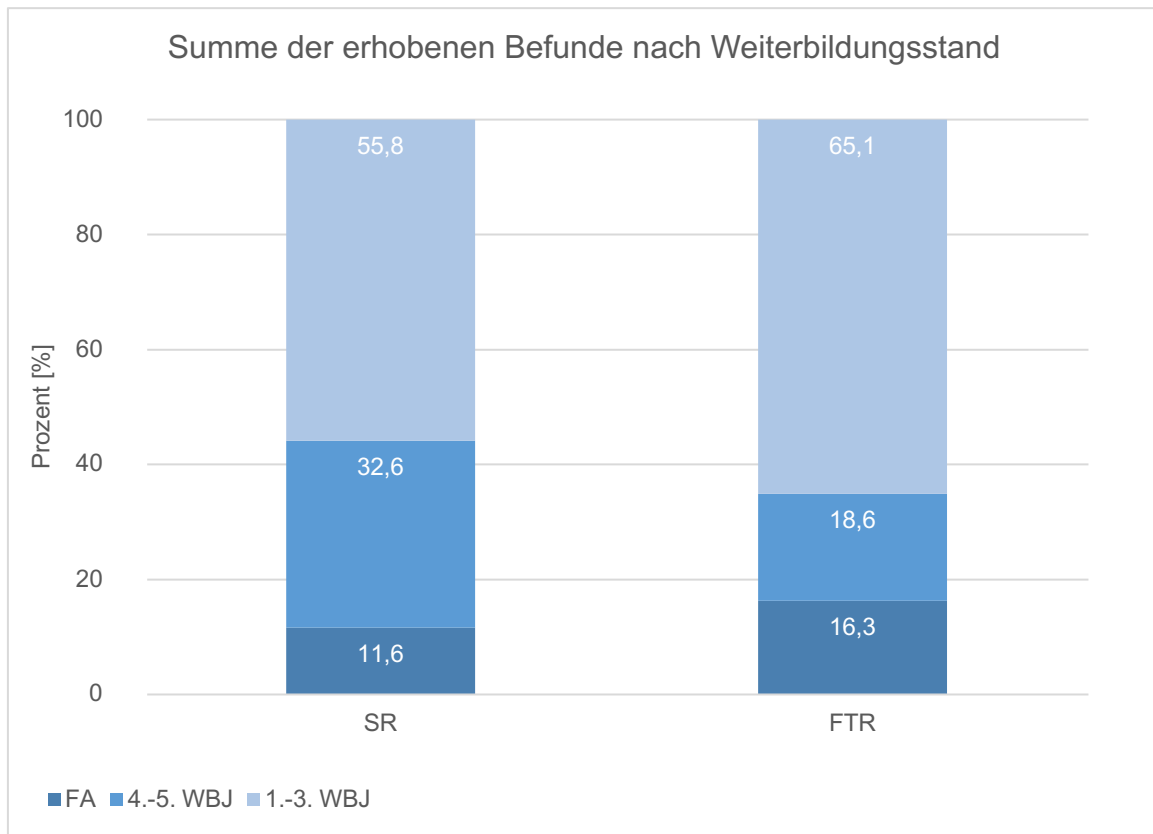


Abb. 13: Prozentuale Darstellung der Summe der Befundverteilung gemäß des Weiterbildungsstandes der einzelnen ärztlichen Untersucher.

4.1.3 Analyse der Befundberichte

Wie in Kapitel 4.1.1 beschrieben, erfolgte jeweils bei 43 Probanden die ärztliche Befunderhebung für SR und FTR. Insgesamt konnten so $n = 86$ Berichte (jeweils $n = 43$ SR und $n = 43$ FTR) erhoben und analysiert werden. Davon ergab sich aus 26 Tumorpatienten $n = 52$ Befunde ($n = 26$ SR, $n = 26$ FTR) der Kategorie „Kopf-Hals-Malignome“, 10 Speicheldrüsenpatienten ergaben $n = 20$ Befunde ($n = 10$ SR, $n = 10$ FTR) der Kategorie „Speicheldrüsenerkrankungen“ sowie 7 Patienten mit Lymphadenitis colli ergaben $n = 14$ Befunde ($n = 7$ SR, $n = 7$ FTR) der Kategorie „Lymphadenitis“. Unter Berücksichtigung der in Abb. 10 C dargestellten Strukturen, erreichte SR eine Gesamt-Befundvollständigkeit von 94,4 % während FTR eine Gesamt-Befundvollständigkeit von 45,6 %, ($p < 0,001$) erreichte. Des Weiteren zeigte sich in allen Unterkategorien eine höhere Vollständigkeit bei SR. In Abb. 14 ist die prozentuale Vollständigkeitsverteilung der in Kapitel 3.9.1 dargestellten Kategorien aufgeführt.

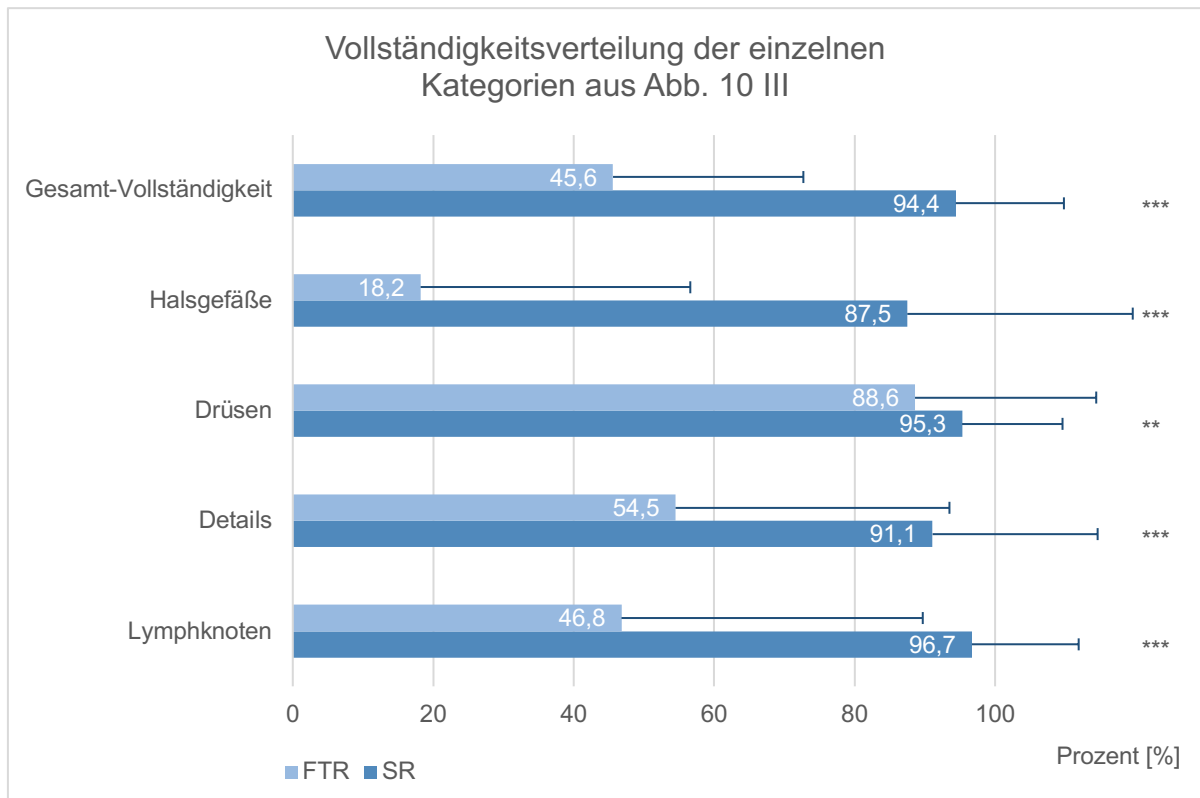


Abb. 14: Prozentuale Darstellung der Verteilung der Kategorie-Vollständigkeit aus Abb. 10 C (* $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$).

Der zeitliche Aufwand, welcher zur Fertigstellung der Befunde benötigt wurde, betrug bei SR durchschnittlich 176,5 Sekunden und bei FTR 107,3 Sekunden (siehe Abb. 15 A). Die Lesbarkeit der Befunde lag für SR bei 100,0 % und für FTR bei 47,1 % (siehe Abb. 15 B).

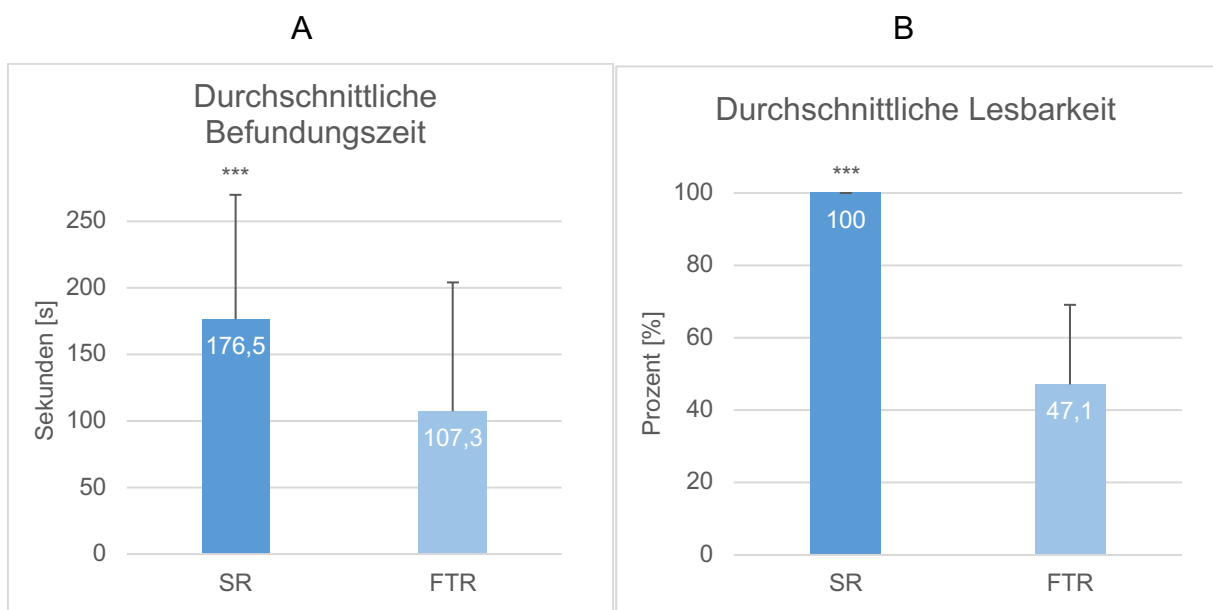


Abb. 15: Prozentuale Darstellung der Befundungszeit und Lesbarkeit von SR und FTR (*** $p < 0,001$).

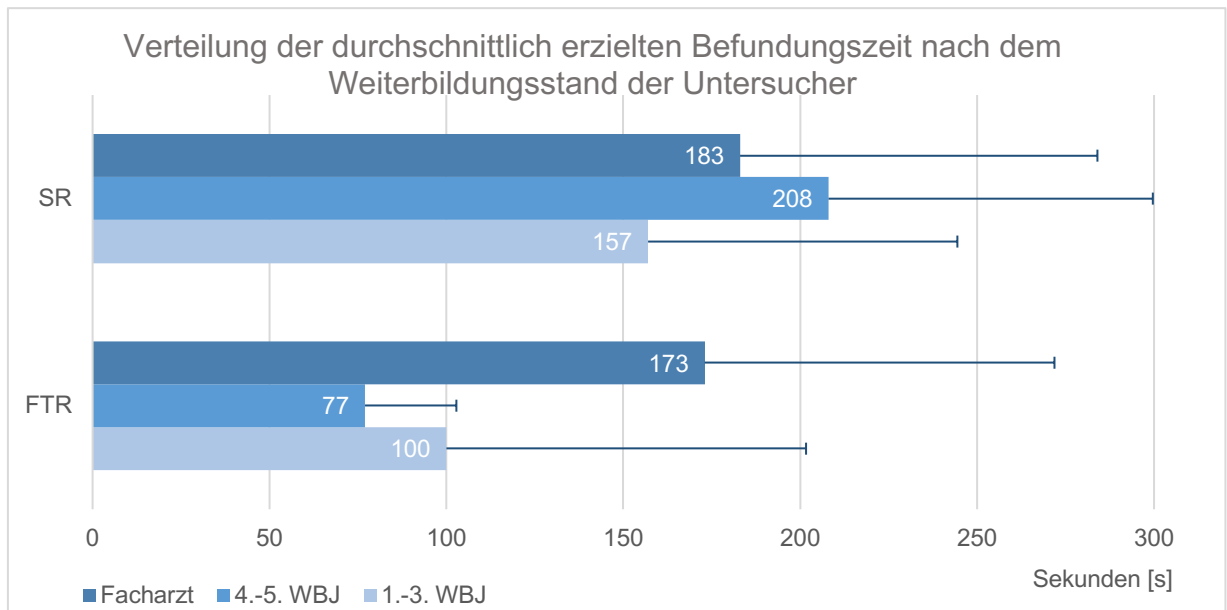


Abb. 16: Übersichtsdarstellung der durchschnittlich Befundungszeit nach dem einzelnen Weiterbildungsstand der Untersucher.

Unter Berücksichtigung der Weiterbildung (siehe Abb. 12) erzielte die Gruppe „Facharzt“ mit SR eine durchschnittliche Befundungszeit von 183 Sekunden und mit FTR von 173 Sekunden. Die Gruppe 4.-5. WBJ erzielte mit SR eine durchschnittliche Befundungszeit von 208 Sekunden und 77 Sekunden mit FTR. 157 Sekunden wurden im Durchschnitt in der Gruppe 1.-3. WBJ mit SR benötigt und 100 Sekunden dauerte im Schnitt die Befundung mit FTR.

In Abb. 17 wird die durchschnittlich erzielte Detailliertheit und Verwendung korrekter Terminologie mit 91,1 % für SR und 54,5 % für FTR präsentiert. Hierbei zeigte sich SR mit $p < 0,001$ signifikant überlegen.

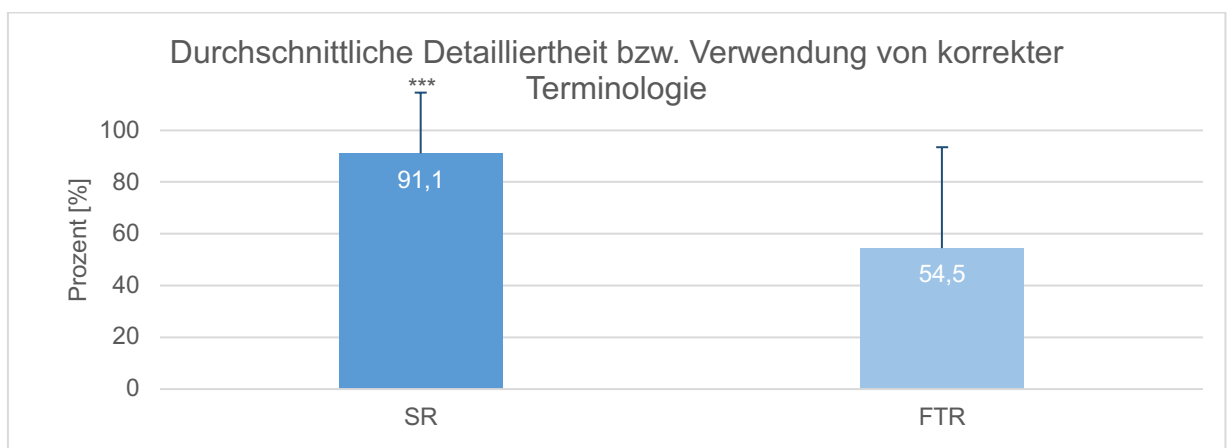


Abb. 17: Prozentuale Darstellung der durchschnittlichen Detailliertheit bzw. Verwendung von korrekter Terminologie (***) $p < 0,001$).

Die Gesamtbefundqualität als Summe aus Vollständigkeit, Detail und Lesbarkeit lag nach Abschluss der Gesamtbeurteilung bei SR mit 95,1 % und bei FTR mit 45,8 % (siehe Abb. 18).

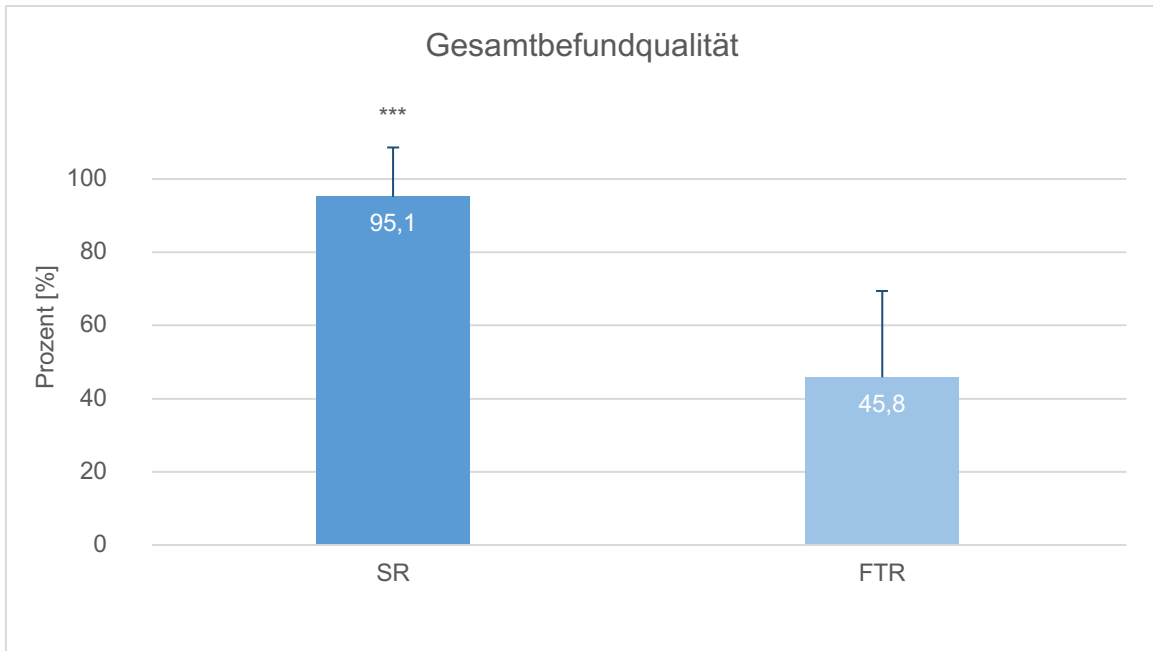


Abb. 18: Prozentuale Darstellung der Gesamtbefundqualität mittels SR und FTR.

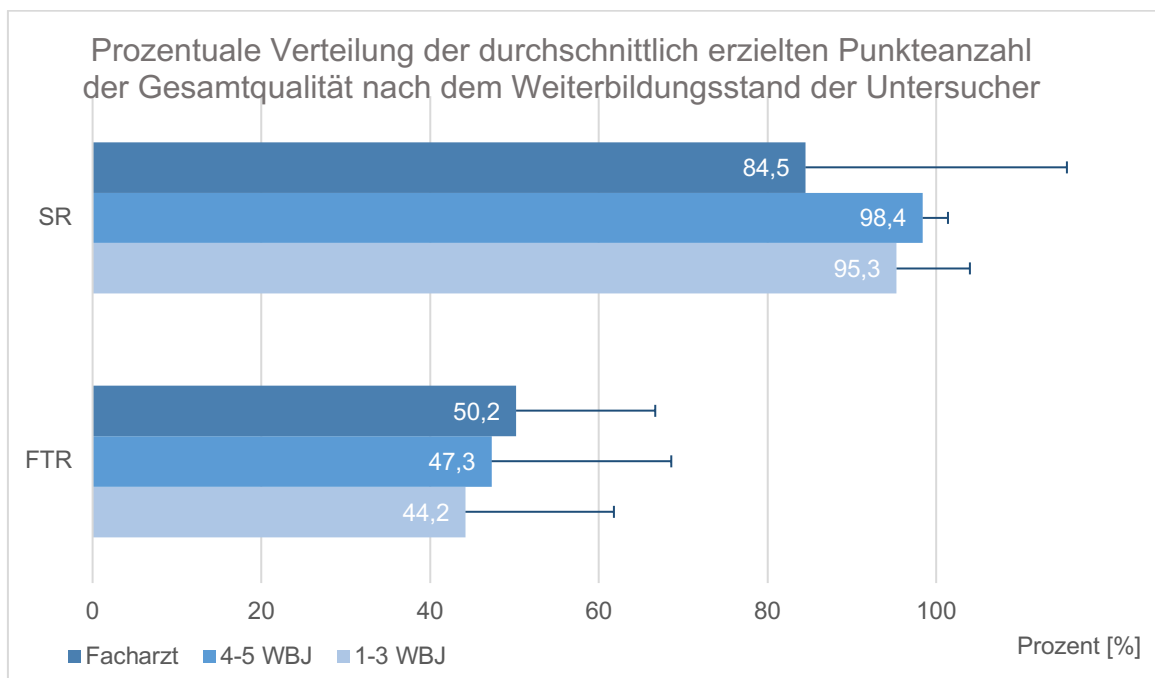


Abb. 19: Prozentuale Übersichtsdarstellung der durchschnittlich erreichten Punktezahl nach dem jeweiligen einzelnen Weiterbildungsstand der Untersucher.

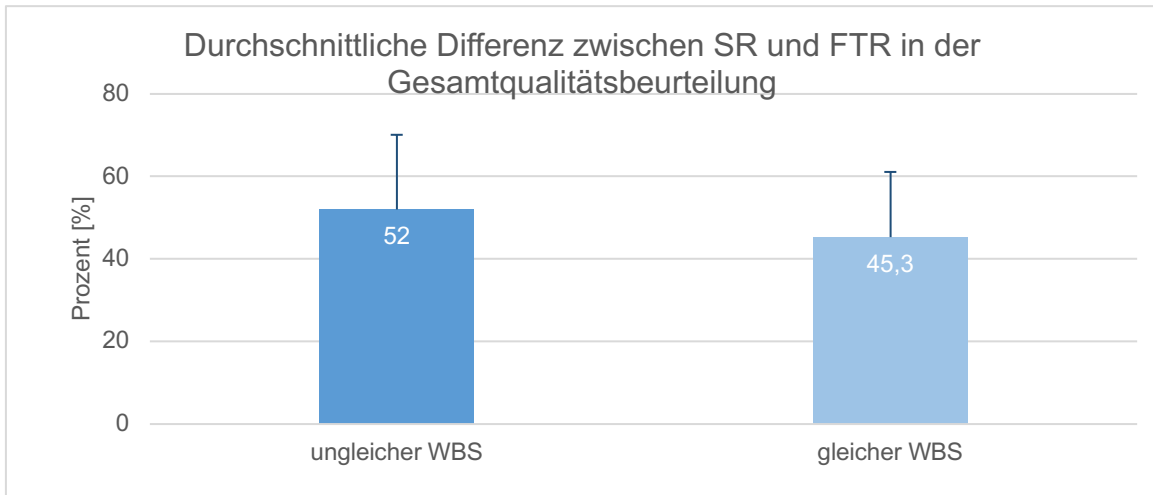


Abb. 20: Übersichtsdarstellung der durchschnittlichen prozentualen Differenz zwischen SR und FTR. Hier direkter Vergleich zwischen den Untersuchungsdurchläufen mit gleichem und ungleichem Weiterbildungsstand.

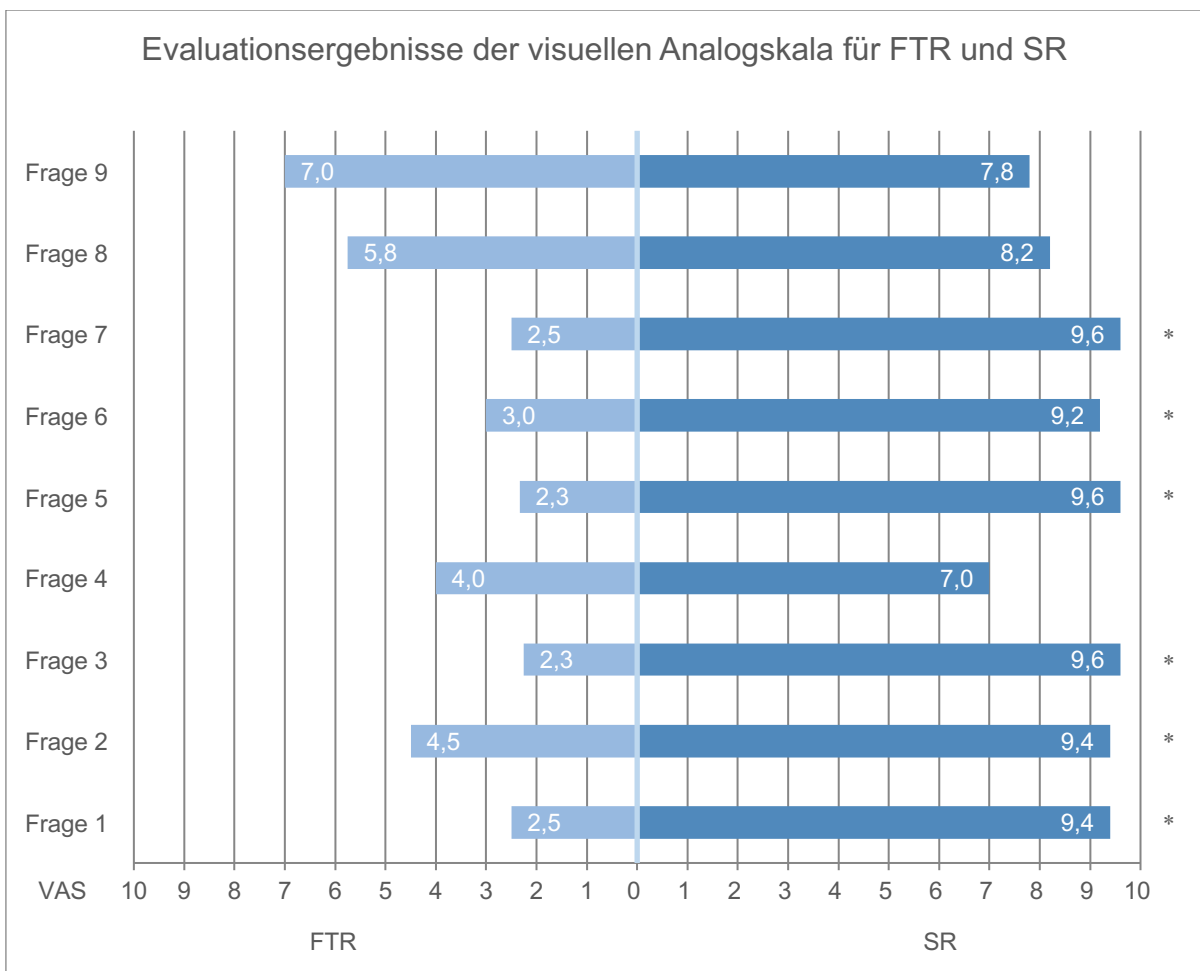


Abb. 21: Darstellung der durchschnittlichen Punktevergabe des Evaluationsbogens siehe Abb. 9 (* $p < 0,05$).

4.1.4 Subjektive Evaluation der Befundungsmodalitäten

An der Evaluation nahmen insgesamt $n = 9$ der oben aufgeführten Ärzte teil. Diese bearbeiteten jeweils alle neun Evaluationsitems für den SR-Bogen und den FTR-Bogen (siehe Abb. 9). Hierbei stellte sich in den durchgeführten Analysen, seitens der Untersucher, eine generelle Präferenz von SR dar. Folgende Evaluationsfragen aus Abb. 9 zeigten sich mit $p < 0,05$ signifikant für SR (siehe Abb. 21):

1. Halten Sie SR für sinnvoll?
2. Würden Sie SR im klinischen Alltag anwenden?
3. Glauben Sie, dass SR zu einer Verbesserung der Befundung führt?
5. Halten Sie den zeitlichen Mehraufwand für gerechtfertigt?
6. Glauben Sie, dass SR den Einsteiger beim Erlernen der Sonographie unterstützt?
7. Glauben Sie, dass SR den Einsteiger beim Erlernen der Befundung unterstützt?

Nicht signifikant zeigten sich folgende Fragen (siehe Abb. 21):

4. Denken Sie, dass SR zu einer Zeitersparnis führt?
8. Ist die vorliegende Version intuitiv und erlernbar?
9. Ist die Menüführung übersichtlich?

In Summe zeigte sich die Gesamtzufriedenheit und die klinische Präferenz für SR bei VAS 8,87 (0-10) sowie bei FTR 3,80 (0-10) ($p < 0,001$).

4.2 Inferenzstatistik

Zur Testung einer vorliegenden Normalverteilung erfolgte der Shapiro-Wilk Test, welcher negativ ausfiel. Aus diesem Grund erfolgte die Überprüfung der Hypothesen mittels des Wilcoxon Rangsummentests.

Insgesamt ergab die Auswertung der Befunde, welche durch die in Kapitel 3.9.1 beschriebenen Fachärzte erstellt wurden, eine signifikant höhere Gesamt-Befundqualität für SR (94,4 % vs. 45,6 % für FTR, $p < 0,001$, siehe Abb. 14). Ferner

ergab sich eine hohe Interrater-Reliabilität bei der Bewertung der vier Fachärzte (Fleiss kappa = 0,92).

5 Diskussion

Die Sonographie hat sich für die Untersuchung verschiedenster Krankheitsbilder als wichtiges diagnostisches Instrument für Verlaufskontrollen und präoperative Planung etabliert. Gerade im Bereich der Hals-, Nasen-, Ohrenheilkunde gilt die Kopf-Hals-Sonographie als primäres diagnostisches Mittel und bildet damit den Goldstandard für die Diagnostik diverser Entitäten [2, 4, 5, 76]. Zusätzlich bietet die Ultraschalldiagnostik großen Nutzen in der präoperativen Planung von chirurgischen Eingriffen in der Hals-, Nasen-, Ohrenheilkunde [2-5]. Folglich schreibt die Weiterbildungsordnung in ihrer aktuellen Fassung 400 Ultraschalluntersuchungen im Rahmen der Facharztweiterbildung vor [57]. Außerdem stellt die Ultraschalldiagnostik ein kostengünstiges und schnelles Medium im klinischen Alltag dar [121], welches durchschnittlich zehn bis zwölf Mal im Hals-, Nasen-, Ohren-Ärztlichen Klinikalltag seinen Einsatz findet [46, 54]. Die Anwendung des Ultraschalls wird heute mit hochauflösenden Geräten durchgeführt, welche morphologische Veränderungen präzise abbilden können [2]. Die Schwierigkeit der Kopf-Hals-Sonographie besteht demnach in der Vielzahl der anatomischen Strukturen, welche die sonographische Orientierung und deren Interpretation erschweren kann [122].

Neben einer qualifizierten Untersuchung spielt die präzise Befundung eine ebenso wichtige Rolle, um einen hohen Standard für Diagnostik und Therapie zu sichern. Gleichzeitig nehmen die bürokratischen Aufgaben im ärztlichen Alltag stetig zu [37]. Außerdem sind Herangehensweisen zur Optimierung des Zeitmanagements unter standardisierter und qualitativ hochwertiger Befundung gefordert [36, 37]. Während herkömmliche Freitextbefunde eine geringe Zuverlässigkeit der Qualität, der Vergleichbarkeit und dem Detaillierungsgrad aufweisen, bilden strukturierte Befunde einen neuen und vielversprechenden Ansatz zur Steigerung der Befundqualität [75, 100].

In dieser Arbeit wurde die IT-gestützte Modalität SR im Vergleich zur FTR untersucht. Die SR bildet durch die Selektion von verschiedenen Auswahlmöglichkeiten mit semantisch hinterlegten und vorformulierten Satzbausteinen einen qualitativ hochwertigen Befund. Ferner finden Computer Hard- und Software im klinischen Alltag zunehmend Einzug. Dieser Trend zur Digitalisierung soll gegenwärtig und in Zukunft das Patientenmanagement sowie verschiedenste weitere Krankenhausprozesse

verbessern [85, 86]. Verglichen mit bisherigen Publikationen aus der Literatur zeigt sich eine hohe Übereinstimmung mit den Ergebnissen dieser Arbeit. Dabei präsentiert sich SR in den verschiedensten bildgebend-diagnostischen Verfahren im Vergleich zur FTR als die qualitativ hochwertigere Befundungsmodalität [63, 73, 99, 100, 106, 114-119].

Die zentrale Fragestellung dieser Studie war, ob eine Etablierung von SR in der Kopf-Hals-Sonographie zu einer Verbesserung der Befundqualität und -Lesbarkeit führt und ob, sofern dies zutrifft, ein zeitlicher Mehraufwand gerechtfertigt ist.

Im Ergebnis konnte diese Arbeit eine signifikante Verbesserung der Befundvollständigkeit und -lesbarkeit von SR gegenüber FTR nachweisen. Zudem stellte sich der Detailierungsgrad einzelner Strukturen signifikant höher dar. Jedoch verlängerte sich die Befundungszeit signifikant. In Summe erlaubte dies trotz zeitlichem Mehraufwand eine signifikante Verbesserung der Gesamtbefundqualität, welcher in Summe in einer höheren Gesamtnutzerzufriedenheit und klinischen Präferenz mündete.

Zu dem Zeitpunkt der Ergebniserhebung dieser Arbeit lagen keine prospektiven Studien vor, welche die Wirksamkeit von SR in der Kopf-Hals-Sonographie beschrieben. Ferner gliederte sich diese Arbeit, zum Zeitpunkt der Ergebniserhebung, als eine der größten prospektiven Studien für strukturierte Befundung ein [73, 99, 100, 116, 123, 124].

Als antreibender Motor zeigte sich in den letzten Jahren das 2020 in Kraft getretene Krankenhauszukunftsgesetz (siehe Kapitel 2.5). Um eine verbesserte Patientenversorgung zu erreichen, werden vermehrt digitale Lösungsansätze in der Medizin entwickelt [85, 86]. Hierbei nimmt zunehmend die elektronische Datenerhebung und Archivierung bei der Optimierung der Patientenbehandlung teil [78]. Zudem erlaubt eine Vereinheitlichung und Digitalisierung von anonymen Patientendaten die Verarbeitung von großen Datenmengen durch Informationsextraktionsprogramme [81], die prospektiv neue Erkenntnisse hervorbringen sollen [83] (Siehe Kapitel 2.4). Wie bereits oben ausgeführt, zeigen die Ergebnisse dieser Arbeit eine signifikante Verbesserung der Vollständigkeit, Detaillierung und Terminologie, sodass SR für das *Big Data Mining* erfolgsversprechend eingesetzt werden kann [83].

Trotz der zunehmenden Digitalisierung zeigte sich in diversen Arbeitsgruppen eine Begünstigung der Hypothese einer nicht-Überlegenheit von SR [59, 97, 107]. Dabei fiel das „starre“ Gerüst von SR primär in den Fokus, wobei die Frage aufkam, ob SR komplexen und speziellen Untersuchungen bzw. spezifischen Fragestellungen gerecht werden kann [106, 110-112]. In früheren Studien zeigte sich zudem, dass SR lediglich bei Normalbefunden oder typischen Pathologien zu einer Zeitersparnis führt, während bei komplexeren oder selteneren Pathologien eine Unterlegenheit gegenüber FTR nachgewiesen wurde [99, 112]. Denn gehäuft bedarf es dem Einsatz von Freitextelementen oder abschließenden Korrekturen [99, 112, 125].

Folglich scheint jedoch eine gründliche Gegenüberstellung der Gesamt-Befundqualität von SR und FTR unerlässlich. Eine kürzere Befundungszeit von FTR sollte schließlich nicht zum Nachteil der Befundqualität erfolgen.

Die Kriterien zur Gegenüberstellung von FTR und SR beziehen sich in dieser Arbeit primär auf den direkten Vergleich zwischen der Vollständigkeit, der Bearbeitungszeit, der Lesbarkeit und des Detailreichtums der erstellten Befunde. Weitere Kriterien, wie besondere individuelle Formulierungen oder die Formatierung, können berücksichtigt werden, jedoch beweisen sich diese Kriterien für den Gebrauch in der täglichen Praxis als eher zweitrangig. Die Vollständigkeit ist klar ein Kriterium, welches von jedem untersuchenden oder zuweisenden Arzt gefordert werden sollte. Anhand der Ergebnisse dieser Arbeit zeigt sich deutlich, dass SR eine signifikant höhere Vollständigkeit in allen Kategorien erzielt (siehe Abb. 14).

Des Weiteren wird der Freitextstil häufig mit einem Widerspiegeln von fachlicher Expertise assoziiert. Hierbei scheint der persönliche Stil oder Fingerabdruck des Arztes von großer Bedeutung zu sein [59]. Darüber hinaus assoziieren ältere Publikationen SR mit einer unzureichenden sprachlichen Qualität, schlechter Ausdrucksweise und einer mangelnden Terminologie [88, 107]. Um diese Mängel im Nachgang abzustellen, bedarf es zusätzlicher Zeit, welche die Befundungszeit von SR stark verlängern könnte. Hieraus abgeleitet soll die sprachliche Qualität bei Erstellung von SR-Programmen einen höheren Stellenwert einnehmen. Eine standardisierte, geprüfte und korrigierte Sprache, welche von unterschiedlichen Fachexperten wie auch von zuweisenden Ärzten festgelegt wurde, könnte zu einem höheren Maß an Akzeptanz von SR und zusätzlich zu einer besseren Befundqualität führen [126].

Bei diesen Publikationen bedarf es der Anmerkung, dass SR-Systeme der ersten Generation angewandt wurden. Diese zeigten sich häufig inadäquat sowie

unausgereift und gingen demnach mit einer Verschlechterung der zeitlichen Effizienz einher [127, 128]. Wie sich in den Ergebnissen der Benutzerzufriedenheit (siehe Abb. 21) darstellt, bedarf es einer problemorientierten Planung, um die semantisch hinterlegten Satzbausteine in SR mit einer hohen linguistischen Qualität von ausgewählter Terminologie und adäquater Sprache zu hinterlegen. Durch eine kontinuierliche Verbesserung und zeitgemäßen IT-Lösungsansätzen ergibt sich eine gute Basis zur Erfüllung der Anforderungen [129]. Ferner erlauben zeitgerechte IT-Lösungsansätze eine unzureichende sprachliche Qualität wie auch ein „starres“ Gerüst von SR zu optimieren. Unter dem Einsatz von intelligenten Entscheidungsbäumen wie auch der Möglichkeit eines Freitextelementes fördern Quervernetzungen von SR-Templates die Befundqualität und ermöglichen hinzufügend eine individuelle und flexible Befundung [61, 99]. Dabei ergeben sich nach Übereinstimmung mit der Literatur keine Probleme mit der Nutzung von Freitextelementen [99, 130].

Die Ausarbeitung der spezifischen *SR-Templates* dieser Arbeit erfolgte im Vorfeld in problemorientierter und fachlicher Koordination durch drei Fachärzte der Hals-, Nasen-, Ohrenheilkunde mit großer Expertise in der Kopf-Hals-Sonographie, die sich an der gegenwärtigen Empfehlung der DEGUM orientierten. Nachdem diese Arbeit eine Überlegenheit der SR gegenüber FTR aufzeigen konnte (siehe Abb. 18), lässt sich daraus schließen, dass eine adäquate Planung von *SR-Templates* durch Fachexperten zu einer signifikanten Verbesserung der Gesamtbefundqualität führt. Um jedoch spezifische Fragestellungen und Anforderungen von zuweisenden Ärzten zu berücksichtigen, ist eine Hinzuziehung dieser im Planungsprozesses sinnvoll und eine Etablierung im *SR-Template* möglich [131]. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit ein bestehendes Template zeit- und bedarfsgerecht mit einem *Update* zu versehen. Durch dieses Mitwachsen an Erfahrung können kontinuierlich Optimierungen möglicher erkannter Verbesserungspotentiale, sowie neue Lösungsansätze etabliert werden.

Das SR-Programm dieser Arbeit zeigte des Weiteren eine signifikant höhere Lesbarkeit im Vergleich zu den FTR (siehe Abb. 15). In diesem Versuchsaufbau wurde, wie in Kapitel 3.9.1 beschrieben, die individuelle Handschrift der einzelnen Untersucher mit dem maschinell erstellten SR-Befund verglichen. Diese signifikante Verbesserung legitimiert sich, sobald die FTR beispielsweise durch Diktierprogramme

erhoben werden oder der Befund maschinell bzw. digital verschriftlicht wurde. Dennoch erlaubt der standardisierte Einsatz von SR eine gleichbleibend hohe leserliche Sicherheit und eliminiert das Problem einer unleserlichen oder schlecht leserlichen Schrift einzelner Untersucher. Nichtsdestotrotz muss der Schwerpunkt, wie in dieser Arbeit, auf die Befundqualität gesetzt werden. Ferner präsentierten diverse Arbeitsgruppen, dass SR eine höhere diagnostische Genauigkeit aufweist und ein Fehlen von nicht erhobenen Pathologien vermindert [107, 114, 115]. Dies deckt sich mit den Ergebnissen dieser Arbeit.

Für eine effektive Übermittlung relevanter Befundinformationen mit dem Ziel einer präziseren Kommunikation werden im Allgemeinen strukturierte Befunde empfohlen [31, 62, 101, 106, 132, 133]. Durch das Vermeiden von ungenauen oder mehrdeutigen Formulierungen, wie sie bei FTR vorkommen [106], ermöglicht SR die Reduzierung von regelmäßige Rückfragen bei Unklarheiten und Mehrdeutigkeiten.

Wie zuvor beschrieben bildet die Befunddokumentation die Grundlage für die Beantwortung von spezifischen Fragestellungen und ist häufig entscheidend für die anschließende Therapiefindung [24-26]. Im Unterschied zu anderen bildgebenden Modalitäten, wie beispielsweise der Computertomographie, erfolgt die Erhebung von sonographischen Untersuchungsbefunden dynamisch und situationsabhängig. Die erhobenen Momentaufnahmen erlauben im Nachhinein nur selten eine zweifelslose Identifikation der Anatomie und Pathologie. Entsteht aufgrund einer unzureichenden Dokumentation ein Informationsverlust, muss häufig der Patient erneut einbestellt werden, wobei die Reproduzierbarkeit einer Untersuchung oftmals erschwert möglich ist. Anders als in der Computertomographie, bei dem der Zuweiser den gleichen bildmorphologische Befundungs-Datensatz zur Verfügung stehen hat, besteht die Bilddokumentation der Sonographie häufig aus einzelnen Momentaufnahmen von Standardebenen und Pathologien, welche im Regelfall dem Zuweiser nicht zur Verfügung stehen. Damit könnte eine inadäquate oder qualitativ mangelhafte sonographische Befundung zu systematischen Fehlentscheidungen führen und die Patientenversorgung nachhaltig durch Fehldiagnosen oder inkorrekten Klassifikationen verschlechtern [134].

Die Kopf- und Hals Sonographie stellt aufgrund der strukturellen Komplexität und der besonderen anatomischen Gegebenheiten ein hoch anspruchsvolles Untersuchungsgebiet innerhalb der Sonographie dar. Durch strukturelle Fehler oder Unerfahrenheit könnten Pathologien nicht erfasst oder erst verspätet diagnostiziert

werden. Dabei kann SR durch die stufenweise Führung und dem Hervorheben von Schlüsselementen entgegenwirken. Folglich wird SR durch verschiedene Publikationen unterstützt, welche nachweislich zeigen, dass durch die Verwendung von SR, eine Reduzierung von entgangenen Pathologien erreicht werden kann [107, 114, 115]. Dies wird damit ermöglicht, dass der untersuchende oder befundende Arzt aufgrund der Entscheidungsgabelung eine Wahl treffen muss, vorausgesetzt dieser kann die anatomischen und pathologischen Strukturen deuten. Fehlt demnach anschließend ein Untersuchungsabschnitt oder Detail, erfolgt dies durch den Untersucher meist bewusst und ein schlichtes Vergessen dieser wird reduziert [77]. Bisweilen kann es vorkommen, dass seltene und komplexe Pathologien beschrieben werden müssen, welche im Vorfeld nicht mit dem „starren“ Gerüst der SR-Software abgedeckt werden [106, 110-112]. Für diesen Fall bieten SR-Vorlagen [108], ähnlich wie in dieser Arbeit, ein optionales Freitextmodul bei dem individuelle Ergänzungen getätigt werden können. Demzufolge könnte sich die Bearbeitungszeit verlängern und bedarf eventuell einer Hinzuziehung von erfahreneren Kollegen [71]. Nichtsdestotrotz konnte durch weitere Arbeitsgruppen aufgezeigt werden, dass SR und die damit verbundenen rigiden Befunderhebungsbedingung den Lernprozess der diagnostischen Befundung deutlich fördern [70, 71, 77, 135-137]. Darüber hinaus ermöglicht die systematische Führung durch essenzielle Inhalte und unter Verwendung von adäquater Terminologie, schließlich eine Verbesserung der ärztlichen Weiterbildung [136]. Folglich ist gerade zum Berufseinstieg eine qualitativ hochwertige SR-Befundvorlage von Vorteil und könnte eine omnipräsente Basis für sonographische Befunde mit hoher Gesamtbefundqualität bei jungen Ärzten darstellen. Gleichzeitig könnte hierdurch die Konsultation von erfahreneren oder leitenden Ärzten sowie telefonische Rückfragen mit zuweisenden Ärzten reduziert werden. Weitreichender bietet SR einen Optimierungsansatz für organisatorische und forensische Problematiken. Durch die Reduktion unvollständiger Befunde oder Form-Fehlern, kann SR durch eine eindeutige und klare Dokumentation die Freigabe von mangelhaften und problematischen Befunden vorbeugen. Gerade auch sprachliche Barrieren durch Nicht-Muttersprachler können durch SR umgangen und verbessert werden [75, 131, 138, 139]. Hierbei erlauben *SR-Templates* eine konstante und reproduzierbare Befundqualität unter Anwendung der geforderten Terminologie. Nicht zuletzt könnte eine Reduktion von Rückfragen und Korrekturarbeiten den klinischen Arbeitsprozess durch SR optimieren [70, 71, 77]. Dennoch zweifeln einige Anwender,

zumeist zuweisende Ärzte, an einer präzisen Befundung und Anwendung adäquater Terminologie bei SR [106, 140]. Diesbezüglich könnten wie bereits zuvor beschrieben, Befundungsschwerpunkte und eine einheitliche Terminologie primär vor Erstellung des *Templates* festgelegt und strukturelle Unklarheiten zwischen Untersucher und Zuweiser kommuniziert werden. Das könnte perspektivisch zu einer höheren Zufriedenheit führen, sowie Missverständnisse vermindern [71]. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass in Verbindung mit evidenzbasierter und fachmännischer Vorarbeit, damit eine präzise, vollständige und klar formulierte Vorlage erstellt werden kann, welche zusätzlich die vorgegebene Terminologie verwendet [71, 75, 136]

Darüber hinaus leidet die Sonographie meist als diagnostisches bildgebendes Verfahren unter einer geminderten Interrater-Reliabilität verglichen mit anderen diagnostischen Modalitäten wie der CT oder MRT-Untersuchung.

Für den Erhalt einer hohen diagnostischen Qualität bedarf es neben der bildgebenden Diagnostik einer adäquaten Befundung, denn für eine therapeutische Zielsetzung bilden Befunde in der Klinik die Grundlage und entscheiden häufig über das weitere Procedere von Patienten[64]. Durch den Einsatz von SR, konnte in diversen Studien gezeigt werden, dass die verbesserte Befundvergleichbarkeit die Interrater-Reliabilität signifikant steigern kann. Dabei zeigt die FTR eine geringfügige Intra- und Interrater-Reliabilität für die Vergleichbarkeit von Befunden und einer gleichbleibenden Befundqualität. Hierfür bietet SR einen hochwertigen Ansatz zur Optimierung einer gleichbleibenden Befundqualität bei guter Vergleichbarkeit [75, 100]. Dies könnte perspektivisch die Gewichtung der Kopf-Hals-Sonographie im klinischen Alltag verbessern und beispielsweise vermehrt bei interdisziplinären Tumorkonferenzen an Bedeutsamkeit gewinnen [57].

Weitreichender zeigt sich der strukturierte und standardisierte Befunderhebungsalgorithmus mit Verwendung von ausgewählter Terminologie potenziell arbeitserleichternd, sowie bietet er eine gute Basis zur fachlichen Weiterbildung. Darüber hinaus wird der gewöhnliche klinische Standard „*standard operating procedure* (SOP)“ wie auch die allgemein und aktuell geltende Leitlinie in höchster Qualität dargestellt [106]. SR bestärkt gleichzeitig durch die Implementierung von Fach-Leitlinien eine zunehmende Präsenz von evidenzbasierter Medizin [141], welches sich bedeutsam in großen Big Data-Analysen zeigen kann (siehe Kapitel 2.4) [27, 75, 100, 114, 115]. An diesem Punkt erlauben vollständige und gut vergleichbare SR Befunde das Sammeln von großen Datenmengen mittels

Informationsextraktionsprogramme, damit können schließlich neue Erkenntnisse hervorgebracht werden, welche am Beispiel der Kopf-Hals-Sonographie die klinische Bedeutsamkeit steigern könnten und gegebenenfalls den Einsatz von kostenreicheren diagnostischen Modalitäten vermindern. Im Falle der CT-Diagnostik und Röntgendiagnostik könnte zusätzlich die Strahlenbelastung in Summe reduziert werden.

Eine weitere zu berücksichtigende Entwicklung ist die exponentielle Anflutung medizinischer Subspezialisierungen und immer kleiner werdende Kreisen von Fachexperten. Damit wird auf kurz oder lang eine regionale Abdeckung des kompletten Spektrums von evidenzbasierter und qualitativ hochwertiger Medizin perspektivisch nicht mehr leistbar sein. Durch den Verlust der Ganzheitlichkeit bedarf es an Lösungen zum Erhalt der uns gewohnten flächendeckenden und evidenzbasierten medizinischen Versorgung [142]. Des Weiteren erlaubt der nationale und internationale Ausbau von telemedizinischen Anbindungen den weitreichenden Einzug von SR und fördert den Erhalt dieser. Um flächendeckend eine qualitativ hochwertige, fachärztliche Versorgung zu gewährleisten, medizinische Sachverhalte oder Dienstleistungen zu vermitteln sowie die Qualität, Wirtschaftlichkeit und Transparenz der medizinischen Versorgung zu verbessern, wird die Telemedizin als entscheidender Lösungsansatz der demographischen Herausforderung gesehen [143]. Dabei kann SR als elektronische und zuverlässige Modalität mit sehr hoher Gesamtbefund-Qualität einen bedeutenden Beitrag zur überregionalen Patientenversorgung leisten. Zugleich könnte SR eine internationale Konsultation auch in Fremdsprachen ermöglichen. Durch die Hinterlegung von semantischen Sätzen im Entscheidungsbaum in mehreren Sprachen erlaubt SR mittels eines Klicks deren direkte Übersetzung. Damit wäre das Risiko einer nicht adäquaten Befundung durch mangelnder sprachlicher Kenntnis reduziert und eine telemedizinische Beantwortung von spezifischen Fragestellungen möglich [93, 138, 144]. Dadurch wäre in unserer heutigen Zeit der angestrebten Globalisierung eine Befundung grenzüberschreitend möglich und eine flächendeckende Anwendung von SR könnte somit die internationale medizinische Kommunikation signifikant verbessern. Außerdem ergibt sich zusätzlich ein Nutzen für migrierte Ärzte oder Patienten mit bestehender Sprachbarriere. Eine direkte Übersetzung in ihre Muttersprache, könnte

die Rate von Verständnisproblemen eindämmen sowie eine Hinzuziehung von medizinischen Dolmetscher reduzieren.

Besonders wichtig scheint der Faktor Zeit im klinischen Alltag. Häufig entscheiden wenige Augenblicke über Erfolg oder Misserfolg einer Therapie. Zusätzlich steigt der Arbeitsdruck für Ärzte in den letzten Jahren erheblich an und zunehmend komplexer werdende Patientenbilder müssen in einer immer kürzer werdenden Zeit behandelt werden [36]. Es zeigt sich eine existenzielle Notwendigkeit zu einer Verbesserung des Zeitmanagements, die durch potenziell sinkenden Zeitdruck ein erhöhtes Wohlbefinden der Klinikmitarbeiter und positive Auswirkungen der Produktivität herbeiführen kann [37]. Zusätzlich erlauben kürzere Arbeitsschritte einen höheren Durchsatz von Patienten, die bei den allgegenwärtig bekannten Wartezeiten wünschenswert erscheinen. Demnach erfolgte die Untersuchung der Befundungszeit wie in Kapitel 3.8 beschrieben. Während andere Studien zeigen konnten, dass strukturierte Befunderhebungen tendenziell zeitsparender sind, wiesen unsere Daten darauf hin, dass, verglichen zum Freitext-Befund, eine verlängerte Zeit für die Fertigstellung des Berichts beansprucht wurde [59, 107, 130]. Die durchschnittliche Zeit zur Befundfertigstellung von SR präsentiert sich mit 176,5 Sekunden, im Vergleich zu FTR (107,3 Sekunden), signifikant erhöht ($p < 0,001$). Grund hierfür könnte die klinische Routine und Mehrererfahrung mit FTR sein, welche üblicherweise zum Zeitpunkt der Datenerhebung in der Abteilung für Hals-, Nasen-, Ohrenheilkunde der Universitätsmedizin Mainz standardmäßig Anwendung fand. Besonders erfahrene und routinierte Fachärzte, die seit dem Berufseinstieg ausschließlich mit FTR arbeiten, entwickeln mit den Jahren eigene schnelle und effiziente Herangehensweisen zur Beschleunigung des Arbeitsprozesses [127]. Alle teilnehmenden Untersucher dieser Arbeit waren bereits in der FTR routiniert und verfügten über maßgebliche Vorerfahrungen mit FTR. Dementsprechend scheint es naheliegend, dass eine Verzerrung durch die Vorerfahrung mit FTR bestehen könnte und hierdurch eine verbesserte zeitliche Effizienz einhergeht [127]. Darüber hinaus ist primär ein Routinewechsel oder die Einführung von neuen Arbeitsabläufen häufig mit einem höheren Arbeitsaufwand verbunden und die neue Befundungsmodalität SR führte ebenso zu einer strukturellen Änderung der gewohnten Befundungsroutine. Ferner erscheint es plausibel, dass zu Beginn einer Änderung des geltenden Standards ein erhöhter zeitlicher Aufwand hinzukommt [61]. Selbstverständlich wäre es

überlegungswert, dass die Etablierung bzw. die Änderung des Standards durch eine neue Modalität anfangs auf Widerstand treffen wird und im Fall von SR eine Präferenz für FTR bestehen bleibt. Dennoch konnten die Ergebnisse dieser Arbeit wie auch diverse Arbeitsgruppen dies widerlegen [112, 125, 145]. Plausible Gründe für die Erleichterung der klinischen Arbeit mit SR könnten in den vorformulierten und redundanten Strukturen der Befundvorlage liegen [146]. Damit kann die Zeit zur Erstellung einer adäquaten Befundstruktur, die Auswahl der richtigen Terminologie und die Wahl des zu übermittelnden Inhalts reduziert werden. Gerade Ärzte mit wenig Dokumentationserfahrung profitieren von der verbesserten zeitlichen Effizienz. Nach anfänglicher Gewöhnungszeit einer festen Befundungsroutine, sowie dem stetigen Optimierungspotential des Befundungstemplates, ist zusammenfassend zumindest ein äquivalenter Zeitaufwand bei der Nutzung von SR gegenüber FTR zu erwarten.

In Abb. 16 und Abb. 19 wird die durchschnittliche Befundungszeit und die durchschnittlich erreichte Gesamtbefundqualität des jeweiligen Weiterbildungsstandes dargestellt. Hierbei zeigt sich, dass Ärzte im 4.-5. WBJ im Durchschnitt 131 Sekunden länger Zeit für die Befundung mit SR brauchten. Bei den Ärzten im 1.-3. WBJ waren es lediglich 57 Sekunden. Dies deutet darauf hin, dass eine große Routine einen vermehrten Arbeitsaufwand zur Umgewöhnung nach sich zieht und dieser Mehraufwand mit einer Verlängerung der Befundungszeit einhergeht. Weitreichender stellte Abb. 19 sowohl in SR als auch in FTR einen gleichbleibenden Unterschied der Gesamtbefundqualität von 3,1% dar. Demnach erreicht die Gruppe WBJ 1-3, mit einer geringeren Routine, schneller eine annähernd ähnliche Gesamtbefundqualität in einer deutlich kürzeren Zeit.

Dabei ist zu erwähnen, dass wie in Abb. 12 dargestellt, keine äquivalenten Weiterbildungsgruppen zu jedem Zeitpunkt verglichen werden konnten. Dennoch zeigt sich wie in Abb. 20 dargestellt eine nicht signifikante Differenz zwischen der Vergleichsgruppe mit gleichem und ungleichem Weiterbildungsstand, sodass davon ausgegangen werden kann, dass dies keinen großen Effekt auf die Vollständigkeit hat. Dies müsste jedoch speziell in weiteren Studien beantwortet werden.

Die Hypothese, dass Ärzte ohne nennenswerte Erfahrung mit FTR bzw. mit geringer Befundungsroutine oder gar Studierende von SR profitieren, wurde in den folgenden Studien fortführend untersucht [59, 71, 72, 77, 107, 130]. Etablierung von SR bereits im Medizinstudium oder in den frühen Abschnitten der fachärztlichen Weiterbildung

erlauben eine überlegene zeitliche Effizienz für SR in allen Ausbildungsabschnitten und erreichen eine ähnlich hohe Befundqualität [71, 72, 77]. Diese Tendenz deckt sich mit den Daten dieser Arbeit (siehe Abb. 19). Gleichzeitig konnte in diversen anderen Arbeiten ein Zeitersparnis für SR nachgewiesen werden [59, 107, 130]. Die Ergebnisse dieser Studien zeigten deutlich, dass die tendenziell unerfahreneren Untersucher mit der geringsten Befundungsvorerfahrung zu Beginn der Datenerhebung vollständiger Befunde mit signifikant verbesserter zeitlicher Effizienz erstellten [71, 77]. Dennoch beschränkt sich die zeitliche Effizienz nicht nur auf sonographische Untersucher zu Beginn ihrer Karriere. Sluijter et al. zeigten in ihrer Arbeit, dass anfängliche Verlängerung der Befundungszeit mittelfristig durch Verbesserungen der Arbeitsabläufe und zunehmender Routine ausgeglichen werden können [127]. Demnach wären SR der Kopf-Hals-Sonographie mittelfristig zeitlich effizienter als die übliche Praxis mit FTR. Dies muss jedoch in zukünftigen Studien überprüft werden.

Wichtig ist zu erwähnen, dass, wie bereits in anderen Studiengruppen dargestellt, ein signifikanter Zusammenhang zwischen Befundungszeit und Komplexität der vorliegenden Pathologie besteht [125].

Im Rahmen des klinischen Alltags scheint SR insbesondere bei häufig auftretenden Pathologien eindeutige Vorteile zu bieten. Diese finden sich in der Regel im Entscheidungsbaum wieder und können anschließend unmittelbar zur Gesamtbefundqualität beitragen. Im Zeitalter von zunehmend höherwertigen Sonographiegeräten steigt gleichermaßen die Informationsdichte einer sonographischen Untersuchung. Dies ermöglicht einen immer detailreicheren Einblick auf die Pathologien und erlaubt eine detailliertere Differenzierung. Während unauffällige oder häufige Pathologien in SR schnell befundet werden können, beanspruchen komplexere und seltene Pathologien vermehrt Zeit zur Befunderstellung, was in der erhöhten Anzahl von relevanten Entscheidungselementen im *SR-Template* begründet sein könnte. Ferner ist die zusätzliche Nutzungsnotwendigkeit von Freitextelementen zeitaufwändig, wenn nicht sogar das zeitaufwändigste Kriterium zur Erstellung eines vollständigen SR [99, 112]. Im Falle eines „Normalbefundes“ kann wiederum innerhalb weniger Sekunden ein Befund mit sehr hoher Gesamtbefundqualität durch das digitale *Template* erstellt werden.

Ebenfalls wichtig für die zeitliche Gegenüberstellung ist das gewählte FTR-Format. In dieser Arbeit ist FTR eine DIN A4 Vorlage (siehe Abb. 5), welche an den Voraussetzungen der DEGUM für Kopf-Hals-Sonographie [64] angelehnt ist und hauptsächlich mit Stichwörtern ausgefüllt wird. Wird hingegen ein vollständiger Volltextbefund zu einem späteren Zeitpunkt gefordert, muss dieser eventuell nach mehreren Wochen oder Monaten mit Hilfe der stichpunktartigen Dokumentation und gegebenenfalls unter Einbußen der Qualität formuliert werden. Verglichen mit SR, wäre demnach ein zweizeitiger Arbeitsaufwand nötig, der erneut Bearbeitungszeit beansprucht und gegebenenfalls unvollständig freigegeben wird. Im Falle der Sonographie wäre ein Verlust an Informationen tragisch, da die Bilddokumentation wie zuvor beschrieben eine Momentaufnahme der dynamischen Untersuchung darstellt und der Patient bereits entlassen sein kann. Somit wäre ein erneutes Hinzuziehen des Patienten erforderlich und entsprechend zeitaufwändig.

Weiter ist zu bedenken, dass im Laufe der sonographischen Ausbildung der Fokus auf die diagnostische Untersuchungsdurchführung gesetzt und weniger die Interpretation und deren adäquate Befundung ausgebildet wird. Des Weiteren erfolgt die Aneignung einer adäquaten Befundung häufig im laufenden Klinikbetrieb. Demzufolge liegt der Gedanke nicht fern, dass unerfahrenen Ärzten die Befundung schwerfallen kann sowie folglich eine qualitativ inadäquate Befundung mit unzureichender Qualität erhoben wird [90, 137]. Wiederum sollte in Betracht gezogen werden, dass Untersucher mit mangelnden fachlichen Befundungskennnissen durch SR einem Motivationseinbruch für individuelle Befundung erleiden können. Der Anwender von SR müsste sich im Voraus nicht erheblich mit dieser beschäftigen, da das *Template* alle geforderten Befundungsvoraussetzungen vorgibt. Daraus könnte geschlossen werden, dass sich die Anwender nicht weiter mit der Befundung auseinandersetzen und lediglich den Entscheidungsbaum abarbeiten, welches den individuellen Druck zur Selbstedukation mindern könnte. Des Weiteren würde ein Erfahrungsgewinn durch Korrekturen fortgeschrittenerer Kollegen und die Übermittlung ihres individuellen Befundungsstiles wegfallen. Im Gegensatz dazu wäre jedoch eine frühestmögliche Konfrontation mit Befunden von sehr hoher Befundqualität ein guter Führungsanker für junge Ärzte und, wie bereits oben aufgeführt, unterstützt das starre Gerüst von SR den Lernprozess ebenjener [70, 71, 77, 135-137]. Additiv könnte eine Implementierung von Fachliteratur in den jeweiligen SR-Plattformen sowie eine spezifische fachliche Erläuterung der einzelnen Auswahlmöglichkeiten im Entscheidungsbaum die Arbeitszeit sowie eine

zusätzliche Konsultation von erfahrenen oder leitenden Ärzten reduzieren und einer Befundungsunsicherheit vorbeugen. Letztlich könnte dies den Lernprozess junger Ärzte unterstützen.

Wie in Abb. 21 dargestellt, erwies sich bei der Erhebung der Benutzerzufriedenheit eine signifikante Präferenz für SR. Hierbei sprachen sich die Teilnehmer positiv für die Sinnhaftigkeit, der klinischen Alltagsnutzung, der Verbesserung der Befundung und für das Erlernen der Sonographie aus. Dies deckt sich überwiegend mit der Literatur [46, 64, 99, 106, 114]. Obwohl die Befundungszeit, wie zuvor ausführlich besprochen, signifikant zunahm, hielten die Teilnehmer dies, unter Berücksichtigung der Gesamtqualität, als gerechtfertigt. Auch wenn der persönliche Stil [59] des einzelnen Untersuchers an Gewichtung verliert ist ein Fortführen des persönlichen Stils mit dem Patientenwohl aufzuwiegen. Diverse Studien zeigen hierbei, dass durch die signifikante Verbesserung der Befundqualität das Patienten-*outcome* und -management deutlich verbessert werden kann [147]. Dies wird zusätzlich durch die stärkere Berücksichtigung von Leitlinien und die Adhärenz zur Evidenz-basierten Medizin erreicht [61, 136]. Auch in anderen Bereichen der Medizin findet sich ebenfalls eine deutliche Verbesserung des Patienten-*outcomes*. Beispielsweise im Fachbereich der Pathologie führte die Implementierung von SR zu einer signifikant positiven Auswirkung auf die Gabe von adjuvanten Chemotherapien. Dies wird durch reproduzierbar vollständigeren und qualitativ hochwertigen SR erreicht [147].

Nicht zuletzt bringen Entwicklungen von SR-Vorlagen finanzielle Hürden mit sich, welche durch die Endverbraucher mitgetragen werden müssen. Demnach erscheint es plausibel, dass primär nicht jeder niedergelassene Hals-, Nasen-, Ohrenarzt in eine teure Befundungsvorlage investieren wird, erst recht nicht, wenn nur unregelmäßig sonographische Untersuchungen durchgeführt und diese zudem unterdurchschnittlich vergütet werden. Vielmehr könnten große Kliniken mit einem hohen Volumen an sonographischen Untersuchungen oder Lehrkliniken mit einem Ausbildungsauftrag durch die zuvor erläuterten positiven Punkten SR-Lösungen etablieren. Langfristig muss durch zukünftige Studien eine Kosten-Nutzen-Analyse für kleinere Praxen für Hals-, Nasen-, Ohrenheilkunde erhoben werden, bei denen die zu zahlenden Fixkosten für das *Template* mit den zuvor beschriebenen positiven Punkten verglichen werden. Hierfür könnten beispielsweise Untersuchungen darüber stattfinden, ob die

eingesparte Zeit durch SR anschließend einen höheren Tagesumsatz schafft und in Summe sich die Verwendung von digitalen *Templates* als „profitabel“ herausstellt. Ebenso könnte sich die Zahl der Zuweisungen durch die hohe und zuverlässige Gesamtbefundqualität erhöhen und einen wirtschaftlichen Einsatz von SR bewirken. Daraus resultiert, wie bereits im Vorangegangenen erörtert, eine Reduzierung von Rückfragen und Befundkorrekturen, wie auch der Hinzuziehung erfahrenerer ärztlicher Kollegen, sodass zweizeitige Befundüberarbeitungen vermindert werden können [70, 71, 77]. Zusätzlich würde die Integration von SR in bereits bestehenden medizinischen Informationssystemen den nächsten Grundstein für eine Etablierung digitaler SR-*Templates* ermöglichen [148]. In Summe wäre ein positiv zeitlicher und wirtschaftlicher Effekt zu erwarten.

Zusammenfassend resultiert, in Anbetracht der Ergebnisse dieser Arbeit und der gegenwertigen Literatur, eine Überlegenheit von SR gegenüber FTR [30, 31, 88, 89, 93, 101-103]. Insofern ist die Entwicklung von digitalen SR-*Templates* für weitere Befundungsmodalitäten der Sonographie denkbar. Zusätzlich könnte SR für die Erstellung weiterer ärztlicher Dokumentationen, beispielsweise Operationsberichten, Patientenanamnesen oder Dokumentationen interventioneller Eingriffe eingesetzt werden und schließlich den immer größer werdenden Dokumentationsaufwand entgegenwirken [37].

Revolutionärer könnten schließlich die Erkenntnisse der großen *Big Data Mining* Analysen sein. Wie in Kapitel 2.4 vorgestellt, versprechen sich die Forschungsgruppen eine Verbesserung der Behandlungs- und Versorgungsqualität von Patienten [78]. Hierbei könnte, übereinstimmend mit den Daten dieser Arbeit, SR maßgeblich bei der Sammlung der großen Datenmengen unterstützen [27, 75, 100, 114, 115] und konkret eine Reduktion von überflüssiger Diagnostik und Therapie erreichen. Ferner werden Kostenersparnisse des Gesundheitssystems, schnellere und effizientere Patientenbehandlungen und ein frühzeitiges Erkennen von Erkrankungen durch das Hervorheben nicht offensichtlicher Verknüpfungen erwartet [83, 84]. Abschließend wäre eine direkte Einspeisung der SR-Daten in große strukturierte Datenspeicherungselementen als Höhepunkt der strukturierten Befundung denkbar [72].

6 Zusammenfassung

Ultraschalluntersuchungen der Kopf- und Halsweichteile nehmen heute einen festen Bestandteil der klinischen Diagnostik ein [1] und finden standardmäßig im Fachbereich der Hals-, Nasen-, Ohrenheilkunde ihre Verwendung [2-5]. Insofern bedingt der Einsatz der Sonographie eine anschließende Dokumentation der Untersuchungen, welche nach weit verbreiteter Praxis regelhaft als Freitextbefunde (FTR) erfolgen [27]. Dabei ist die zentrale Bedeutung der Dokumentation in den entsprechenden juristischen Gesetzestexten der Dokumentationspflicht für Ärzte verankert [22, 149]. Aufgrund der immer weiter steigenden Arbeitsverdichtung sowie komplexer werdenden Krankheitsbildern [36], sowie einem stets zunehmenden Anstieg bürokratischer Aufgaben [37] gab es bereits frühzeitig Bestrebungen zur Vereinheitlichung von Befunden, um einen optimalen und effizienten diagnostischen Standard zu definieren [87]. Diesbezüglich plädierten verschiedene Fachgesellschaften für den Einsatz einer strukturierten Befunderhebung (SR). Im Hinblick auf eine Verbesserung der Befundqualität, Befundvergleichbarkeit und deren Detaillierung soll SR eine Überlegenheit gegenüber FTR bieten und gleichzeitig zeitlich effizienter sein [30, 31, 88].

In dieser Arbeit sollte der Einsatz von SR in der Kopf-Hals-Sonographie untersucht werden. Ziel war es, den Einfluss eines digitalen *Templates* auf die Befundqualität und Befundlesbarkeit zu untersuchen und infolgedessen zu analysieren, ob ein zeitlicher Mehraufwand, sofern dieser vorliegt, gerechtfertigt ist.

In der Literatur fanden sich erste Untersuchungen von SR in verschiedensten Anwendungsgebieten [63, 73, 93, 99, 106, 114-119]. Allerdings fehlte bis zum Zeitpunkt der Datenerhebung dieser Arbeit die Untersuchung von SR im Rahmen der Kopf-Hals-Sonographie. Übereinstimmend mit der Literatur zeigten die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit mittels SR eine signifikante Verbesserung der Vollständigkeit, Lesbarkeit und Detailliertheit für Sonographieuntersuchungen der Halsweichteile. Ferner erfolgte die konsequente Anwendung der korrekten Terminologie. Die Analyse der Benutzerzufriedenheit ergab eine deutliche Präferenz von SR im klinischen Alltag der Hals-, Nasen-, Ohrenheilkunde.

Eine zeitliche Effizienz konnte aus den Ergebnissen dieser Arbeit nicht abgeleitet werden, dennoch bewerteten die teilnehmenden Untersucher den zeitlichen Mehraufwand als gerechtfertigt. Dies steht im Einklang mit der deutlich höheren Befundvollständigkeit, für die der zeitliche Mehraufwand gerechtfertigt erscheint. Damit konnte gezeigt werden, dass eine Etablierung von SR zu einer Verbesserung der Gesamtbefundqualität führt und schließlich zur Optimierung der ärztlichen Dokumentation beiträgt.

Prospektives Ziel wäre, speziell mit der Frage zur zeitlichen Effizienz, die Untersuchung der longitudinalen Anwendung von SR in der Kopf-Hals-Sonographie, sowie eine Kosten-Nutzen-Analyse für niedergelassene Ärzte der Hals-, Nasen-, Ohrenheilkunde interessant und untersuchungswert.

7 Literaturverzeichnis

1. Strunk, P.D.H., D.B. Frenzel-Beyme, and D.G. Stuckmann. *Geschichte der diagnostischen Sonographie*. 2021 [cited 2021 13.03.]; Available from: <https://www.degum.de/degum/historie-museum/geschichte-der-diagnostischen-sonographie.html>.
2. Kunzel, J., A. Bozzato, and S. Strieth, [Follow-up ultrasound of head and neck cancer]. *Hno*, 2017. **65**(11): p. 939-952.
3. Adibelli, Z.H., et al., *Differentiation of benign and malignant cervical lymph nodes: value of B-mode and color Doppler sonography*. *Eur J Radiol*, 1998. **28**(3): p. 230-4.
4. Bialek, E.J., et al., *US of the major salivary glands: anatomy and spatial relationships, pathologic conditions, and pitfalls*. *Radiographics*, 2006. **26**(3): p. 745-63.
5. Moshtaghi, O., et al., *The Role of In-Office Ultrasound in the Diagnosis of Neck Masses*. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 2017. **157**(1): p. 58-61.
6. Jecker, P. and B. Frenzel-Beyme, *Zur Geschichte der Kopf-Halssonographie*. *Laryngo-Rhino-Otologie*, 2002. **81**(12): p. 900-905.
7. Delorme, S., J.P. Debus, and K.-V. Jenderka, *Teil A*, in *Duale Reihe Sonografie*, S. Delorme, J.P. Debus, and K.-V. Jenderka, Editors. 2012, Georg Thieme Verlag.
8. Kaps, M., et al., *Physikalische und technische Grundlagen der Ultraschallanwendung*, in *Sonografie in der Neurologie*, M. Kaps, et al., Editors. 2016, Georg Thieme Verlag.
9. Frey, H., et al., *Grundkurs*, in *Kursbuch Dopplersonografie in Gynäkologie und Geburtshilfe*, C. Sohn, et al., Editors. 2018, Georg Thieme Verlag.
10. van Kaick, G., et al., *Grundkurs*, in *Kursbuch Ultraschall*, G. Schmidt and C. Görg, Editors. 2015, Georg Thieme Verlag.
11. Delorme, S., J.P. Debus, and K.-V. Jenderka, *Schnupperkurs Doppler-Sonografie*, in *Duale Reihe Sonografie*, S. Delorme, J.P. Debus, and K.-V. Jenderka, Editors. 2012, Georg Thieme Verlag.
12. Frey, H., *CW-Dopplersysteme*, in *Kursbuch Dopplersonografie in Gynäkologie und Geburtshilfe*, C. Sohn, et al., Editors. 2018, Georg Thieme Verlag.
13. Stein, J. and C. Martin, *CW-Doppler*, in *Kursbuch Ultraschall*, G. Schmidt and C. Görg, Editors. 2015, Georg Thieme Verlag.
14. Heyduck, A., P. Jecker, and A. Bozzato, *Deutschlandweite Umfrage zur Wertigkeit der Ultraschalldiagnostik im Kopf-Hals-Bereich*. *Laryngo-Rhino-Otologie*, 2018. **97**(06): p. 392-397.
15. Fruth, K., *Stellenwert der Ultraschalluntersuchung in der HNO einschließlich intraoperativer Sonographie*. *HNO*, 2011. **59**(2): p. 131-138.
16. Zulfiqar, M., et al., *Diagnostic Approach to Benign and Malignant Calcifications in the Abdomen and Pelvis*. *Radiographics*, 2020. **40**(3): p. 731-753.
17. Sigrist, R.M.S., et al., *Ultrasound Elastography: Review of Techniques and Clinical Applications*. *Theranostics*, 2017. **7**(5): p. 1303-1329.
18. Sahlani, L., et al., *Bedside ultrasound procedures: musculoskeletal and non-musculoskeletal*. *Eur J Trauma Emerg Surg*, 2016. **42**(2): p. 127-38.
19. Montoya, J., et al., *From FAST to E-FAST: an overview of the evolution of ultrasound-based traumatic injury assessment*. *Eur J Trauma Emerg Surg*, 2016. **42**(2): p. 119-26.
20. Abinader, R. and S.L. Warsof, *Benefits and Pitfalls of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology*. *Obstet Gynecol Clin North Am*, 2019. **46**(2): p. 367-378.
21. Die Kassenärztliche Bundesvereinigung, K.d.o.R., Berlin. *Bundesmantelvertrag – Ärzte*. 2022 [cited 2022 24.03.]; Available from: <https://www.kbv.de/media/sp/BMV-Aerzte.pdf>.
22. Bundesvereinigung, K. *Vereinbarung von Qualitätssicherungsmaßnahmen nach § 135 Abs. 2 SGB V zur Ultraschalldiagnostik (Ultraschall-Vereinbarung)*. 2008 01.10.2021

- [cited 2022 23.03.]; Available from: <https://www.kbv.de/media/sp/Ultraschallvereinbarung.pdf>.
23. Hackländer, T., [Structured reporting in radiology]. *Radiologe*, 2013. **53**(7): p. 613-7.
 24. Redmann, A.J., et al., *Does Surgical Volume and Complexity Affect Cost and Mortality in Otolaryngology-Head and Neck Surgery?* *Otolaryngol Head Neck Surg*, 2019. **161**(4): p. 629-634.
 25. Köbberling, J., *Economic Pressure in Hospitals*. *Dtsch Arztebl Int*, 2017. **114**(47): p. 795-796.
 26. James D. Brierley, M.K.G., Christian Wittekind, *TNM Classification of Malignant Tumours, 8th Edition*. 2016: Wiley-Blackwell.
 27. Pinto Dos Santos, D. and B. Baessler, *Big data, artificial intelligence, and structured reporting*. *Eur Radiol Exp*, 2018. **2**(1): p. 42.
 28. Hassanpour, S. and C.P. Langlotz, *Unsupervised Topic Modeling in a Large Free Text Radiology Report Repository*. *J Digit Imaging*, 2016. **29**(1): p. 59-62.
 29. Köbberling, J., *Economic Pressure in Hospitals*. *Dtsch Arztebl International*, 2017. **114**(47): p. 795-796.
 30. European Society of, R., *Good practice for radiological reporting. Guidelines from the European Society of Radiology (ESR)*. *Insights Imaging*, 2011. **2**(2): p. 93-96.
 31. Dunnick, N.R. and C.P. Langlotz, *The radiology report of the future: a summary of the 2007 Intersociety Conference*. *J Am Coll Radiol*, 2008. **5**(5): p. 626-9.
 32. Langlotz, C.P., *RadLex: a new method for indexing online educational materials*. *Radiographics*, 2006. **26**(6): p. 1595-7.
 33. Morgan, T.A., M.E. Helibrun, and C.E. Kahn, Jr., *Reporting initiative of the Radiological Society of North America: progress and new directions*. *Radiology*, 2014. **273**(3): p. 642-5.
 34. Branstetter, B.F., *Practical Imaging Informatics. Foundations and Applications for PACS Professionals*. Vol. 1 ed. 2010: Springer-Verlag New York. 456.
 35. Nobel, J.M., E.M. Kok, and S.G.F. Robben, *Redefining the structure of structured reporting in radiology*. *Insights Imaging*, 2020. **11**(1): p. 10.
 36. Gordon, C.E. and S.C. Borkan, *Recapturing time: a practical approach to time management for physicians*. *Postgrad Med J*, 2014. **90**(1063): p. 267-72.
 37. Pitre, C., et al., *Physician Time Management*. *MedEdPORTAL*, 2018. **14**: p. 10681.
 38. al., G.G.v.W.e. *Sonografie*. [Webseite] 2022 [cited 2022 05.01.]; Available from: <https://flexikon.doccheck.com/de/Sonografie>.
 39. (KBV), K.B. *ULTRASCHALLDIAGNOSTIK*. [Webseite] 2022 [cited 2022 22.03.]; Available from: <https://www.kbv.de/html/ultraschall.php>.
 40. Baumgartner, R.W., [History of neurovascular ultrasonography]. *Ther Umsch*, 1997. **54**(1): p. 24-30.
 41. Frentzel-Beyme, B. *Die Geschichte der Ultraschalldiagnostik*. [Webseite] 2022 [cited 2022 22.03.]; Available from: <https://www.ultraschallmuseum.de/index.php?link=120>.
 42. al., H.S.e. *Geschichte des diagnostischen Ultraschalls*. [Webseite] 2022 [cited 2022 22.03.]; Available from: <https://www.degum.de/aktivitaeten/museum.html>.
 43. Seitz, K., [Abdominal ultrasound: clinically important and relevant for the future]. *Ultraschall Med*, 2011. **32**(6): p. 543-6.
 44. Wolf, R., et al., *Undergraduate ultrasound education at German-speaking medical faculties: a survey*. *GMS J Med Educ*, 2019. **36**(4): p. Doc34.
 45. Welle, R., T. Seufferlein, and W. Kratzer, [Current state of under- and postgraduate education in abdominal ultrasonography at German university hospitals. A panel study over 20 years]. *Z Gastroenterol*, 2021. **59**(3): p. 225-240.
 46. Weimer, J.M., et al., [Sonographic diagnostics in the head and neck area, part 2 - transcervical sonography]. *Laryngorhinootologie*, 2022. **101**(2): p. 156-175.
 47. Kloth, C., et al., *Ultrasound 2020 - Diagnostics & Therapy: On the Way to Multimodal Ultrasound: Contrast-Enhanced Ultrasound (CEUS), Microvascular Doppler Techniques, Fusion Imaging, Sonoelastography, Interventional Sonography*. *Rofo*, 2021. **193**(1): p. 23-32.

48. Lee, M.W., *Fusion imaging of real-time ultrasonography with CT or MRI for hepatic intervention*. *Ultrasonography*, 2014. **33**(4): p. 227-39.
49. Goeral, K., et al., *Microvessel ultrasound of neonatal brain parenchyma: feasibility, reproducibility, and normal imaging features by superb microvascular imaging (SMI)*. *Eur Radiol*, 2019. **29**(4): p. 2127-2136.
50. Mann, W., *Geschichte der Ultraschalldiagnostik im Kopf-Hals-Bereich*. *HNO*, 2011. **59**(2): p. 128-130.
51. GmbH, C.M.S. *Lymphknoten im Ultraschall: Präzision im Submillimeterbereich*. 2016 [cited 2023 07.08.]; Available from: <https://de.medical.canon/wp-content/uploads/sites/15/2016/11/vip-post024-42-43.pdf>.
52. United Medical Instruments, I.U. *Philips EPIQ 5 Ultrasound*. 2020 [cited 2023 07.08.]; Available from: <https://www.umiultrasound.com/ultrasound-machine/by-manufacturer/philips-ultrasound/philips-epiq-5/>.
53. Bundesärztekammer. *(Muster-)Weiterbildungsordnung 2018*. 2018 [cited 2022 26.06.]; Available from: <https://www.bundesaerztekammer.de/aerzte/aus-weiterfortbildung/weiterbildung/muster-weiterbildungsordnung/>.
54. Heyduck, A., P. Jecker, and A. Bozzato, *[A german-wide inquiry about the significance of ultrasound in the head and neck area]*. *Laryngorhinootologie*, 2018. **97**(6): p. 392-397.
55. Bundesärztekammer. *(Muster-)Berufsordnung für die in Deutschland tätigen Ärztinnen und Ärzte – MBO-Ä 1997 –*) in der Fassung des Beschlusses des 124. Deutschen Ärztetages vom 5. Mai 2021 in Berlin*. 1997 Fassung vom 05.05.2021 [cited 2022 24.02.]; Available from: https://www.bundesaerztekammer.de/fileadmin/user_upload/downloads/pdf-Ordner/Recht/ Bek_BAEK_MBO-AE_Online_final.pdf.
56. Landesärztekammer, B. *Dokumentationspflicht im Allgemeinen (BO)*. 2022 [cited 2022 24.03.]; Available from: <https://www.blaek.de/arzt-und-recht/dokumentationen>.
57. Künzel, J., et al., *[Quality in the appraisal of head and neck sonography results in university hospitals-a random sample]*. *Hno*, 2021. **69**(11): p. 907-912.
58. Gagliardi, R.A., *The evolution of the X-ray report*. *AJR Am J Roentgenol*, 1995. **164**(2): p. 501-2.
59. Bosmans, J.M., et al., *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**(3): p. 295-302.
60. Reiner, B. and E. Siegel, *Radiology reporting: returning to our image-centric roots*. *AJR Am J Roentgenol*, 2006. **187**(5): p. 1151-5.
61. Reiner, B.I., *The challenges, opportunities, and imperative of structured reporting in medical imaging*. *J Digit Imaging*, 2009. **22**(6): p. 562-8.
62. Reiner, B.I., N. Knight, and E.L. Siegel, *Radiology reporting, past, present, and future: the radiologist's perspective*. *J Am Coll Radiol*, 2007. **4**(5): p. 313-9.
63. Schoppe, F., et al., *Structured reporting of x-rays for atraumatic shoulder pain: advantages over free text?* *BMC Med Imaging*, 2018. **18**(1): p. 20.
64. Künzel, J., et al., *Musterbefund zur sonografischen Diagnostik im Kopf-Hals-Bereich (Sektion Kopf-Hals der DEGUM)*. *Ultraschall in der Medizin - European Journal of Ultrasound, (EFirst)*.
65. Leeming, B.W., et al., *Computerized radiologic reporting with voice data-entry*. *Radiology*, 1981. **138**(3): p. 585-8.
66. Motyer, R.E., et al., *Frequency and analysis of non-clinical errors made in radiology reports using the National Integrated Medical Imaging System voice recognition dictation software*. *Ir J Med Sci*, 2016. **185**(4): p. 921-927.
67. Robbins, A.H., et al., *Speech-controlled generation of radiology reports*. *Radiology*, 1987. **164**(2): p. 569-73.
68. Fox, M.A., C.J. Aschkenasi, and A. Kalyanpur, *Voice recognition is here comma like it or not period*. *Indian J Radiol Imaging*, 2013. **23**(3): p. 191-4.
69. Schwartz, L.H., et al., *Voice recognition in radiology reporting*. *AJR Am J Roentgenol*, 1997. **169**(1): p. 27-9.

70. Ernst, B.P., et al., *Structured reporting of head and neck ultrasound examinations*. BMC Med Imaging, 2019. **19**(1): p. 25.
71. Ernst, B.P., et al., *Impact of structured reporting on developing head and neck ultrasound skills*. BMC Med Educ, 2019. **19**(1): p. 102.
72. Ernst, B.P., et al., *Evaluation of optimal education level to implement structured reporting into ultrasound training*. Med Ultrason, 2020. **22**(4): p. 445-450.
73. Schoeppe, F., 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**(1): p. 308-315.
74. Künzel, J., et al., *Ultrasound in the Re-Staging of Cervical Metastases after Chemoradiotherapy for Head and Neck Cancer*. Ultraschall Med, 2018. **39**(6): p. 659-666.
75. European Society of, R., *ESR paper on structured reporting in radiology*. Insights Imaging, 2018. **9**(1): p. 1-7.
76. Forghani, R., et al., *Imaging evaluation of lymphadenopathy and patterns of lymph node spread in head and neck cancer*. Expert Rev Anticancer Ther, 2015. **15**(2): p. 207-24.
77. Ernst, B.P., et al., *The use of structured reporting of head and neck ultrasound ensures time-efficiency and report quality during residency*. Eur Arch Otorhinolaryngol, 2020. **277**(1): p. 269-276.
78. Grünwald, R. *Big Data im Gesundheitswesen: Die wichtigsten neuen Ansätze für Medical Data Mining*. 2019 [cited 2022 27.03.]; Available from: <https://novostat.com/statistik-blog/big-data-im-gesundheitswesen-medical-data-mining.html>.
79. Solcher, B., *Standardisierte Medizin – der Weg in die Zukunft*. CNE Pflegemanagement, 2016. **03**(06): p. 7-9.
80. Rüping, S.G., Norbert. *Datenanalyse: Big Data in der Medizin*. 2013 [cited 2022 27.03.]; Available from: <https://www.aerzteblatt.de/archiv/147556/Datenanalyse-Big-Data-in-der-Medizin>.
81. Rüping, S., [Big data in medicine and healthcare]. Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz, 2015. **58**(8): p. 794-798.
82. Laue, H. *Data-Mining: Neue Chancen für Medizin und Gesundheit*. 2014 [cited 2022 27.03.]; Available from: <https://www.gesundheitsindustrie-bw.de/fachbeitrag/dossier/data-mining-neue-chancen-fuer-medizin-und-gesundheit>.
83. Margolies, L.R., et al., *Breast Imaging in the Era of Big Data: Structured Reporting and Data Mining*. AJR Am J Roentgenol, 2016. **206**(2): p. 259-64.
84. Mittelhessen, H. *Trendbericht Big Data: Wie Digitalisierung die Medizin verändert*. 2022 [cited 2022 27.03.]; Available from: <https://healthcare-mittelhessen.eu/big-data-wie-digitalisierung-die-medizin-veraendert>.
85. Deloitte. *Zukunftsprogramm Krankenhäuser: Digitalisierungsschub durch das Krankenhauszukunftsgesetz*. 2022 [cited 2022 22.11.]; Available from: <https://www2.deloitte.com/de/de/pages/life-sciences-and-healthcare/articles/krankenhauszukunftsgesetz-digitalisierung.html>.
86. (BMG), B.f.G. *Krankenhauszukunftsgesetz für die Digitalisierung von Krankenhäusern*. 2020 [cited 2022 22.11.]; Available from: <https://www.bundesgesundheitsministerium.de/krankenhauszukunftsgesetz.html>.
87. Durack, J.C., *The value proposition of structured reporting in interventional radiology*. AJR Am J Roentgenol, 2014. **203**(4): p. 734-8.
88. Pinto Dos Santos, D., et al., *Structured Reporting in Clinical Routine*. Rofo, 2019. **191**(1): p. 33-39.
89. Michaely, H., [Structured reporting in daily practice-status quo and future]. Radiologe, 2021. **61**(11): p. 1014-1019.
90. Wallis, A. and P. McCoubrie, *The radiology report--are we getting the message across?* Clin Radiol, 2011. **66**(11): p. 1015-22.
91. Reiser, M.F. and P. Mildenberger, [Structured reporting: why and why not now?]. Radiologe, 2021. **61**(11): p. 977-978.

92. e.V., D.R. *Normen und Richtlinien*. 2022 [cited 2022 04.05.]; Available from: <https://www.befundung.drg.de/de-DE/2912/normen-und-richtlinien/>.
93. Sigl, B. and C. Herold, [Structured reporting in radiology-a chance for young radiologists?]. *Radiologe*, 2021. **61**(5): p. 487-489.
94. Hackländer, T., [Standardizing the radiologic report -- norm DIN 6827-5]. *Rofo*, 2004. **176**(10): p. 1481-4.
95. Weiss, D.L. and P.R. Bolos, *Reporting and Dictation*, in *Practical Imaging Informatics: Foundations and Applications for PACS Professionals*, B.F. Branstetter, Editor. 2010, Springer New York: New York, NY. p. 147-162.
96. McFarland, J.A., et al., *Objective comparison of errors and report length between structured and freeform abdominopelvic computed tomography reports*. *Abdom Radiol (NY)*, 2020.
97. Siström, C.L. and J. Honeyman-Buck, *Free text versus structured format: information transfer efficiency of radiology reports*. *AJR Am J Roentgenol*, 2005. **185**(3): p. 804-12.
98. Froelich, M.F., et al., *Strukturierte Befundung in der Nuklearmedizin*. *Der Nuklearmediziner*, 2017. **40**(04): p. 285-290.
99. Sabel, B.O., et al., *Structured reporting of CT examinations in acute pulmonary embolism*. *J Cardiovasc Comput Tomogr*, 2017. **11**(3): p. 188-195.
100. Norenberg, D., 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**(4): p. 232-239.
101. Panicek, D.M. and H. Hricak, *How Sure Are You, Doctor? A Standardized Lexicon to Describe the Radiologist's Level of Certainty*. *AJR Am J Roentgenol*, 2016. **207**(1): p. 2-3.
102. Assadi, M., et al., *The need for standardization of nuclear cardiology reporting and data system (NCAD-RADS): Learning from coronary artery disease (CAD), breast imaging (BI), liver imaging (LI), and prostate imaging (PI) RADS*. *J Nucl Cardiol*, 2019. **26**(2): p. 660-665.
103. Balleyguier, C., et al., *BIRADS classification in mammography*. *Eur J Radiol*, 2007. **61**(2): p. 192-4.
104. Horvath, E., et al., *An ultrasonogram reporting system for thyroid nodules stratifying cancer risk for clinical management*. *J Clin Endocrinol Metab*, 2009. **94**(5): p. 1748-51.
105. Russ, G., et al., [The Thyroid Imaging Reporting and Data System (TIRADS) for ultrasound of the thyroid]. *J Radiol*, 2011. **92**(7-8): p. 701-13.
106. Park, S.B., 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**(2): p. 246-255.
107. Johnson, A.J., et al., *Cohort study of structured reporting compared with conventional dictation*. *Radiology*, 2009. **253**(1): p. 74-80.
108. Persigehl, T., et al., *Structured Reporting of Solid and Cystic Pancreatic Lesions in CT and MRI: Consensus-Based Structured Report Templates of the German Society of Radiology (DRG)*. *Rofo*, 2020. **192**(7): p. 641-656.
109. Brook, O.R., et al., *Structured reporting of multiphase CT for pancreatic cancer: potential effect on staging and surgical planning*. *Radiology*, 2015. **274**(2): p. 464-72.
110. Bosmans, J.M., et al., *The radiology report as seen by radiologists and referring clinicians: results of the COVER and ROVER surveys*. *Radiology*, 2011. **259**(1): p. 184-95.
111. Faggioni, L., et al., *Usage of structured reporting in radiological practice: results from an Italian online survey*. *Eur Radiol*, 2017. **27**(5): p. 1934-1943.
112. Powell, D.K. and J.E. Silberzweig, *State of structured reporting in radiology, a survey*. *Acad Radiol*, 2015. **22**(2): p. 226-33.
113. Reiner, B.I., *Optimizing technology development and adoption in medical imaging using the principles of innovation diffusion, part II: practical applications*. *J Digit Imaging*, 2012. **25**(1): p. 7-10.

114. Lin, E., D.K. Powell, and N.J. Kagetsu, *Efficacy of a checklist-style structured radiology reporting template in reducing resident misses on cervical spine computed tomography examinations*. J Digit Imaging, 2014. **27**(5): p. 588-93.
115. Tuncyurek, O., et al., *Structured versus narrative reporting of pelvic MRI in perianal fistulizing disease: impact on clarity, completeness, and surgical planning*. Abdom Radiol (NY), 2019. **44**(3): p. 811-820.
116. Gassenmaier, S., et al., *Structured reporting of MRI of the shoulder - improvement of report quality?* Eur Radiol, 2017. **27**(10): p. 4110-4119.
117. *Essential Items for Structured Reporting of Rectal Cancer MRI: 2016 Consensus Recommendation from the Korean Society of Abdominal Radiology*. Korean J Radiol, 2017. **18**(1): p. 132-151.
118. Sahni, V.A., et al., *Impact of a Structured Report Template on the Quality of MRI Reports for Rectal Cancer Staging*. AJR Am J Roentgenol, 2015. **205**(3): p. 584-8.
119. Smart-Radiology. [cited 2022 23.09.]; Available from: <https://app.smart-radiology.com>.
120. B., R., *Fundamentals in biostatistics*. Vol. 7th ed. 2011: Brooks/Cole.
121. Maller, V.V. and H.L. Cohen, *Neonatal Head Ultrasound: A Review and Update-Part 1: Techniques and Evaluation of the Premature Neonate*. Ultrasound Q, 2019. **35**(3): p. 202-211.
122. Bock, A., et al., *Improvement of anatomical knowledge and surgical skills in head and neck region - An interdisciplinary hands-on course for clinical students*. Ann Anat, 2019. **224**: p. 97-101.
123. Sabel, B.O., et al., *Structured Reporting of CT Angiography Runoff Examinations of the Lower Extremities*. Eur J Vasc Endovasc Surg, 2018. **55**(5): p. 679-687.
124. Tarulli, E., S. Thipphavong, and K. Jhaveri, *A structured approach to reporting rectal cancer with magnetic resonance imaging*. Abdom Imaging, 2015. **40**(8): p. 3002-11.
125. Gunderman, R.B. and L.R. McNeive, *Is structured reporting the answer?* Radiology, 2014. **273**(1): p. 7-9.
126. Larson, D.B., *Strategies for Implementing a Standardized Structured Radiology Reporting Program*. Radiographics, 2018. **38**(6): p. 1705-1716.
127. Sluijter, C.E., et al., *The effects of implementing synoptic pathology reporting in cancer diagnosis: a systematic review*. Virchows Arch, 2016. **468**(6): p. 639-49.
128. Marcovici, P. and A. Blume-Marcovici, *Intuition versus rational thinking: psychological challenges in radiology and a potential solution*. J Am Coll Radiol, 2013. **10**(1): p. 25-9.
129. *ESR paper on structured reporting in radiology*. Insights Imaging, 2018. **9**(1): p. 1-7.
130. Naik, S.S., A. Hanbidge, and S.R. Wilson, *Radiology reports: examining radiologist and clinician preferences regarding style and content*. AJR Am J Roentgenol, 2001. **176**(3): p. 591-8.
131. Matsumoto, M., et al., *Geographic Distribution of Radiologists and Utilization of Teleradiology in Japan: A Longitudinal Analysis Based on National Census Data*. PLoS One, 2015. **10**(9): p. e0139723.
132. Schwartz, L.H., et al., *Improving communication of diagnostic radiology findings through structured reporting*. Radiology, 2011. **260**(1): p. 174-81.
133. Larson, D.B., et al., *Improving consistency in radiology reporting through the use of department-wide standardized structured reporting*. Radiology, 2013. **267**(1): p. 240-50.
134. Szilveszter, B., et al., *Structured reporting platform improves CAD-RADS assessment*. J Cardiovasc Comput Tomogr, 2017. **11**(6): p. 449-454.
135. Wildman-Tobriner, B., 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**(9): p. 2243-2250.
136. Kahn, C.E., Jr., M.E. Heilbrun, and K.E. Applegate, *From guidelines to practice: how reporting templates promote the use of radiology practice guidelines*. J Am Coll Radiol, 2013. **10**(4): p. 268-73.

137. Marcovici, P.A. and G.A. Taylor, *Journal Club: Structured radiology reports are more complete and more effective than unstructured reports*. AJR Am J Roentgenol, 2014. **203**(6): p. 1265-71.
138. Ross, P., R. Sepper, and H. Pohjonen, *Cross-border teleradiology-experience from two international teleradiology projects*. Eur J Radiol, 2010. **73**(1): p. 20-5.
139. Ranschaert, E.R. and F.H. Binkhuysen, *European Teleradiology now and in the future: results of an online survey*. Insights Imaging, 2013. **4**(1): p. 93-102.
140. Langlotz, C.P., *Structured radiology reporting: are we there yet?* Radiology, 2009. **253**(1): p. 23-5.
141. J, D., *Structured reporting in Cancer imaging: Reaching the quality dimension in communication*. Health Management, 2015. **15**(4): p. 268-271.
142. Kli/aerzteblatt.de. *Ärztliche Versorgung zwischen Spezialisierung und Ganzheitlichkeit*. 2015 [cited 2022 30.11.]; Available from: <https://www.aerzteblatt.de/nachrichten/61756/Aerztliche-Versorgung-zwischen-Spezialisierung-und-Ganzheitlichkeit>.
143. Deter, M.D.D.G. *Aktueller Begriff Telemedizin*. 2011 [cited 2022 30.11.]; Available from: <https://www.bundestag.de/resource/blob/191840/f03a819a557bc16821678aa947afe076/telemedizin-data.pdf>.
144. Sobez, L.M., et al., *Creating high-quality radiology reports in foreign languages through multilingual structured reporting*. Eur Radiol, 2019. **29**(11): p. 6038-6048.
145. Weiss, D.L. and C.P. Langlotz, *Structured reporting: patient care enhancement or productivity nightmare?* Radiology, 2008. **249**(3): p. 739-47.
146. Olthof, A.W., et al., *Improvement of radiology reporting in a clinical cancer network: impact of an optimised multidisciplinary workflow*. Eur Radiol, 2018. **28**(10): p. 4274-4280.
147. Sluijter, C.E., et al., *Improvement of Care in Patients With Colorectal Cancer: Influence of the Introduction of Standardized Structured Reporting for Pathology*. JCO Clin Cancer Inform, 2019. **3**: p. 1-12.
148. Mercado, C.L., *BI-RADS update*. Radiol Clin North Am, 2014. **52**(3): p. 481-7.
149. *Bürgerliches Gesetzbuch, Zweites Buch 2, Recht der Schuldverhältnisse*. [Webseite] 2022 21.12.2021 [cited 2022 24.03.]; Available from: https://www.gesetze-im-internet.de/bgb/_630f.html.

Danksagung

Zum Abschluss meiner Dissertationsschrift möchte ich an dieser Stelle meine aufrichtige Dankbarkeit zum Ausdruck bringen. Eine erfolgreiche Fertigstellung wäre ohne die Unterstützung einiger besonderer Menschen nicht möglich gewesen.

Mein Dank gilt Herrn für die Themenerstellung und Überlassung dieser Arbeit, sowie meinem Doktorvater Herrn für die Annahme der Arbeit und der freundlichen Unterstützung bei meiner Promotion.

Allen Mitarbeitenden der Hals-, Nasen-, Ohren-Klinik und Poliklinik der Universitätsmedizin Mainz sowie den teilnehmenden Patienten für die Sicherung und Erhebung der Befunddaten.

Dem Team von Smart Radiology zur freundlichen Bereitstellung der Befundungsplattform.

Des Weiteren möchte ich mich bei Herrn und meiner für die konstruktiven Diskussionen und Ideen sowie der anschließenden Durchsicht der Dissertationsschrift bedanken.

Mein besonderer Dank gilt meinem Betreuer, für die ausgezeichnete Betreuung und Unterstützung, die weit über diese Dissertation hinaus reichte. Dafür, dass er immer an mich geglaubt und durch viel Motivation, Engagement und unermüdlicher Unterstützung dazu beigetragen hat, dass diese Dissertationsschrift einen erfolgreichen Abschluss findet.

Zuletzt möchte ich meiner Familie, Freundinnen und Freunden sowie engste Vertraute meinen Dank für ihren Zuspruch, ihr Verständnis und ihrer Geduld während meines Studiums und der Anfertigung dieser Dissertationsschrift aussprechen, welches sicherlich nicht selbstverständlich war.

Tabellarischer Lebenslauf

