

Aus der Klinik und Poliklinik für Mund-
Kiefer- und Gesichtschirurgie -
Plastische Operationen
der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Die Rolle der strukturierten Befunderhebung von Ultraschalluntersuchungen des
Kopf-Hals-Bereichs im Lernprozess der Modalität

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

Vorgelegt von

Fabian Katzer
aus Darmstadt

Mainz 2023

INHALTSVERZEICHNIS

Abkürzungsverzeichnis	5
Abbildungsverzeichnis	6
Tabellenverzeichnis.....	7
1 EINLEITUNG	8
2 KonLiteraturdiskussion.....	10
2.1 Strukturierte Befunderhebung	10
2.1.1 Nachteile fehlender Struktur und Standardisierung.....	11
2.1.2 Vorteile des Structured Reporting	12
2.1.3 Nachteile SR	15
2.1.4 Etablierter Einsatz der SR.....	16
2.2 Befundqualität und Befundvollständigkeit.....	20
2.3 Rolle der strukturierten Befunderhebung im Lernprozess.....	22
2.4 Telemedizin / Sprachbarriere.....	23
2.4.1 Verwendung von mehrsprachigen SR-Vorlagen zur Befunderstellung	24
2.5 Zeitliche Effizienz	25
2.6 Strukturierte Befunderhebung als Quelle für <i>big-data</i>-Analysen.....	26
3 Material	29
3.1 Bildergenerierung:	29
3.2 Befundvorlage SR:	29
3.3 Verwendete Formulare:.....	31
3.4 Probandenkollektive:	35
3.5 Pathologiebilder:	37
4 Methoden	39
4.1 Ablauf der Studie:.....	39
4.2 Fallzahlberechnung:.....	40
4.3 Statistische Analyse:	40
5 Ergebnisse:	41
5.1 Befundauswertung der Medizinstudierenden:.....	41
5.2 Befundauswertung der Assistenzärzte:	43
6 Diskussion:.....	47
7 Zusammenfassung	61

In der vorliegenden Dissertationsschrift wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit ausschließlich die männliche Form verwendet. Sie bezieht sich explizit auf Personen aller Geschlechter (m/w/d).

8	LITERATURVERZEICHNIS:	63
9	DANKSAGUNG	67

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

HNO:	Hals-Nasen-Ohrenheilkunde
FTR:	<i>free-text-reporting</i> , konventionelle Befunderhebung
SR:	<i>structured reporting</i> , strukturierte Befunderhebung
BGB:	Bürgerliches Gesetzbuch
BMV-Ä:	Bundesmantelvertrag - Ärzte
MBO-Ä:	Musterberufsordnung – Ärzte
ACR:	<i>American college of radiology</i>
MRT:	Magnetresonanztomographie
FEES:	Flexible Endoskopische Evaluation des Schluckaktes
DEGUM:	Deutsche Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin
BDA:	<i>big-data</i> -Analyse
K.I.:	künstliche Intelligenz
OSCE:	<i>Objective Structured Clinical Examination</i>

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

- Abb. 1:** Befundung eines solitären Lymphknotens im Level IIa mittels strukturierter Befunderhebung
- Abb. 2:** Freitextbefundvorlage für die B-Bild-Sonographie der Hals-, Nasen-, Ohrenklinik und Poliklinik der Universitätsmedizin Mainz (a). Spezifischer Auswertungsbogen für B-Bild-Sonographiebefund im Rahmen der vorliegenden Promotionsarbeit (b).
- Abb. 3:** Fragebogen zur Benutzerzufriedenheit bei der Anwendung von strukturierter Befunderhebung und Freitextbefunderhebung von Kopf-Hals-Sonographien.
- Abb. 4:** Musterbefunde typischer sonographischer Pathologien (a: Unspezifische Lymphadenitis colli, b: Benignom der *Glandula parotis*, c: Sialolithiasis des *Ductus Wharton*) zur Befundung im Rahmen eines studentischen Intensivkurses für Kopf-Hals-Sonographie.
- Abb. 6:** Statistische Auswertung der sonographischen Befunde im Kollektiv der Medizinstudierenden.
- Abb. 7:** Evaluation der Benutzerzufriedenheit im Kollektiv der Medizinstudierenden als visuelle Analogskala (VAS, 10 = vollständige Zustimmung; 0 = vollständige Ablehnung).
- Abb. 8:** Statistische Auswertung der sonographischen Befunde im Kollektiv der Assistenzärzten.
- Abb. 9:** Longitudinale Analyse von Befundvollständigkeit und Befundungsdauer im Kollektiv der Assistenzärzte über alle Kursteile.
- Abb. 10:** Evaluation der Benutzerzufriedenheit im Kollektiv der Assistenzärzte als visuelle Analogskala (VAS, 10 = vollständige Zustimmung; 0 = vollständige Ablehnung).

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Eigenschaften der teilnehmenden Medizinstudierenden

Tabelle 2: Eigenschaften der teilnehmenden Assistenzärzte

Tabelle 3: Übersicht über die zu befundenden Pathologien im Rahmen der Mainzer Kopf-Hals-Sonographiekurse 2018.

1 EINLEITUNG

Die Sonographie ist ein bildgebendes Verfahren, bei dem mit Hilfe des piezoelektrischen Effekts Schallwellen über eine Sonde ins Gewebe emittiert werden. Die Intensität und Laufzeit der Reflexion der Wellen im Gewebe wird von der gleichen Sonde detektiert, umgerechnet und in ein Bild kodiert. Die zweidimensionale Darstellung als Schwarzweißbild wird als B-Mode-Sonographie bezeichnet und stellt das am häufigsten in der Medizin verwendete Verfahren dar. [1] Viele Fachabteilungen verwenden die Sonographie im klinischen Alltag, eine davon ist die Kopf-Hals-Sonographie in der Hals-Nasen-Ohrenheilkunde (HNO). Diese Untersuchungsmodalität ist aufgrund der anatomischen und topographischen Komplexität der Region besonders anspruchsvoll und wird u.a. für die Beurteilung der Schilddrüse, der Speicheldrüsen sowie der großen Gefäße verwendet und kann zur Krebsnachsorge oder Primärdiagnostik zur Anwendung kommen. [2-4] Im Anschluss an die Untersuchung müssen die Ergebnisse, Auffälligkeiten und Messungen in einem Befundbericht festgehalten werden. Dafür wird bisher das Verfahren des *free-text-reporting* (FTR) benutzt, bei dem die Ergebnisse der Untersuchung in Freitextfeldern, Skizzen oder Checkpunkten in meist handschriftlicher Form zusammengefasst werden. Dabei gibt es zwischen Abteilungen und Fachgebieten kein einheitliches Konzept oder Vorgaben, welche Inhalte wie zu beschreiben sind. Oft wird sich nur auf wenige Kernpathologien oder Auffälligkeiten konzentriert und der Rest der Untersuchung vernachlässigt. Das führt dazu, dass diese Art der Befundung mit geringer Vergleichbarkeit, mangelnder Struktur und Unvollständigkeit zu kämpfen hat. Diese Mängel können negative Konsequenzen wie Fehlbehandlungen, Missverständnissen und vermehrte Nachfragen nach sich ziehen. [5,6] Weiterhin könnte dies die Verwendung der Befunde in Lehre und Forschung erschweren.

Die Notwendigkeit einer ordnungsgemäßen und ausführlichen Dokumentation ergibt sich aus ihrer gesetzlichen Pflicht. Diese ist in Deutschland im Bürgerlichen Gesetzbuch (BGB) [7], dem Bundesmantelvertrag – Ärzte (BMV-Ä) [8] und der Musterberufsordnung – Ärzte (MBO-Ä) vorgeschrieben. [9] Die Dokumentation der Behandlung muss zeitlich unmittelbar in schriftlicher und elektronischer Form in der Patientenakte erfolgen. Umfang und grober Inhalt wird vom Gesetzgeber vorgeschlagen (BGB). Die Aufbewahrungszeit beträgt, wenn nicht anders angegeben, mindestens 10 Jahre (BGB, BMV-Ä, MBO-Ä) und für Aufzeichnungen auf elektronischen Speichermedien muss ein besonderer Schutz und Sicherung

sichergestellt werden (MBO-Ä). Die Kassenärztliche Vereinigung schreibt in ihrer Ultraschallvereinbarung für die ordnungsgemäße Abrechnung und Dokumentation ein verpflichtendes Format und Inhalt vor, welche jede Befundung einer sonographischen Untersuchung erfüllen muss. Dies beinhaltet u.a. auch den Beleg von Normalbefunden. [10] Diese Vorgaben zu erfüllen gelingt vielen per FTR erstellten Befunden nur mit Mühen. [11]

Um oben genannte Vorgaben umzusetzen und die Qualität der Befundberichte im Allgemeinen zu verbessern, wurde das Konzept der strukturierten Befunderhebung (SR) entwickelt. Dieses nutzt software-basierte Befundungsprogramme, mit denen der Untersucher* auf elektronischen Medien automatische Befundtexte mit festgelegter Struktur und passender Terminologie erstellen kann. Dadurch soll die Vollständigkeit, Detailliertheit und Klarheit verbessert werden. Hierdurch sollen in der Folge sowohl Missverständnisse und Nachfragen reduziert als auch die Aussagekraft des Befundes verbessert werden. [12-14] Aufgrund ihrer Digitalisierbarkeit und Katalogisierbarkeit lassen sich SR-Befunde für große maschinelle Datenauswertungen und Forschungsarbeiten benutzen [15] und multilinguale Befundvorlagen könnten für die Verwendung in der Telemedizin zum Einsatz kommen. [16]

Zu beachten ist, dass SR auch eine Reihe von Nachteilen zugeschrieben wird, unter anderem sind dies die Rigidität der Vorlage, die Störung des Arbeitsablaufs und damit einhergehende schlechtere Zeiteffizienz. [17]

Die Verwendung von SR könnte sich positiv auf die Lehre der jeweiligen Untersuchungsmodalität auswirken. Insbesondere der übersichtliche Aufbau und die klaren Vorgaben sowie die passende Terminologie könnten unerfahrenen Untersuchern wie Medizinstudierende oder Assistenzärzten unterstützen und deren Lernprozess verstärken. [18] Durch uneinheitliche und knappe Lehrkonzepte an den Universitäten sowie Zeitdruck und Personalmangel in den Abteilungen der Kliniken haben diese zwei Gruppen oft Defizite in Bezug auf die sonographische Untersuchung und Befundung. Die Verwendung von SR könnte als Mittel angesehen werden, die bisherige Lehre und Ausbildung zu ergänzen. [19]

Ob und wie stark SR den Lernprozess der Untersuchung und Befundung der Kopf-Hals-Sonographie bei unerfahrenen Untersuchern unterstützt und wie diese Unterstützung im Vergleich zum FTR ausfällt, soll Thema dieser Dissertation sein.

* In der vorliegenden Habilitationsschrift wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit ausschließlich die männliche Form verwendet. Sie bezieht sich explizit auf Personen aller Geschlechter (m/w/d).

2 KONLITERATURDISKUSSION

2.1 Strukturierte Befunderhebung

Konventionell erstellte Befunde weisen unterschiedlich ausgeprägte Strukturelemente auf. Viele werden nach festen Kapiteln unterteilt. Fortgeschrittenere Formen der Befundstrukturierung sind bisher vor allem in Fachgebieten mit fortgeschrittener Qualitätssicherung wie der Mammographie, der Prostatadiagnostik oder in der Kardiologie zu finden. [20]

Das *American College of Radiology* (ACR) empfiehlt folgendes, über das obige Schema hinausgehende, Format: Als erstes sollte die Beschreibung der Untersuchung erfolgen, danach ein kurzer Abschnitt zur Indikation der Untersuchung und/oder der Vorgeschichte des Patienten. Details zur Technik wie Strahlendosis o.ä. sollten eigens erwähnt werden. Ein Vergleich zu Voruntersuchungen und der Befund der aktuellen Untersuchung machen den Hauptteil aus. Abschließend sollen die Befunde zusammengefasst und eine Beurteilung sowie Empfehlung unter dem letzten Abschnitt „Eindruck“ abgegeben werden.

Das BGB schlägt im §630f Absatz 2 eine ähnliche Struktur, bestehend aus „Anamnese, Diagnosen, Untersuchungen, Untersuchungsergebnisse, Befunde, Therapien und ihre Wirkungen, Eingriffe und ihre Wirkungen, Einwilligungen und Aufklärungen“, vor. Es ist somit deutlich, dass sowohl die Fachgesellschaften als auch der Gesetzgeber eine detailliertere Struktur als die bisher übliche bevorzugen.

Um diese Vorgaben zu erfüllen, wurde das Konzept der strukturierten Befunderhebung entwickelt. Definiert werden kann diese Art der Befunderstellung dadurch, dass sie einen standardisierten Inhalt mit Hilfe von IT-basierter Erstellung und Präsentation bereitstellt. Unterscheiden lässt sich dies in zwei Ebenen, in denen oben genanntes erfolgen kann: strukturierter Aufbau (Ebene 1) und strukturierter Inhalt (Ebene 2). [21] Ein strukturierter Aufbau könnte beispielsweise durch eine festgelegte Organisation wie „von Kopf nach Fuß“ oder hierarchisch erreicht werden, alternativ ist auch eine Kategorisierung nach sinnvollen Unterpunkten mit entsprechenden Überschriften denkbar.

Strukturierter Inhalt beschreibt die Art der technischen Präsentation bei der IT-basierten Befunderstellung. Diese kann zum Beispiel durch *drop-down*-Menüs oder ein *point-and-click*-Verfahren erfolgen. [21]

2.1.1 Nachteile fehlender Struktur und Standardisierung

Ein Nachteil fehlender Strukturierung ist, dass der Inhalt unvollständig und ungeordnet sein kann. Daraus ergibt sich die Problematik, dass der behandelnde Arzt sich nicht sicher sein kann, ob fehlende Strukturen in der Untersuchung nicht gesehen worden sind oder ob sie nur nicht berichtet wurden. [6,22] Hinzu kommt, dass sich viele Untersucher bei Zweifeln und Unsicherheit in vage und uneindeutige Sprache retten und so eine definitive Aussage umgehen. [5] Vor allem beim *Staging* in der Tumorthherapie können sich aus dieser Unsicherheit und fehlender Präzision erhebliche therapeutische Konsequenzen ergeben. Abwesenheit oder Vorhandensein von bspw. Metastasen oder Infiltration bestimmter Strukturen bestimmen die Radikalität der Therapie und gehen mit bedeutenden Unterschieden in Morbidität und Mortalität aber auch in der Prognose für den Patienten einher. [6,19,23]

Ferner kann Strukturlosigkeit mit Unübersichtlichkeit einhergehen, sodass die Gefahr besteht, viel Zeit in die Extraktion wichtiger Informationen zu investieren oder sie gleich zu übersehen. [22,24] Erschwert wird dies bei handschriftlichen Befunden durch die Unterschiede in der Leserlichkeit der Handschriften. Erhöhter Zeitaufwand zum Entziffern, eventuell notwendige Rücksprachen oder Missinterpretationen können die Folge sein. Ein weiteres Problem kann sein, dass der Untersucher dazu neigt, mit seinem Befund die klinische Fragestellung zu ignorieren, was wiederum den Anfrager dazu zwingt Rücksprache zu halten und so weitere zeitliche Ressourcen aufwenden zu müssen. [6]

Mit fehlender Struktur der Befunde geht auch eine fehlende Standardisierung einher. Dies zeigt sich in besonderem Maße im Fehlen einer einheitlichen Terminologie und Sprache. [22,24] Als Folge unterscheiden sich Befunde der gleichen Untersuchung sprachlich teilweise erheblich zwischen Fachbereichen, Krankenhäusern und Praxen oder sogar zwischen Untersuchern der gleichen Einrichtung. Folge dessen ist, dass die Vergleichbarkeit zwischen Untersuchungsbefunden nicht zwangsläufig gegeben ist und so Verlaufskontrollen, Forschung sowie die Verwendung zu Lehrzwecken erschwert wird. [25] Neue Mitarbeiter brauchen dadurch eine längere Einarbeitungszeit, um sich an den lokalen Sprachgebrauch zu adaptieren und fachfremde oder nicht muttersprachliche Behandler könnten Schwierigkeiten im Verständnis der Befunde aufweisen. Da viele diagnostische Maßnahmen auf Zuweisung erfolgen, stellt dies somit ein besonderes Hindernis dar.

Ein weiterer Nachteil der Uneinheitlichkeit in Struktur und Sprache der bisherigen Befunderhebung ist, dass es Einsteigern erheblich erschwert wird, sowohl die Untersuchung als auch die anschließende Befundung zu erlernen. [19] Dies wird besonders bei der Sonographie deutlich: Als dynamisches Untersuchungsverfahren in Echtzeit ist kein Zugriff auf den vollständigen Bilddatensatz möglich. Lediglich die vom Untersucher ausgewählten Standbilder oder kurze Clips können gespeichert und archiviert werden. Unerfahrenen Ärzten ist dabei nicht immer bewusst, welche Schnittebenen mit welchen Strukturen auf solchen Bildern für die spätere Befundung festzuhalten sind. Folglich muss dem Untersucher vor und während der Sonographie der komplette Ablauf und Inhalt bekannt sein, um danach eine vollständige und die klinische Fragestellung beantwortende Befundung erstellen zu können. Falls kein adäquates Bildmaterial vorhanden ist, muss der Befund zur Nachvollziehbarkeit und Validität möglichst detailliert und präzise mit der entsprechenden Terminologie wiedergegeben werden. [26] Um dies zu erlernen wäre die Hilfe eines erfahrenen Untersuchers nötig, was jedoch im klinischen Alltag selten zu bewerkstelligen ist. Fachliteratur als Hilfestellung ist nicht immer zur Hand und sehr zeitaufwändig und unpraktisch in der Benutzung. Das Prinzip des FTR stellt in diesem Fall keine Lösung, sondern eher eine Verschärfung des Problems dar.

Unvollständige Befunde können sich letzten Endes auch auf die Abrechenbarkeit auswirken. Vor allem nach der GOÄ für Privatpatienten gilt, dass nur dokumentierte und vollständige Untersuchungen zur Abrechnung eingereicht werden können. Für die Kodierung in den Kliniken könnte SR ebenfalls für Unterstützung sorgen, in dem alle relevanten Diagnosen, welche sich durch die Untersuchung ergeben haben, herausgestellt und in die elektronische Krankenakte übertragen werden. [27]

2.1.2 Vorteile des Structured Reporting

Ein Ansatz, den oben genannten Nachteilen und Schwierigkeiten in der aktuellen Befundung durch FTR zu begegnen, ist das Modell des *Structured Reporting* (SR). SR sollte ein Format mit sinnvollen Überschriften und Absätzen enthalten. Es sollten alle relevanten anatomischen Strukturen in sinnvoller, festgelegter Reihenfolge beschrieben werden und dabei muss auf den strikten Einsatz einer standardisierten Terminologie geachtet werden. [28] Im Idealfall wird im SR die Patientendemographie, die Bildentstehungsprozedur mit Datum und Zeitpunkt der Bildentstehung sowie

technischen Details, zusammen mit Fragestellung und Anamnese und folgendem Befund mit Zusammenfassung festgehalten. [18]

Optional sollte es möglich sein, den Befundbericht in die bestehende Kliniksoftware zu integrieren und hierüber Verlinkungen zwischen Befund und Bildkorrelat herzustellen sowie eine Archivierung und Kategorisierung für spätere Zugriffe, zum Beispiel im Rahmen wissenschaftlicher Auswertungen, zu ermöglichen. [22] Darüber hinaus könnte Lernmaterial, Nachschlagewerke und Lexika in das SR integriert werden. [24] Die oben genannte Definition bedingt eine hohe Übersichtlichkeit des Befundes. Der Leser kann sich darauf verlassen, unter welchem Abschnitt er welche Informationen finden kann und Kernaussagen können je nach Fragestellung hervorgehoben werden. Es besteht somit weniger die Gefahr wichtige Informationen zu übersehen oder diese lange suchen zu müssen. [5,6]

Optimalerweise haben sowohl Auftraggeber als auch Untersucher Zugriff auf die gleichen Informationen (wie Anamnese, Voruntersuchungen etc.) und Ergebnisse (z.B. Bilder, Funktionswerte etc.), sodass der Untersucher seinen Befund in Bezug auf die Fragestellung und den Patienten spezifizieren kann (unter Berücksichtigung der geforderten Vollständigkeit des SR). Dem Behandler kann hingegen durch Verknüpfung von Bild und Text eine bessere Nachvollziehbarkeit und höhere Präzision ermöglicht werden. Außerdem kann er sich darauf verlassen, dass alles Gesehene berichtet wurde und umgekehrt alles was nicht berichtet wurde sicher nicht gesehen wurde. [24]

Die Lesbarkeit ist durch maschinell-erstellte Berichte unabhängig vom Schreiber und für jeden verständlich und erkennbar. Orthografische Fehler und Syntaxfehler können durch qualitativ hochwertige, automatische Satzgenerierung vermieden und Missverständnisse bzw. Nachfragen so reduziert werden. [5]

Der Befunder wird gezwungen Pathologien so präzise und detailliert wie möglich zu berichten und dabei auch deren Größe und Ausdehnung zu beschreiben. Die explizite An- und Abwesenheit bestimmter Strukturen oder Pathologien ist zu erwähnen. [29] Die Fragestellung bedingende Anamnese und Voruntersuchungen sowie die den Befunden korrespondierenden Bilder können eingefügt und für jeden mit Zugang zum Patientenfall zugänglich gemacht werden. [25]

Durch eine festgelegte, für alle verständliche und standardisierte Terminologie ist der Befund für jeden Arzt jeder Fachrichtung verständlich, gleichbleibend und eindeutig. [30] Missverständnisse und die Notwendigkeit für Rückfragen oder Nachschlagen wird

minimiert. Auch Nichtmuttersprachlern wird es so ermöglicht die Befunde zu verstehen bzw. selbst adäquat zu verfassen. Ein weiter Vorteil ist, dass der Untersucher zu eindeutigen und definitiven Aussagen gezwungen wird. [25] Er muss sich festlegen und kann sich nicht durch vage Formulierungen „retten“. [25]

Durch eine standardisierte und flächendeckende Einführung einheitlicher SR-Vorlagen könnte eine Kohärenz und Konstanz in den Befunden ermöglicht werden. Jeder untersuchende und behandelnde Arzt kennt den Aufbau der Befundberichte, weiß wo er welche Informationen findet und wie er diese selbst verfasst. [29] Interdisziplinäre und interinstitutionelle Zusammenarbeit wird so vereinfacht und verbessert. [12,25] Vor allem bei Kontrolluntersuchungen ist diese Standardisierung und Beständigkeit vom Vorteil. [28,31]

Durch Übersichtlichkeit, Lesbarkeit und Eindeutigkeit ergibt sich für den behandelnden Arzt eine deutlich schnellere Informationsgewinnung aus den Berichten. Je nach Fachbereich und Fragestellung können die für ihn relevanten Passagen hervorgehoben oder gesondert aufgeführt werden, er wird weniger zu Rücksprachen gezwungen und spart somit an Zeit. [6,25] Nach anfänglich zusätzlichem Zeitaufwand durch neue Arbeitsabläufe und Eingewöhnung kann sich auch für den befundenden Arzt ein Zeitgewinn, bei gleichzeitig höherer oder gleichbleibender Qualität, ergeben. [24] Grundlage dafür ist eine intuitive Benutzeroberfläche der SR-Vorlage und eine möglichst fehlerfreie Textgenerierung. Vor allem Anfänger und Sprachfremde profitieren davon, denn das SR kann als Vorlage und Leitfaden dienen, sodass sie weniger Zeit in die richtige Wortwahl, den Inhalt und die korrekte Sprache investieren müssen. [25]

Im Rahmen der Digitalisierung ist es möglich und wünschenswert, die SR-Befunde in die Kliniksoftware einzubetten. Klinikweite Verfügbarkeit und Abrufbarkeit sowie Verknüpfung mit Patientenakten ist somit möglich. Verlinkung der Diagnosen und Befunde mit den entsprechenden Bildern und Funktionstests verbessern die Integration in den klinischen Fall. Durch Verbindung mit einer Suchfunktion und Kategorisierung der Befunde mit seinen Pathologien und Ergebnissen kann SR den Aufbau von Datenbanken und Registern sowie klinischer Forschung erheblich vereinfachen und verbessern. [5,25,28]

Durch das bessere Einbinden und Verknüpfen in klinische Fälle unter Verwendung vorgegebener Terminologie und Struktur lässt sich SR für Lehrzwecke verwenden.

Studierende können das Befunden vorgegebener Pathologien üben und so ihr Verständnis selbiger und den dazugehörigen korrekten Sprachgebrauch schärfen. [25] Die oben aufgeführten Vorteile des SR führen zu einer höheren Zufriedenheit sowohl der befundenden als auch der behandelnden Ärzte. Der Untersucher profitiert von einer einfacheren, intuitiveren und unter Umständen schnelleren Befunderstellung. Die Qualität seiner Berichte verbessert sich ohne einen nennenswerten Mehraufwand. Der Kliniker gewinnt seine relevanten Informationen schneller und deutlicher, ist weniger auf Rücksprachen angewiesen und er kann präzisere und ausführlichere Informationen in seine Behandlungsentscheidung einfließen lassen. [31] Dies führt dazu, dass beide Gruppen SR über FTR bevorzugen. [29,30]

2.1.3 Nachteile SR

Die Vorgabe der Struktur und Terminologie hat die oben genannten Vorteile, aber im klinischen Alltag kann diese als zu rigide und unflexibel empfunden werden. Die Komplexität mancher Pathologien und Fälle lassen sich nicht vollständig durch vorgegebene Beschreibungen und Ausdrücke wiedergeben. Dieser Verlust an detaillierten und individuellen Informationen bedingt eine Abnahme an Präzision der Befunde. Vor allem erfahrene Untersucher können dies als Einschränkung empfinden. Eine Gefahr besteht darin, dass der Untersucher seinen Fokus zu sehr auf die Vorlage und seine Unterpunkte legt und sich dabei zu wenig auf das eigentliche Untersuchungsmaterial konzentriert. Dies kann zur Folge haben, dass wichtige Pathologien übersehen werden, insbesondere wenn sie nicht direkt mit der klinischen Fragestellung zusammenhängen. [17]

Ein weiterer Kritikpunkt ergibt sich aus der Menge an Informationen, die durch SR generiert werden. Die explizite Erwähnung negativer Befunde kann zu einer Informationsüberflutung führen und folglich die Übersichtlichkeit einschränken.

Durch die Umgewöhnung auf ein neues Befundungssystem und das Kennenlernen der Benutzeroberfläche werden die bisherigen Arbeitsabläufe der Untersucher gestört und verändert, mit der Folge, dass es initial zu einem höheren Zeitaufwand und mehr Fehlern kommen kann. [32] Ebenso erschwert diese Umgewöhnung erheblich die flächendeckende Einführung von SR, zu sehen daran, dass trotz der Empfehlung verschiedener Institutionen und Experten und der allgemeinen Präferenz der Radiologen und Kliniker erst in wenigen Fachbereichen und Einrichtungen SR angewandt wird.

Neben dem initialen zusätzlichen Zeitaufwand durch die Änderung des Arbeitsablaufs gibt es auch Studien, die aufzeigen, dass SR generell zu einem höheren Zeitaufwand führt. [12,33] Die Studienlage zu diesem Thema ist jedoch noch nicht eindeutig und soll auch in dieser Arbeit überprüft werden.

Als Grundvoraussetzung für SR dienen einheitliche Terminologie und standardisierte Vorlagen. Bisher sind diese jedoch, von wenigen Initiativen wie RadLex für die Terminologie und die Masken des ACR abgesehen, noch nicht vorhanden. Weder nationale noch internationale Verbindlichkeiten dazu wurden bisher festgelegt. Eine sinnvolle Einführung von SR wird so erschwert und manche seiner Vorteile negiert.

Die automatische Satzgenerierung der SR-Vorlagen kann sprachliche Mängel und Satzbaufehler beinhalten, aggraviert wird dies durch das Einfügen von Freitextinhalten. Ohne ein Korrekturlesen des Untersuchers kann die sprachliche Qualität des SR-Befundes unter der von FTR-Befunden liegen. [33]

2.1.4 Etablierter Einsatz der SR

2.1.4.1 Magnetresonanztomographie (MRT) der Schulter nach Trauma

In einer Studie von Gassenmaier et al. aus dem Jahr 2017 wurden retrospektiv zu MRTs von 30 zufällig ausgewählten Patienten mit Schultertrauma SR-Berichte erstellt. [5] Diese wurden anschließend mit den zugehörigen, im regulären Klinikalltag erstellten, FTR-Berichten in Hinblick auf Vollständigkeit, Lesbarkeit, Sprachqualität sowie Zufriedenheit des Chirurgen verglichen. Dies geschah mit Hilfe eines 8-teiligen Fragebogens zur Vergleichbarkeit obiger Eigenschaften.

Die Befundung des Schultergelenks im MRT ist eine äußerst anspruchsvolle Aufgabe, da viele anatomische Strukturen beurteilt werden müssen und Pathologien, je nach Trauma, anhand verschiedener Einteilungen klassifiziert werden müssen.

Die SR-Vorlage besteht aus anklickbaren Entscheidungsmenüs und ist als online-basierte *Freeware* verfügbar. Die Vorlage unterscheidet zwischen einem Befund- und Beurteilungsbereich. Der Befundbereich wird weiter unterteilt in Vorbefunde, klinische Informationen, Bildqualität sowie die untersuchte Schulterseite, das glenohumerale Gelenk, das Akromioklavikulargelenk, den subakromialen Bereich und weitere Befunde. Bei Auswahl eines dieser Unterbereiche öffnet sich ein entsprechender Reiter, in dem nähere und detailliertere Informationen angeklickt werden können.

Anhand der ausgewählten Bereiche und Unterpunkte werden vorgefertigte Texte und Phrasen erstellt. Ein weiteres Bearbeiten ist grundsätzlich nach Belieben des Befunders möglich, aber nicht zwangsläufig notwendig.

Im Anschluss lassen sich optional die Befunde in den Beurteilungsteil übertragen. Dort werden diese in Trauma-assoziierte Befunde, degenerative Befunde, Hinweise auf ein subacromiales *Impingement* und weitere Befunde unterteilt.

Als Hilfestellung bietet die Befundungsmaske Beispielpathologien mit entsprechenden Bildern, Erklärungen zu den verschiedenen Klassifikationssystemen und Expertenkommentaren.

Nach Auswertung der Fragebögen zeigte sich, dass SR signifikant öfter zur Entscheidung zwischen operativer oder konservativer Vorgehensweise führt. Darüber hinaus war signifikant weniger oft eine weitere Rücksprache mit dem Radiologen zwecks Operationsplanung nötig als bei FTR. Die SR waren signifikant vollständiger bei durchschnittlich fast 100 Wörtern pro Bericht mehr. Trotz des deutlich höheren Umfangs waren die SR signifikant einfacher und schneller zu verstehen. Das Vertrauen in die Korrektheit der Berichte war bei SR signifikant höher und die Gesamtqualität wurde ebenfalls signifikant höher bewertet.

Die Autoren der Studie sehen ihre Ergebnisse in Übereinstimmung mit vorherigen Studien zu diesem Thema und kommen zu dem Schluss, dass SR einfacher und schneller zu verstehen seien und von Ärzten bevorzugt werden. Das Layout sei ansprechender und klarer als bei FTR. Klarheit und Vollständigkeit würden verbessert werden. Eine wichtige Rolle für SR sehen sie für den Einsatz in der Forschung, da klinische Verläufe einzelner Patienten einfacher zu verfolgen seien und vor allem retroprospektive Studien vereinfacht werden würden.

Von Vorteil sei auch die standardisierte und einheitliche Sprache, da so Missverständnisse, Schreibfehler und grammatikalische Fehler vermieden werden könnten. [5]

2.1.4.2 MRT des Beckens bei Rektumkarzinom

In einer retroprospektiven *Single-Center* Studie von Nörenberg et al. aus dem Jahr 2017 zum Einsatz von SR von MRTs des Beckens zum *Staging* von Rektumkarzinomen wurden jeweils 49 FTR und SR-Berichte in Hinblick auf Inhalt, Klarheit, klinischen Nutzen sowie die Zufriedenheit des Chirurgen und die weitere klinische Entscheidungsfindung evaluiert. [6] Dazu wurde zu jedem Bericht ein neunteiliger

Fragebogen von 2 erfahrenen Chirurgen ausgefüllt und die Berichte hinsichtlich 13 Kerninhalte verglichen.

Ein präziser und detaillierter Befund ist bei der Bildgebung von Rektumkarzinomen essenziell. Die genaue Ausdehnung und Lokalisation des Tumors sowie der Lymphknotenstatus entscheiden über die weitere Therapie. Die chirurgische Therapie (totale versus partielle mesorektale Exzision) und die Entscheidung zur neoadjuvanten Radiochemotherapie bzw. adjuvanten Chemotherapie sind direkt von diesen Informationen abhängig. [34] *Overstaging* beschreibt in diesem Zusammenhang ein Einordnen eines Tumors in ein fortgeschritteneres Stadium als in Realität vorliegt und kann den Patienten mit den Nebenwirkungen der Radiotherapie bzw. Chemotherapie (Radiogene Proktokolitis bzw. Zystitis, Übelkeit, sexuelle Dysfunktion etc.) konfrontieren. *Understaging* beschreibt hingegen ein Einordnen des Tumors in ein weniger fortgeschritteneres Stadium der Erkrankung als in Wirklichkeit vorliegt und kann in Folge dessen die Rezidivrate und Mortalität steigern.

Zur Erstellung der SR wurde eine online-basierte Vorlage aus anklickbaren Entscheidungsbäumen verwendet. Der Inhalt dieser Vorlage wurde nach Richtlinie der Europäischen Gesellschaft für gastrointestinale und abdominale Radiologie erstellt. Anhand der ausgewählten Unterpunkte der Entscheidungsbäume wird aus vorgefertigten Satzbausteinen der Befund erstellt. Dieser lässt sich noch wie im FTR individuell anpassen und ergänzen. Der abschließende Bericht ist unterteilt in die Bereiche Befund und Beurteilung. Der Befundteil ist weiter unterteilt in 8 Untergruppen. Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass die Chirurgen bei der Verwendung von SR signifikant zufriedener mit dem Inhalt sind, dieser mehr Schlüsselinformationen enthält und es ihnen in der Folge leichter fällt, eine Entscheidung zur weiteren Therapie zu fällen. Darüber hinaus wurde die Informationsgewinnung als wesentlich einfacher und weniger zeitaufwendig als bei FTR angesehen. Es zeigte sich außerdem ein signifikant höheres Vertrauen in die Korrektheit der Befunde, die sprachliche Qualität wurde höher eingeschätzt und die abschließende Gesamtqualität des Berichts erreichte bei SR signifikant höhere *Ratings* als bei FTR.

Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass SR Uneindeutigkeiten in Befundberichten und daraus folgende Anzahl an Nachfragen reduzieren kann. SR sei weniger zeitaufwändig sowie klarer in seinen Kernaussagen und sei damit kostensparender. Es wird konstatiert, dass SR das Potential hat, die Zufriedenheit der behandelnden Ärzte als auch das Patienten-*Outcome* auf lange Sicht verbessern zu können. [23]

2.1.4.3 Videofluoroskopie bei Dysphagie

In einer Studie von Schöppe et al. aus dem Jahr 2018 zum Thema Videofluoroskopie bei Dysphagiepatienten wurde der Einfluss von FTR und SR auf Gesamtqualität, Inhalt, Informationsgewinn und Auswirkung auf die klinische Entscheidungsfindung untersucht. [31] Dazu wurden von jeweils 2 HNO-Ärzten und 2 Logopäden 26 FTR aus dem klinischen Alltag mit nachfolgend dazugehörig erstellten SR anhand eines Fragebogens mit den Unterpunkten Inhalt, Struktur, Beitrag zur Patientenbehandlung und Gesamtqualität des Berichts verglichen.

Die Behandlung von Dysphagien erfolgt interdisziplinär. Neben der Funktionell Endoskopischen Evaluation des Schluckaktes (FEES) kommt hier regelhaft die kontrastmittelgestützte Videofluoroskopie zum Einsatz. [35,36] Diese kann insbesondere intradeglutitive Schwächen der FEES während des sogenannten *White-Outs* kompensieren und so den Erkenntnisgewinn steigern. Die Videofluoroskopie ist ein aufwändiges, interdisziplinäres Verfahren, das von Phoniatern, Radiologen, HNO-Ärzte und Logopäden zusammen durchgeführt wird. Daher sind eine einheitliche und interdisziplinär verständliche Terminologie und die Definition standardisierter Inhalte essenziell für eine Zusammenarbeit. Als Untersuchung mit einem standardisierten Arbeitsablauf und einer hohen Auflösung der einzelnen Schluckphasen bei verschiedenen Boluskonsistenzen ist eine präzise und detaillierte Beschreibung und Befundung von großer Wichtigkeit, vor allem im Hinblick auf das daraus folgende dysphagiologische Management (z.B. Rehabilitationsfähigkeit bzw. Möglichkeit zum oralen Kostenaufbau, Zusammensetzung der oralen Ernährung, PEG-Anlage, etc.). Ferner kann durch ein adäquates Dysphagiemanagement die Rate an Aspirationspneumonien signifikant reduziert und somit die Morbidität, Mortalität und die Behandlungskosten gesenkt werden. Viele Patienten erhalten im Verlauf zur Ermittlung des Therapieerfolgs und ggf. Anpassung des dysphagiologischen Managements mehrfache Kontroll-Videofluoroskopien. Daher sind die Einheitlichkeit und Standardisierung und in der Folge eine gute Vergleichbarkeit der Untersuchungen unabdingbar.

Für die Umsetzung oben genannter Punkte sehen die Autoren die flächendeckende Einführung von SR als Mittel der Wahl.

Die Auswertung der Fragebögen ergab, dass SR inhaltlich signifikant detaillierter die einzelnen Aspekte der jeweiligen Schluckphasen beschreibt, mehr Informationen zu

den Boluskonsistenzen liefert sowie mehr zusätzliche Informationen liefert. Bei den FTR war es oft nicht eindeutig, welche Konsistenzen getestet wurden und ob sich die Befunde je nach Konsistenz unterschieden. Bei der Struktur zeigte sich, dass mit SR erstellte Befunde signifikant verständlicher waren, relevante Informationen einfacher zu extrahieren waren und der Bericht signifikant ausführlicher war. Zur Patientenbehandlung trug SR signifikant mehr bei und beantwortete die klinische Fragestellung besser. Auch die Gesamtqualität der SR wurde signifikant als deutlich höher beurteilt.

Die Autoren der Studie kommen zu dem Schluss, dass SR in allen vier getesteten Punkten FTR überlegen sei. Sie stellen daher die Hypothese auf, dass mittels SR neben der Qualität auch die Kostenersparnis, die Sicherheit und die Effizienz gesteigert werden können. Vor allem können mittels SR mehr wertvolle Informationen gewonnen werden. SR führt zu genaueren und vollständigeren Berichten, welche so das dysphagiologische Management positiv beeinflussen können. Einen weiteren Vorteil sehen sie in der Ausbildung. Da die Videofluoroskopie ein hoch-spezialisiertes Verfahren ist und nicht durch jeden Phoniater, Radiologen oder HNO-Arzt adäquat durchgeführt werden kann, kann SR hier als Leitfaden dienen, welche Kernelemente ein entsprechender Befund beinhalten muss und wie diese anzuordnen sind. Der Transfer von Theorie zur Praxis kann so vereinfacht werden.

Es wird vorgeschlagen, SR-Elemente in bestehende Befundsoftware zu integrieren, um die reibungslose und flächendeckende Einführung in den klinischen Alltag zu vereinfachen. [31]

2.2 Befundqualität und Befundvollständigkeit

Welche inhaltlichen und formalen Elemente zu einer hohen Befundqualität beitragen, unterliegt einer großen Dynamik und steht in direkter Abhängigkeit zum jeweiligen Fachgebiet beziehungsweise zu den jeweilig vorhandenen Leitlinien, deren therapeutische Konsequenzen dem der Befund zugrunde liegt. Einen guten radiologischen Befundbericht sollten nach Armas et al. [22] sechs Eigenschaften auszeichnen: Klarheit, Korrektheit, Vertrauen, Präzision, Vollständigkeit und Beständigkeit.

Klarheit der Formulierungen ist die hierbei wichtigste Eigenschaft. Unklare, vage oder mehrdeutige Beschreibungen können einen harmlosen Nebenbefund pathologisch oder aber einen malignitätsverdächtigen Befund unbedeutend erscheinen lassen. Die

Folge ist, dass es entweder ein zu viel an, z.T. invasiver oder strahlenintensiver, Diagnostik und Therapie nach sich zieht oder eine essenzielle weiterführende Untersuchung und Behandlung unterbleibt. In beiden Fällen kommt es zu nachteiligen Konsequenzen für den Patienten. Aber ebenso können medizinrechtliche Konsequenzen für den entsprechenden Untersucher oder auch Behandler die Folge sein. Eine entsprechende Klarheit oder, wenn dies nicht möglich ist, eine explizit betonte Unsicherheit in den Befunden ist daher alternativlos.

Gleichfalls von Bedeutung ist eine absolute Korrektheit der Befunde. Der behandelnde Arzt verlässt sich auf die nach seiner Fragestellung hin korrekt durchgeführte Untersuchung mit den entsprechenden Messungen und Funktionstests und der adäquaten Beschreibung aller Auffälligkeiten und Normen unter Verwendung der korrekten Terminologie. Daraus sollte, soweit möglich, die richtige Diagnose abgeleitet bzw. die notwendige Folgediagnostik in die Wege geleitet werden.

Klarheit und Korrektheit bilden die Grundlage für das Vertrauen, dass der Kliniker dem Untersuchungsbefund zusprechen kann und muss. Die beobachteten Auffälligkeiten müssen mit hoher Sicherheit so gesehen worden sein, wie sie beschrieben wurden und alle für die Fragestellung relevanten Strukturen und Regionen müssen sorgfältig untersucht worden sein. Alle realistischen Erwartungen an die Untersuchung müssen erfüllt sein.

Präzision beschreibt in diesem Fall die Fähigkeit des Untersuchers sich kurz und prägnant auszudrücken. Seine Beurteilung muss die Kernbefunde herausstellen und die Fragestellung eindeutig beantworten. Statt nur Messwerte zu wiederholen, sollte dabei eine Gewichtung und Bewertung dieser erfolgen. Im Idealfall lässt sich dann daraus direkt eine Konsequenz ableiten. [19]

Für eine präzise Ausdrucksweise sollte die Vollständigkeit jedoch nicht vernachlässigt werden. Zwar ist nicht jede Struktur und jede Untersuchung in erster Linie für die klinische Fragestellung relevant, jedoch könnten diese Informationen für andere Fachbereiche oder für Folgeuntersuchungen durchaus wichtig sein und sollten Teil des Berichts sein. Vor allem in Zeiten umfassender, hochauflösender diagnostischer Möglichkeiten stellen abklärungsbedürftige Nebenbefunde nicht die Ausnahme, sondern die Regel dar. Diese müssen somit sorgsam beschrieben und beurteilt werden. In der Folge sollte dem zuweisenden Kollegen, dem der Nebenbefund häufig fachfremd ist, eine entsprechende Empfehlung zum weiterführenden Prozedere ausgesprochen werden.

Die letzte Eigenschaft, die einen guten Befund auszeichnet, ist seine in sich geschlossene Konsistenz. Die Beobachtungen und Ergebnisse der Befundung sollten in logischer und richtiger Weise in der Beurteilung wiederholt und aufgegriffen werden, um dann daraus die entsprechenden Diagnosen zu schließen. [22]

2.3 Rolle der strukturierten Befunderhebung im Lernprozess

Studierende und Assistenzärzte kann SR zusätzlich von Vorteil im Lernprozess sein. Diesen beiden Gruppen fehlt es sowohl bei der Untersuchung selbst als auch bei der anschließenden Befundung an Erfahrung und Expertise. [19] Vor allem bei komplexen Untersuchungen wie der Kopf-Hals-Sonographie ist ihnen nicht immer die Anatomie und Topografie wichtiger Strukturen und ihrer Bedeutung bewusst. [18,37] Die passende Terminologie, den Umfang und Inhalt der Untersuchung und die Vorgaben und Formate des Befundes sind oft nicht gänzlich bekannt und wurden kaum oder gar nicht während des Studiums oder von erfahreneren Ärzten gelehrt. [31] Zertifizierte Untersuchungskurse (wie bspw. DEGUM-Kurse bei der Sonographie) sind teuer, nicht immer verfügbar und bieten nur punktuelle Einblicke und Fortschritte. Sie können die strukturierte Ausbildung in den Heimatkliniken nicht ersetzen und den Studierenden bzw. Weiterbildungsassistenten im klinischen Alltag nicht ausreichend unterstützen. Aufgrund von Personalmangel und Zeitdruck steht ihnen oft kein erfahrener Untersucher zur Seite bzw. wenn, dann nur für die Untersuchung selbst und nicht für die anschließende Befundung. Bisherige FTR-Formate sind oft minimalistisch und verallgemeinert. Es besteht die Gefahr, dass die Qualität des Befundes nicht der Qualität der Untersuchung ebenbürtig ist.

SR kann für diese Gruppe als Leitfaden dienen. Ihnen wird bei der Befundung vorgegeben, welche Strukturen und Pathologien sowie Tests zu untersuchen respektive durchzuführen und konsekutiv zu befunden sind und wie sie diese zu beschreiben haben. [25,31] Der bei SR oft kritisierte strikte Aufbau und die strengen Vorgaben können im Lernprozess vorteilhafte Auswirkungen zeigen. [23] Retrospektiv erfolgt sowohl eine Kontrolle als auch Erinnerung über die Vollständigkeit und Qualität der Untersuchung. [6,24] Die passende Sprache wird dem unerfahrenen Untersucher an die Hand gegeben und hält nach und nach Einzug in den täglichen Gebrauch. [6] Es ist zusätzlich möglich, Lernsoftware und -literatur in das SR zu integrieren. Falls Unklarheiten während der Untersuchung oder Befundung bestehen, ermöglicht SR so einen schnellen Zugriff auf adäquates Nachschlagewerk. [18] Die Verknüpfung von

Bilddateien (bspw. DICOM) bestimmter Pathologien mit Teilbereichen der SR-Vorlage erlaubt neben der Anwendung in der Forschung auch eine Nutzung als Lernmaterial. [38]

Das redundante Vorgehen bei der Befunderstellung und der übersichtliche Aufbau der SR-Vorlage vereinfacht den Arbeitsablauf und kann diesen insbesondere bei häufigen Pathologien verkürzen. [15]

Es ist anzunehmen, dass SR im Lernprozess die Qualität und Zeitersparnis sowohl der Untersuchung als auch der Befundung erhöht. Wie stark dieser Effekt ausfällt, ist noch nicht untersucht worden und soll Teil dieser Arbeit sein.

2.4 Telemedizin / Sprachbarriere

Durch Landflucht und Arztmangel sowie einen hohen Kostendruck fehlt es in strukturschwachen Regionen zunehmend an Spezialisten. Wartezeiten für einen Facharzttermin sind zum Teil sehr lang. Durch ausstehende Untersuchungen ist es denkbar, dass eine womöglich relevante Diagnosestellung oder weiterführende Behandlung im schlimmsten Fall verzögert werden kann. In der Folge ist mit Auswirkungen auf die Morbidität und Mortalität, insbesondere bei gravierenden Erkrankungen, der Patienten zu rechnen. Ein Ansatz, dieser möglichen Problematik zu begegnen, ist sogenannte Telemedizin. Die Telemedizin ist ein Hilfsmittel zur Überwindung größerer Entfernungen bei medizinischen Sachverhalten. Darunter wird die Bereitstellung bzw. Anwendung von medizinischen Dienstleistungen mit Hilfe von Informations- und Kommunikationstechnologien für den Fall verstanden, dass Patienten und Angehörige eines Gesundheitsberufes (etwa Ärzte) bzw. diese untereinander nicht am selben Ort sind. Es erfolgt die Übertragung medizinischer Daten und Informationen für die Prävention, Diagnose, Behandlung und Weiterbetreuung von Patienten in Form von Text, Ton oder Bild oder in anderer Form. [39] Ziel der Telemedizin ist insbesondere eine Verbesserung der Flächenabdeckung, Qualität, Wirtschaftlichkeit und Transparenz der medizinischen Versorgung. [40]

Ein grundsätzliches Problem der Telemedizin beinhaltet, dass sich der entsprechende Experte eventuell im Ausland aufhält und neben seiner fachlichen Expertise nicht zwangsläufig auch ein adäquates Sprachniveau für Kommunikation und Befunderstellung besitzt. [41] Diese Problematik wird insbesondere dadurch verschärft, dass Unzulänglichkeiten bei der Befunderstellung zu Nachfragen durch den Auftraggeber führen, die im Weiteren ebenfalls nicht adäquat abgearbeitet werden

können. Hierdurch kommt es in der Folge zu Informationsverlusten und gesteigerter Frustration für Mitarbeitende im Gesundheitssystem, was eine negative Grundeinstellung gegenüber dem durchaus sinnhaften Prinzip der Telemedizin bedingen kann. Weiterhin unterscheidet sich die Terminologie innerhalb verschiedener Einrichtungen, Fachgebieten und Ländern mit der Folge, dass gleiche anatomische Strukturen und Pathologien andere Name besitzen. Hieraus ergibt sich die Gefahr, dass es zu Missverständnissen, Fehldiagnosen und langwierigen Nachfragen kommen kann. Negative medizinische und rechtliche Konsequenzen können sich hieraus ergeben.

Eine Möglichkeit, dieser Problematik zu begegnen, ist die Verwendung hochwertiger, automatisierter Textgenerierung. So wäre es möglich, orthografische, grammatikalische und Syntaxfehler von Nichtmuttersprachlern zu minimieren. [6] Mit einer mehrsprachigen SR-Vorlage kann ein sprachfremder mit einer Bedienoberfläche in seiner Sprache einen Bericht in der Zielsprache erstellen. [25] Damit ließe sich die Umsetzung einer telemedizinischen Versorgung beschleunigen, da man nicht mehr auf Experten mit Sprachkenntnissen angewiesen wäre. Ferner können entsprechende Templates ohne größeren Aufwand an die individuellen Bedürfnisse der Fachabteilung angepasst werden, was die lokale Zufriedenheit der Zuweiser deutlich erhöht.

Mit einer international einheitlichen standardisierten medizinischen Terminologie in der SR-Vorlage können eine Einheitlichkeit und Vergleichbarkeit der telemedizinisch erstellten Befunde ermöglicht werden, sodass sichergestellt ist, dass alle behandelnden Ärzte die Befunde jeden Untersuchers verstehen und anhand dessen die gleichen Schlüsse ziehen können.

2.4.1 Verwendung von mehrsprachigen SR-Vorlagen zur Befunderstellung

In einer Studie von Sobez et al. aus dem Jahr 2018 wurden deutschsprachige SR-Befunde von 3 verschiedenen Untersuchungen durch englische und deutsche Muttersprachler erstellt und mit Hilfe eines Fragebogens hinsichtlich ihrer Qualität beurteilt. [17] Dabei kam eine SR-Maske zum Einsatz, die eine automatische Übersetzung zwischen Deutsch und Englisch ermöglicht. Zusätzlich wurden deutschsprachige FTR durch deutsche Untersucher erstellt und ebenso verglichen. In der Summe wurden so 24 Befunde je Befundungsmodalität erstellt und ausgewertet. Es zeigten sich keine signifikanten Unterschiede in Hinblick auf Gesamtqualität, Verständlichkeit und klinischer Konsequenz zwischen den SR englischer oder

deutscher Radiologen. Darüber hinaus war es in dreiviertel der Fälle nicht möglich auf die Muttersprache des Befunderstellers zu schließen. Im Vergleich zu deutschen FTR wiesen die deutschen SR signifikant bessere Qualität und Verständlichkeit auf.

Auffällig schlechtere Bewertungen bekamen die englischen SR zu Röntgen-Thorax-Untersuchungen. Die Autoren führen diese Differenz auf die unterschiedlichen Anforderungen an die Untersuchung in verschiedenen Abteilungen und Ländern zurück. Als Konsequenz aus dieser Beobachtung befürworteten sie ein Vergleichen und Abstimmen der einzelnen SR-Vorlagen zwischen verschiedenen Abteilungen und internationalen Fachgesellschaften um so den individuellen Anforderungen, bei noch gegebener Vergleichbarkeit, gerecht zu werden.

Bei den Ergebnissen ist zu bedenken, dass durch die Sprachverwandtschaft zwischen Englisch und Deutsch eine Verzerrung entstehen könnte, weshalb die Autoren empfehlen, eine analoge Studie mit stark unterschiedlichen Sprachen wie Englisch und Chinesisch durchzuführen. Ebenso ist zu beachten, dass von Freitextfeldern in der Studie abgeraten wurde. Diese sind jedoch essenziell, um atypische Pathologien zu spezifizieren und zu beschreiben. Bei der aktuellen SR-Vorlage werden Freitexteingaben nicht mitübersetzt. Durch Fortschritte in automatischer Übersetzungssoftware ist dies in Zukunft denkbar. [17]

2.5 Zeitliche Effizienz

Wie bereits erwähnt, kommt es initial zu einem Zeitverlust durch Änderung des bestehenden Arbeitsablaufs und der Eingewöhnung in das neue Format. Dieser dürfte bei erfahreneren und älteren Untersuchern stärker ausfallen, bei jüngeren, unerfahreneren und technisch versierteren kürzer. Die durch Erfahrung gewonnenen automatisierten Befundungsabläufe gestalteten sich schwieriger zu durchbrechen und können mit einem Anziehen der Lernkurve und damit verbundenen schlechteren Zeiteffizienz einhergehen. [42] Ob es im Anschluss zu einer Zeitersparnis bei der Befundung mit SR kommt oder ob FTRs schneller zu erstellen sind, ist durch aktuelle Studien nicht eindeutig zu beantworten.

Für eine langsamere Befunderstellung mit SR spricht, dass mehr Strukturen abgefragt werden und diese detaillierter beschrieben werden müssen. Je nach Vorlage sind dafür viele Untermenüs und Unterpunkte nötig. Falls die Beschreibung nicht ausreichend ist, kann noch eine Freitexteingabe erforderlich sein. Durch den größeren Inhalt des fertigen Befundes kann die Übersichtlichkeit eingeschränkt sein und es

folglich für den anfordernden Arzt schwieriger sein wichtige Informationen schnell zu extrahieren.

Für eine zeitliche Effizienz durch SR spricht, dass sich durch den Lerneffekt durch redundante Abfrage von Untersuchungsinhalten und eine intelligente Konstruktion der Vorlage schnell durch die einzelnen Menüs navigieren und sich viel Text in kurzer Zeit erstellen lässt. Es muss weniger Zeit in die Formulierung und Beschreibung der Befunde investiert werden bei gleichzeitig detaillierterem Inhalt. Durch vorteilhafte Struktur und Formatierung des fertigen Befundes kann der behandelnde Arzt schneller die für ihn relevanten Abschnitte erfassen und auswerten. Bei FTR kann sich der Untersucher auf die wesentlichen Befunde konzentrieren und diese in seinen eigenen Worten kurz zusammenfassen. Dabei können auch Zeichnungen, Stichpunkte oder Checklisten zur Anwendung kommen. Je mehr Erfahrung der entsprechende Arzt besitzt, desto präziser und prägnanter kann er seine Untersuchung zusammenfassen. Weniger erfahrene Untersucher und Anfänger benötigen hingegen Zeit die jeweiligen Pathologien adäquat zu beschreiben, insbesondere wenn diese nicht häufig sind. Darüber hinaus kann auch die entsprechende Terminologie nicht präsent sein und passende Formulierungen müssen erst entwickelt werden. Durch ein schlechtes Schriftbild oder uneindeutige oder zu kurze Befunde können Rückfragen nötig werden oder im schlimmsten Fall muss eine Untersuchung wiederholt werden.

2.6 Strukturierte Befunderhebung als Quelle für *big-data*-Analysen

Ein weiteres potenzielles Anwendungsgebiet für SR ist als Quelle für sogenannte *big data*-Analysen (BDA). Als *big data* werden Datensets bezeichnet, die sich als zu groß und zu komplex für traditionelle Analyse- und Auswertungsverfahren darstellen. Sie werden im Englischen durch sogenannte V's charakterisiert. Volumen (*volume*) beschreibt die kontinuierlich und exponentiell wachsende Menge an erfassten Daten, die sich 2014 im Gesundheitswesen auf ca. 153 *Exabytes* (153 Milliarden *Gigabyte*) beliefen. Geschwindigkeit (*velocity*) hingegen bezieht sich auf das (zunehmend steigende) Tempo, in dem neue Daten erhoben, erfasst und gespeichert werden. Im gleichen Maße ist sie Voraussetzung für die Hardware und Software, um mit Verarbeitung und Analyse Schritt halten zu können. Vielfalt (*variety*) beschreibt die sehr heterogenen Quellen für *big data*. Daten und Informationen werden in unterschiedlichen Formaten gespeichert, können strukturiert oder unstrukturiert erhoben worden sein und dies auf kontinuierliche oder diskontinuierliche Weise.

Beispiele für unterschiedliche Quellen im Gesundheitswesen sind Elektronische Krankenakten, Medizinische Bilder oder Daten aus Gesundheitsapps.

Richtigkeit (*veracity*) als Eigenschaft von *big data* liegt der Annahme zu Grunde, dass die Daten als auch die Ergebnisse der Analysen unverfälscht, glaubwürdig und fehlerfrei sind sowie eine authentische Wiedergabe der Verteilung in der zu untersuchenden Population darstellen. Diese Annahme bildet schließlich die Grundlage, um aus den BDA einen Nutzen (*value*) für Patienten, Behandelnde oder Gesundheitspolitiker ziehen zu können.

Die Qualität, Struktur und das Format von Quellen für BDA variiert stark. Neben eher strukturierten Inhalten aus elektronischen Krankenakten und Verwaltungsdatenbanken können auch unstrukturierte Inhalte wie handschriftliche ärztliche Notizen sowie medizinische Bilder und deren Befunde genutzt werden. Biomedizinische Daten, wie z.B. aus der „-omics“-Gruppe sind reine Rohdaten, die sich ohne Aufbereitung nicht verwenden lassen. Ein stark wachsender Bereich stellen Daten aus Gesundheitsapps und Sozialen Medien dar, welche in Zukunft eine weiter steigende Bedeutung besitzen werden.

Unstrukturierte Daten wie oben genannte Arztnotizen oder Postings aus Sozialen Medien sind tendenziell von schlechter Qualität. BDA lassen sich auch mit solchen Quellen durchführen, die Validität und Aussagekraft der Ergebnisse sollte jedoch kritisch geprüft werden.

Durch stärkere Rechen- und Grafikprozessoren sowie besserer Analysesoftware mit parallelen Verarbeitungsinstanzen wird es möglich, *data-mining* und maschinell-lernende künstliche Intelligenz in einem größeren Maßstab anzuwenden. [43, 44] Das Ziel dabei ist es, bisher versteckte Muster und Zusammenhänge zu entdecken und daraus neue prädiktive Modelle, Krankheitserkenntnisse oder neue Therapien zu entwickeln. Konkrete Anwendungsgebiete sind beispielsweise die Vorhersage von Epidemien und deren Verlauf, in der Epidemiologie oder das Aufdecken von seltenen Medikamentennebenwirkungen. Ferner erhofft man sich, bei komplexen und heterogenen Krankheiten wie chronisch entzündlichen Darmerkrankungen, spezifische Patientensubgruppen zu identifizieren und für diese jeweils gezielte Therapien anbieten zu können. [40] Ein möglicher Gewinn dadurch ist neben einer Kostenersparnis auch das Vermeiden oder Abmildern von Nebenwirkungen sowie eine wirksamere Behandlung insgesamt.

In der Radiologie kann BDA angewendet werden, um Bilder und die zugehörigen Befunde innerhalb eines bildgebenden Verfahrens oder zwischen verschiedenen Verfahren zu vergleichen. [43,44] Durch Nutzung von Cloud-Speichern und Teleradiologie ließe sich hierfür eine potenziell große Datenquelle gewinnen. Aus dem Ergebnis der Analyse könnte wiederum eine künstliche Intelligenz (K.I.) zur automatischen Mustererkennung und Vorabbeurteilung entwickelt werden. Auch das Aufstellen von Kriterien, wann welche Patienten mit welcher Diagnose welche Bildgebung erhalten soll, könnte durch eine BDA ermöglicht werden.

Bevor BDA in der Medizin erfolgreich eingesetzt werden kann, sind noch einige Herausforderungen zu bewältigen.

Durch die starke Heterogenität der Quellen mit den vielen verschiedenen Formaten, in denen sie gespeichert und gesammelt wurden, ist es bisher nicht möglich, diese durch ein einziges oder einheitliches Analysetool auszuwerten. Es ist deshalb nötig vorab einige Quellen aufzubereiten und in ein adäquates Format zu überführen. Besonders notwendig ist das bei vielen unstrukturierten Quellen wie ärztlichen Notizen, *social-media*-Beiträgen oder handschriftlichen Untersuchungsbefunden. Eine weitere Schwierigkeit, die solche Quellen mit sich bringen können, ist ihre schlechte Qualität, Unvollständigkeit und Anfälligkeit für Fehler. Elektronische Krankenakten sind in hohem Maße abhängig von den Mitarbeitern, die sie anlegen und pflegen. Obwohl BDA auch mit solchen Quellen durchgeführt werden kann, müssen die Ergebnisse und Schlussfolgerungen daraus kritisch überprüft und auf ihre Validität überprüft werden. Für eine möglichst umfassende und detaillierte Datenlage sowie ein einfaches Erstellen von Datensets daraus ist es von Vorteil, wenn ein Großteil der Daten bereits in digitaler Form vorliegt und über *Cloud*-Speicher geteilt werden kann. Europaweit ist jedoch die Digitalisierung im Gesundheitswesen sehr unterschiedlich ausgeprägt. Deutlich zeigt sich dies in der Umsetzung von elektronischen Krankenakten: In Ländern wie der Niederlande oder Estland werden diese regelhaft verwendet, während sie in Deutschland erst in einigen Krankenhäusern Anwendung finden.

Damit Ärzte sowie Patienten von BDA profitieren, muss es Voraussetzung sein die Ergebnisse und entwickelten Modelle der Analysen auch in den klinischen Alltag zu integrieren. Darüber hinaus wäre es von Vorteil, die Software zur Datensammlung und Aufbereitung in allen Bereichen des Gesundheitswesens zu etablieren.

Ein weiteres zentrales Problemfeld ist der Datenschutz. In Ländern wie Deutschland werden die Gesundheits- und Krankendaten als Eigentum des Patienten angesehen

und es gelten sehr strenge Regeln für deren Schutz. Insbesondere in sehr privaten Bereichen wie Sozialen Medien muss es gewährleistet sein, dass man die Daten und Ergebnisse der BDA nicht auf eine einzelne Person zurückverfolgen kann. Dafür sind fortschrittliche Anonymisierungs- und Verschlüsselungsprogramme von Nöten.

Bei BDA in der Radiologie kann SR einige der oben genannten Probleme lösen. Einheitliche und standardisierte SR-Vorlagen für unterschiedliche Untersuchungsmodalitäten erlauben eine Vereinheitlichung der Formate. Unter der Voraussetzung das so erstellte Befunde in dafür vorgesehene Datenbanken gespeichert werden, können auf deren Inhalte schnell und unproblematisch zugegriffen werden und damit *data-mining* vereinfacht werden. Mehrsprachige Vorlagen ermöglichen es in einem internationalen Rahmen ohne großen Aufwand Quellen zu erschließen und zu verwenden. Für BDA und maschinell-lernende K.I. sind spezifische, geordnete und präzise Daten essenziell und können von SR in hoher Qualität bereitgestellt werden. Insbesondere der Algorithmus für die selbstlernende K.I. profitiert von der Genauigkeit und Struktur der Sprache in SR, sodass in kürzerer Zeit bessere Ergebnisse zum Beispiel bei der Mustererkennung zu erwarten sind. [15, 40,45,46]

3 MATERIAL

3.1 Bildergenerierung:

Alle für die Studie benutzten Bilder wurden im regulären Betrieb der HNO-Ambulanz des Uniklinikums Mainz mit einer 9 MHz Linearsonde eines LOQIQ E9 Ultraschallgerätes (Firma GE Healthcare, Little Chalfont, United Kingdom) aufgenommen. Für die Speicherung und Nutzung der so generierten Bilder kam ein Netzwerk-basiertes Bildarchivierungs- und Kommunikationssystem (PACS, Firma Sectra, Linköping, Schweden) zum Einsatz.

3.2 Befundvorlage SR:

Für die Erstellung und den Aufbau der SR-Vorlage wurde die Technologie von Smart Reporting GmbH (München, Deutschland, <http://www.smart-reporting.com>) verwendet. Diese wurde an die Anforderungen der Kopf-Hals-Sonographie und nach aktuellen Leitlinien angepasst und mit der passenden Terminologie ausgestattet. Der Aufbau der Vorlage spiegelt die Abschnitte eines klassischen Befundberichtes wider

In der vorliegenden Dissertationsschrift wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit ausschließlich die männliche Form verwendet. Sie bezieht sich explizit auf Personen aller Geschlechter (m/w/d).

und besteht aus den Hauptpunkten „Klinische Angaben“, „Voruntersuchung“, „Prozedur“, „Befund“ und „Beurteilung“. Der Befundteil beinhaltet alle relevanten anatomischen Strukturen als Unterpunkte und diese können durch anklickbare, ausklappbare Menüs näher spezifiziert werden. Alternativ besteht die Möglichkeit eine Struktur als Normalbefund zu betiteln. Je nach Auswahl wird parallel in einem auf der rechten Seite lokalisiertem Textfenster automatisch in Echtzeit in semantischen Sätzen und logischer Strukturierung der Befundtext erstellt (siehe Abbildung 1). Dieser ist zusätzlich durch Freitextangaben ergänzbar.

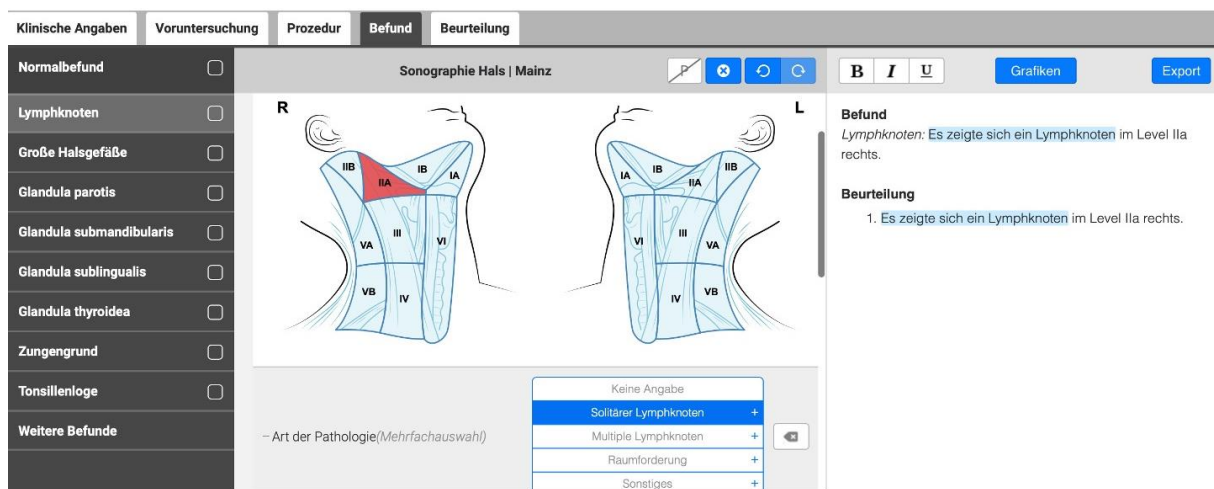


Abbildung 4 Befundung eines solitären Lymphknotens im Level Ila mittels strukturierter Befunderhebung

Der fertige Befundbericht kann anschließend in die Zwischenablage exportiert und bei einer beliebigen klinischen Benutzeroberfläche eingefügt werden.

Smart Reporting bietet strukturierte und maschinenlesbare Befunderhebung für verschiedene medizinische Diagnostik (u.a. CT, MRT, Sonographie) an. Durch Integration in die gängigsten PACS und RIS sowie die Zusammenarbeit mit Experten und Fachgesellschaften sollen hochwertige, vollständige und effiziente Befunde ermöglicht werden. Alle angebotenen SR-Vorlagen lassen sich multilingual in Deutsch und Englisch befunden, einzelne auch in weiteren Sprachen.

Das Format ermöglicht weiterhin die Anwendung für *data-mining*, maschinelles Lernen und den Aufbau von medizinischen Datenbanken. Automatische Bildauswertung kann in die Software integriert und deren Ergebnisse direkt in die Vorlage übernommen werden.

In der vorliegenden Dissertationsschrift wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit ausschließlich die männliche Form verwendet. Sie bezieht sich explizit auf Personen aller Geschlechter (m/w/d).

3.3 Verwendete Formulare:

Für die FTR wurde der B-Mode-Sonographie-Befundungsbogen der HNO-Ambulanz der Universitätsklinik Mainz verwendet (siehe Abbildung 2a). Dieser beinhaltet die Patientendaten und den Namen des Untersuchers. Dann folgt der Anlass für die Untersuchung als Diagnose bzw. Fragestellung. Der Befundungsbereich unterteilt sich in die Organsysteme Gefäß-Nerven-Scheide, Gefäße, Schilddrüse, die einzelnen Speicheldrüsen sowie den Mundboden und den Zungengrund. Die Befundung selbst erfolgt entweder durch Freitext, Skizze im Piktogramm oder das Ausfüllen von Checklisten. Falls ein Organsystem nicht untersucht wurde oder unauffällig war, kann dies jeweils durch entsprechende Felder deutlich gemacht werden. Der Abschluss bildet ein Freitextfeld für die Beurteilung. Validiert wird der Bogen durch die Unterschrift des Untersuchers und das Datum der Untersuchung.

Zur Auswertung sowohl der SR- als auch der FTR-Befunde kam ein von uns entworfener Evaluationsbogen zum Einsatz (siehe Abbildung 2b). Auf diesem wird anfangs festgehalten, um welche Art der Befunderfassung es sich handelt (strukturiert oder konventionell), welche Pathologie beschrieben wird und welchen Ausbildungsstand der Ersteller vorweist. Im Anschluss wird die Dauer der Befunderhebung in Sekunden angegeben und die Lesbarkeit des Befundes beurteilt. Dabei werden Punkte von 1-5 für die Qualitäten „sehr gut“ (5 Punkte) bis „schlecht“ (1 Punkt) vergeben.

Die Vollständigkeit wird durch eine Punktvergabe erfasst, welche sich nach Anwesenheit der obligat zu beschreibenden Organsysteme der Lymphknotenstationen, der Halsgefäße und der Drüsen richtet. Das Lymphknotensystem ist unterteilt in die Level I – VI nach Robbins [47] auf beiden Seiten. Die Drüsen sind unterteilt in die Glandulae submandibulares und parotidaeae sowie die Glandulae thyroideae rechts wie links. Die Halsgefäße unterteilen sich in die Arteriae carotides communes, externae und internae sowie den Venae jugulares internae jeweils beidseits. Für jede einzelne Erwähnung innerhalb dieser Organsysteme wird 1 Punkt vergeben.

Eine weitere Kategorie bildet die Beschreibung der vorliegenden Pathologie. Für jede Spezifizierung wird auch hier 1 Punkt vergeben. Je nach Pathologie könnte u.a. die Größe, die Perfusion oder die Lage beschrieben werden.

In der vorliegenden Dissertationsschrift wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit ausschließlich die männliche Form verwendet. Sie bezieht sich explizit auf Personen aller Geschlechter (m/w/d).

Die vollständige Auswertung durch einen solchen Bogen ergibt dann die folgenden 3 Parameter: Die Dauer der Befundung in Sekunden, die Lesbarkeit in Punkten und die Vollständigkeit in Punkten.

a

JOU UNIVERSITÄTSMEDIZIN. MAINZ
Hals-, Nasen-, Ohren-Klinik und Poliklinik –
Plastische Operationen
Direktor:
Univ.-Prof. Dr. med. Christoph Matthias

B-Mode-Sonographie

OP. Datum Erstuntersuchung
 Verlauf

Untersucher: _____ Station: Polikl.

Befund V.a. _____


Ausdehnung _____

Diagnose / Fragestellung: _____

Ultraschalluntersuchung

FNP erfolgt
 keine vergr. LK's

Befund: _____ Gefäßstatus: Gefäße frei

Schilddrüse: unauffällig nicht untersucht
Befund: 

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

Beurteilung: _____ Datum: _____ Unterschrift: _____

b

Auswertungsbogen Befunderfassung der Sonographie der Halsweichteile DEGUM-Kurse

Strukturierte Befunderfassung Konventionelle Befunderfassung

Prüfercode: _____

Ausbildungsstand Prüfer: _____

Befund: LK-Metastase Parotistumor Laryngocele

Dauer Befunderhebung (Sekunden): _____

1. Lesbarkeit des Befundes:

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

3. Vollständigkeit (jeweils 1 Punkt)

Lymphknoten

Level I rechts Level I links Level II rechts Level II links
 Level III rechts Level III links Level IV rechts Level IV links
 Level V rechts Level V links Level VI rechts Level VI links

Nomenklatur auffälliger Lymphknoten

Größe Perfusion Hiluszeichen Anzahl
 Dignität

Drüsen

GPA rechts GPA links GSM rechts GSM links
 Gl. thyroidea rechts Gl. thyroidea links

Nomenklatur Drüsentumor

Größe Perfusion Begrenzung
 Oberflächlich/Tief Cranial/medial/caudal weiterführende Beschreibung
 Dignität Drüsenparenchym

Nomenklatur Laryngocele

Lage Spezifizierung (RF) Größe Distales Schallmuster
 Perfusion

Halsgefäße

ACC rechts ACC links ACI rechts ACI links
 ACE rechts ACE links VJI rechts VJI links

Abbildung 5 Freitextbefundvorlage für die B-Bild-Sonographie der Hals-, Nasen-, Ohrenklinik und Poliklinik der Universitätsmedizin Mainz (a). Spezifischer Auswertungsbogen für B-Bild-Sonographiebefund im Rahmen der vorliegenden Promotionsarbeit (b).

Zur Evaluation der Befundungsverfahren kam jeweils ein Fragebogen mit 13 *Items* für SR und 8 *Items* für FTR zum Einsatz (Siehe Abbildung 3). Auf die *Items* konnte mit einer 10-teiligen visuellen Analogskala geantwortet werden, welche die Ausprägungen 0= trifft voll zu und 10= trifft gar nicht zu besitzt.

Die ersten beiden Fragen des SR-Fragebogens richten sich danach, ob im klinischen Alltag Computer-basierte Befunderhebung (Frage 1) und strukturierte Befunderhebung (Frage 2) verwendet werden und wie häufig generell Sonographie durchgeführt wird (Frage 3). Die nächsten *Items* ermitteln die Meinung des Probanden zur Sinnhaftigkeit einer strukturierten Befunderfassung im Allgemeinen (Frage 4) und In der vorliegenden Dissertationsschrift wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit ausschließlich die männliche Form verwendet. Sie bezieht sich explizit auf Personen aller Geschlechter (m/w/d).

ob er sie im Alltag anwenden würde (Frage 5). Es wird anschließend die Einschätzung der Studienteilnehmer abgefragt, ob SR zu einer Verbesserung der Befundung (Frage 6) und zu einer Zeitersparnis (Frage 7) führt. Falls die vorherige Frage verneint wird, zielt Frage 8 darauf, ob sie einen zeitlichen Mehraufwand für gerechtfertigt halten.

Weiterhin interessiert uns, inwieweit SR Anfängern beim Erlernen der Untersuchung (Frage 9) und der Befundung (Frage 10) unterstützt. Abschließend wird nach der Einsteigerfreundlichkeit (Frage 11) und der Übersichtlichkeit (Frage 12) der verwendeten SR-Vorlage gefragt. Verbesserungsvorschläge für diese können in Form von Freitext beim letzten *Item* geäußert werden (Frage 13).

Der FTR-Fragebogen enthält *Items* zur Sinnhaftigkeit der konventionellen Befunderhebung (Frage 1) und der Anwendbarkeit im klinischen Alltag (Frage 2). Ob es zu einer Verbesserung der Befunderhebung (Frage 3) und zu einer Zeitersparnis (Frage 4) durch FTR kommt und ob ein eventueller zeitlicher Mehraufwand gerechtfertigt ist (Frage 5), wird analog zum SR-Fragebogen ermittelt. Ebenso hat uns interessiert, inwieweit FTR Anfängern beim Erlernen der Untersuchung (Frage 6) und der Befundung (Frage 7) unterstützt. Abschließend wird noch nach der Einsteigerfreundlichkeit der FTR-Vorlage gefragt (Frage 8).

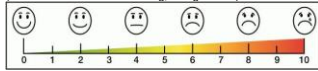
Evaluationsbogen Strukturierte Befunderhebung Kopf-Hals-Sonographie

Teilnehmercode:

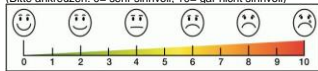
Verwenden Sie im klinischen Alltag eine Computer-basierte Befunderhebung?
 Ja Nein

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

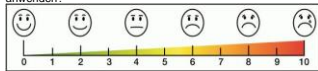
Wie häufig verwenden Sie die Sonographie im klinischen Alltag? (Bitte ankreuzen: 0= sehr häufig, 10= gar nicht)



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?

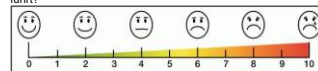


Evaluationsbogen Strukturierte Befunderhebung Kopf-Hals-Sonographie

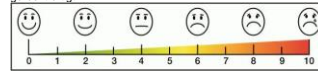
3.) Glauben Sie, dass eine strukturierte Befunderhebung zur Verbesserung der Befundung führt?



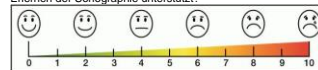
4.) Denken Sie, dass eine strukturierte Befunderhebung zu einer Zeitersparnis führt?



5.) Falls nein (Frage 6), halten Sie den zeitlichen Mehraufwand für gerechtfertigt?

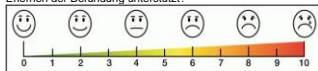


6.) Glauben Sie, dass eine strukturierte Befunderhebung den Einsteiger beim Erlernen der Sonographie unterstützt?

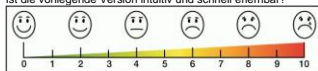


Evaluationsbogen Strukturierte Befunderhebung Kopf-Hals-Sonographie

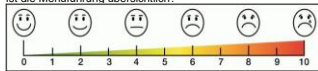
7.) Glauben Sie, dass eine strukturierte Befunderhebung den Einsteiger beim Erlernen der Befundung unterstützt?



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



9.) Ist die Menüführung übersichtlich?

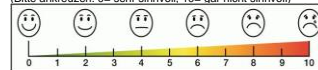


10.) Was würden Sie sich an Verbesserungen wünschen? (Freitext)

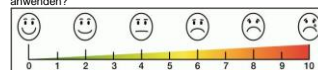
Evaluationsbogen Konventionelle Befunderhebung Kopf-Hals-Sonographie

Teilnehmercode:

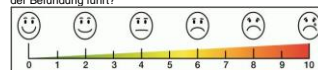
1.) Halten Sie eine konventionelle Befunderhebung für sinnvoll? (Bitte ankreuzen: 0= sehr sinnvoll, 10= gar nicht sinnvoll)



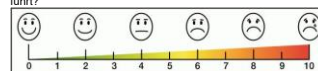
2.) Würden Sie eine konventionelle Befunderhebung im klinischen Alltag anwenden?



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



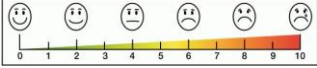
4.) Denken Sie, dass eine konventionelle Befunderhebung zu einer Zeitersparnis führt?



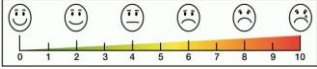
JGU UNIVERSITÄTmedizin.
MAINZ

Evaluationsbogen Konventionelle Befunderhebung Kopf-Hals-Sonographie

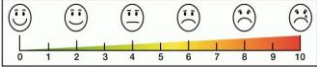
5.) Falls nein (Frage 6), halten Sie den zeitlichen Mehraufwand für gerechtfertigt?



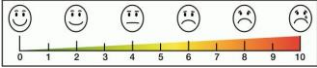
6.) Glauben Sie, dass eine konventionelle Befunderhebung den Einsteiger beim Erlernen der Sonographie unterstützt?



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



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



E: H. Hodeib, P: PD Künzel, F: Dr. Ernst Datum: 01.02.2018 Seite: 3 von 3

Abbildung 6 Fragebogen zur Benutzerzufrieden bei der Anwendung von strukturierter Befunderhebung und Freitextbefunderhebung von Kopf-Hals-Sonographien.

3.4 Probandenkollektive:

Die erste Gruppe setzt sich aus 29 Studierenden der Johannes Gutenberg-Universität Mainz zusammen, die als Tutoren der „Sono-for-Klinik“-Initiative Sonographie-Kurse für andere Studierende anbieten. Diese erhielten im Rahmen einer jährlichen Fortbildung eine mehrstündige Einführung in die Kopf-Hals-Sonographie und nahmen im Anschluss an der vorliegenden Studie teil.

„Sono-for-Klinik“ wurde 2017 an der Johannes Gutenberg-Universität Mainz von Ultraschall-interessierten Studierenden gegründet, um die universitäre Lehre in Bezug auf die Sonographie zu verbessern. Bis dahin existierte diesbezüglich kein einheitliches Konzept und die Lehre verteilte sich lose auf die einzelnen Fachbereiche (v.a. Innere Medizin, Chirurgie, HNO). In Zusammenarbeit mit der Rudolf-Frey-Lernklinik am Universitätsklinikum Mainz wurden räumliche Voraussetzungen geschaffen, Ultraschallgeräte beantragt und Didaktikfortbildungen für die Tutoren organisiert.

In der vorliegenden Dissertationsschrift wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit ausschließlich die männliche Form verwendet. Sie bezieht sich explizit auf Personen aller Geschlechter (m/w/d).

Aktuell kann jedem Studierenden des 5. Fachsemesters ein aus 10 Kurstagen bestehender wöchentlicher Kurs angeboten werden. Im Anschluss wird der Lernerfolg durch eine *Objective Structured Clinical Examination* (OSCE)-Prüfung überprüft. Die Kurstage decken dabei die einzelnen Organe der Abdomensonographie, die Kopf-Hals und Lungen-Sonographie ab. Für Studierende anderer klinischer Semester werden Wochenendkompaktkurse angeboten, die den Inhalt der 10 Kurstage in komprimierter Form beinhalten und als *Refresher* genutzt werden können.

Tabelle 1 Eigenschaften der teilnehmenden Medizinstudierenden

Eigenschaften	Wert
Teilnehmerzahl	29
Länge des bisherigen Studiums (Mittelwert +SD)	2,71 ± 0,81 Jahre (Spannweite: 1-4 Jahre)
Geschlecht	männlich: 44,8%, weiblich: 55,2%
	unzureichend: 0%
Selbsteinschätzung der Ultraschallerfahrung	schwach: 17,2% durchschnittlich: 58,6% gut: 24,2% sehr gut: 0%

Die zweite Gruppe setzt sich aus 24 Assistenzärzten der HNO mit unterschiedlichem Weiterbildungsstand (1. Weiterbildungsjahr bis Facharzt) und unterschiedlichen Herkunftskrankenhäuser zusammen, welche 2018 an einem 3-teiligen Kopf-Hals-Ultraschallkurs der Deutschen Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin (DEGUM) teilnahmen. Die Ärzte waren geübt im klinischen Alltag ihre Befunde mittels FTR zu erstellen. Das Ausmaß ihrer Erfahrung in der Sonographie wurde durch eine Selbsteinschätzung mittels 5-teiliger Skala ermittelt (0: unzureichende Erfahrung, 5: sehr erfahren).

Tabelle 2 Eigenschaften der teilnehmenden Assistenzärzte

Eigenschaften	Wert
Teilnehmerzahl	24
Alter	29,17 ± 2,41 Jahre (Spannweite: 27-34 Jahre)
Weiterbildungsjahre	2,0 ± 0,94 Jahre (Spannweite: 1-4 Jahre)
Geschlecht	weiblich: 50%, männlich: 50%
	unzureichend: 0%
Selbsteinschätzung der Ultraschallerfahrung	schwach: 0% durchschnittlich: 70,1% gut 25,0% sehr gut: 4,9%

3.5 Pathologiebilder:

Für Gruppe 1 standen Bilder von drei verschiedenen Pathologien zur Auswahl, von welchen den Studierenden zwei Pathologien zur Befundung zugeteilt wurden (siehe Abbildung 4).

Bild 1 zeigte eine akute zervikale Lymphadenitis mit Größenmessung, Angabe des Halslevels und einer Duplexmessung. Bild 2 zeigte einen benignen Parotistumor mit Größenmessung, Duplex und Piktogramm der Lage. Auf Bild 3 ist ein Speichelstein im Ausführgang der Glandula submandibularis zu sehen. Dieser wirft einen Schallschatten und wurde ausgemessen.

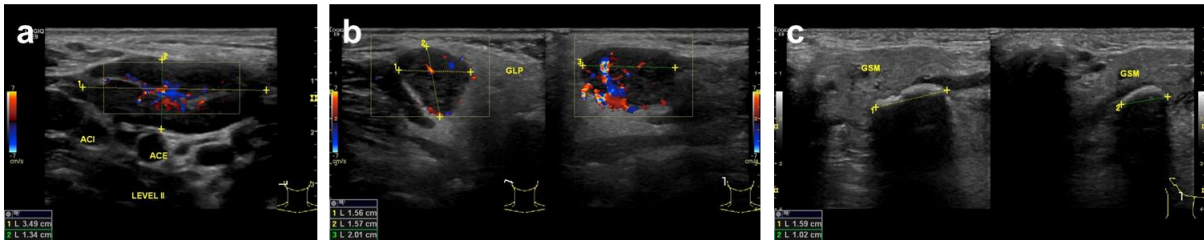


Abbildung 4: Musterbefunde typischer sonographischer Pathologien (a: Unspezifische Lymphadenitis colli, b: Benignom der *Glandula parotis*, c: Sialolithiasis des *Ductus Wharton*) zur Befundung im Rahmen eines studentischen Intensivkurses für Kopf-Hals-Sonographie.

Bei Gruppe 2 wurden insgesamt 9 verschiedene Pathologien mit unterschiedlicher Komplexität gezeigt, von denen je 3 pro Kursteil in aufsteigender Komplexität befundet wurden (siehe Tabelle 3).

Tabelle 3 Übersicht über die zu befundenden Pathologien im Rahmen der Mainzer Kopf-Hals-Sonographiekurse 2018.

	Grundkurs:	Aufbaukurs:	Abschlusskurs:
Pathologie I:	Unspezifische <i>Lymphadenitis colli</i>	<i>Zervikales Non-Hodgkin's Lymphom</i>	Zervikale Lymphknotenmetastase
Pathologie II:	<i>Benignom der Glandula parotidea</i>	<i>Pleomorphes Adenom der Glandula parotidea</i>	Adenoidzystisches Karzinom der <i>Glandula parotidea</i>
Pathologie III:	<i>Sialolithiasis des Ductus wharton</i>	<i>Medulläres Schilddrüsenkarzinom</i>	Äußere <i>Laryngozele</i>

Die Beispielbefunde wurden anschließend zunächst mittels FTR und

Für Kurs 1 wurden oben genannte Pathologien verwendet. Im zweiten Kurs zeigte Bild 4 ein zervikales *Non-Hodgkin-Lymphom* mit Messung der Größe, Lageangabe und Duplexfenster. Auf Bild 5 war ein pleomorphes Adenom der Parotis zu sehen mit Angabe der Größe und der Perfusion mittels Duplex. Bild 6 beinhaltet ein medulläres Schilddrüsenkarzinom mit Größenmessung, Duplex und Lageangabe mittels eines Piktogramms. Für den dritten Kurs legten wir mit Bild 7 eine zervikale Lymphknotenmetastase vor. Bild 8 zeigte ein adenoidzystisches Karzinom der Parotis und Bild 9 zeigte eine Laryngocele. Bei allen 3 Bildern lagen Aufnahmen in 2 Ebenen vor, es wurde die Größe gemessen und ein Duplex verwendet. Die Lage wurde durch Piktogramme und/oder Angabe der Halslevel deutlich gemacht.

In der vorliegenden Dissertationsschrift wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit ausschließlich die männliche Form verwendet. Sie bezieht sich explizit auf Personen aller Geschlechter (m/w/d).

4 METHODEN

4.1 Ablauf der Studie:

Der Prozess der Datenerhebung gestaltete sich zwischen den beiden Gruppen analog. Die Teilnehmer wurden über den Ablauf der Studie informiert und erhielten Zeit, sich mit den Pathologiebildern und FTR-Vorlage vertraut zu machen sowie eventuelle Fragen zu stellen. Es erfolgte eine Einweisung in die SR-Vorlage und mehrere Probeläufe. Dann erhielten die Teilnehmer die Vorgabe, einen vollständigen Befundbericht für eine komplette sonographische Kopf-Hals-Untersuchung mit dem entsprechenden Bild als einzigen pathologischen Befund zu erstellen. Sie wurden explizit darauf hingewiesen, dass die nicht im Bild zu sehenden Strukturen ebenfalls untersucht wurden und sich als Normalbefund präsentierten. Um ein potenzielles *Confounding* zu minimieren, entschlossen wir uns, dass die Teilnehmer die zugeteilten Pathologien in einem ersten Schritt mittels FTR und im Anschluss ohne weiteres Feedback mit SR befunden.

Sobald die Probanden mit dem Ausfüllen der Vorlage starteten, wurde die Zeit gemessen, bis der jeweilige Befund fertiggestellt wurde. In der Summe erhielten wir so pro Proband vier Befunde mit Zeiten (2 für FTR und 2 für SR) in Gruppe 1 und sechs Befunde mit Zeiten (3 für FTR und 3 für SR) in Gruppe 2. Nachdem alle Befunde erstellt wurden, füllten die Teilnehmer im Anschluss noch die Fragebögen für beide Befundungsverfahren aus. Fragebögen und Befundberichte wurden unabhängig voneinander und anonym gespeichert.

Die Auswertung der Befunde erfolgte mit Hilfe der oben vorgestellten Evaluationsbögen durch 2 unabhängige Experten (HNO-Fachärzte mit DEGUM-Qualifikation). Die Gesamtqualität wurde dabei definiert als die Summe aus Vollständigkeit, Detailliertheit der Pathologiebeschreibung, der Terminologie und der Lesbarkeit. Anschließend wurde die Befundqualität wie folgt eingeteilt: sehr hoch (80-100%), hoch (60-80%), moderat (40-60%), schlecht (20-40%) und unzureichend (0-20%).

4.2 Fallzahlberechnung:

In Gruppe 1 ermittelten wir die Anzahl an benötigten Probanden anhand der angenommenen Effektstärke beim Vergleich von FTR mit 80% Vollständigkeit oder mehr zu eben solchen SR. In Bezug auf die Befundqualität bei anderen Bildgebungsverfahren [23,31] nahmen wir einen Anteil von 55% der FTR mit sehr hoher Vollständigkeit (80% oder mehr) an. Wir schätzten, dass durch SR dieser Anteil auf 70% steigen würde. Bei einer Power von 80% und einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ errechneten wir so eine Fallzahl von $n=82$ Befundberichten (41 Befunde pro Verfahren).

In Gruppe 2 basierte die Fallzahlberechnung ebenfalls anhand der antizipierten Effektstärke bei dem Vergleich von Befundberichten mit 80% Vollständigkeit oder mehr. Anhand anderer Publikation zu dem Thema vermuteten wir einen Anteil von 40% an FTR mit sehr hoher Vollständigkeit und schätzen, dass es zu einer Steigerung auf 80% durch das Benutzen von SR kommt. [33] Wir errechneten bei einer Power von 80% und einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ eine minimale Anzahl an Befunden von $n=44$ (22 Berichte für jedes Verfahren).

4.3 Statistische Analyse:

Alle Daten werden mit Mittelwert und Standardabweichung angegeben. Um Vollständigkeit, Detailgrad und benötigte Zeit der Befunde zu vergleichen wurde der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test für verbundene Stichproben verwendet. Die Ergebnisse der Fragebögen wurden aufgrund ihrer parameterfreien Verteilung ebenfalls mit dem Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test verglichen. Korrelationen wurden durch eine lineare Regressionsanalyse aufgedeckt. P-Werte unter 0,05 sind dabei als signifikant zu werten. Um die *inter-rater* Reliabilität zu beurteilen, wurde *Cohen's* Kappa angewandt. Bei allen Analysen kam SigmaPlot 12 (Systat Software, Inc, San Jose, CA, USA) zum Einsatz.

5 ERGEBNISSE:

5.1 Befundauswertung der Medizinstudierenden:

In der Gruppe der Medizinstudierenden wurden 116 Befunde ausgewertet (58 Befunde für SR und 58 Befunde für FTR). Die Auswertung erfolgte durch zwei in der Kopf-Hals-Sonographie erfahrene Fachärzte für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, die insgesamt 232 Bewertungen abgaben (116 für jeden Auswerter).

Die statistische Auswertung ergab, dass die Studierenden durch das Benutzen von SR in allen Kategorien signifikant vollständigere Befunde erstellen konnten als mit FTR (97,7% zu 53,5%, $p < 0,001$, siehe Abb. 6a). Dies zeigte sich im Detail sowohl bei der Beschreibung der Lymphknotenlevel (95,1% zu 33,5%, $p < 0,001$), der großen Blutgefäße (100% zu 61,2%, $p < 0,001$) als auch bei den Speicheldrüsen (99,7% zu 83,3%, $p < 0,002$). Weiterhin erfolgte die Beschreibung der einzelnen Pathologien signifikant detaillierter durch SR (70% zu 51,1%, $p < 0,001$, siehe Abb. 6b).

Die Studierenden benötigten zudem durchschnittlich weniger Zeit die Befunde mit SR zu erstellen (79,6s zu 205,4s, $p < 0,01$) und diese wiesen eine signifikant bessere Lesbarkeit im Vergleich zu FTR auf (100% zu 54,4%, $p < 0,001$, siehe Abb. 6c).

Die Befunde wurden nach den unter „Ablauf der Studie“ genannten Punkten nach der Gesamtqualität eingeteilt. Dabei zeigte sich, dass die Verwendung von SR zu einer signifikanten Verbesserung der Befundqualität im Vergleich zur FTR führt (92,3% zu 55,8%, $p < 0,001$, siehe Abb. 6b). Darüber hinaus war eine signifikante Assoziation von FTR zu Befunden mit schlechter und durchschnittlicher Qualität zu erkennen (48,3% zu 0%, $p < 0,001$). SR wiesen im Vergleich eine signifikante Assoziation mit Befunden von hoher oder sehr hoher Qualität auf (100% zu 10,3%, $p < 0,001$).

Bei der linearen Regressionsanalyse zeigte sich kein signifikanter Zusammenhang zwischen der benötigten Zeit zur Erstellung des Befundes und der Gesamtqualität ($R=0.193$, $R^2=0.0371$, $p=0,317$).

Bei einem Fleiss' Kappa von 0,93 ist die Interrater-Reliabilität als sehr hoch anzusehen.

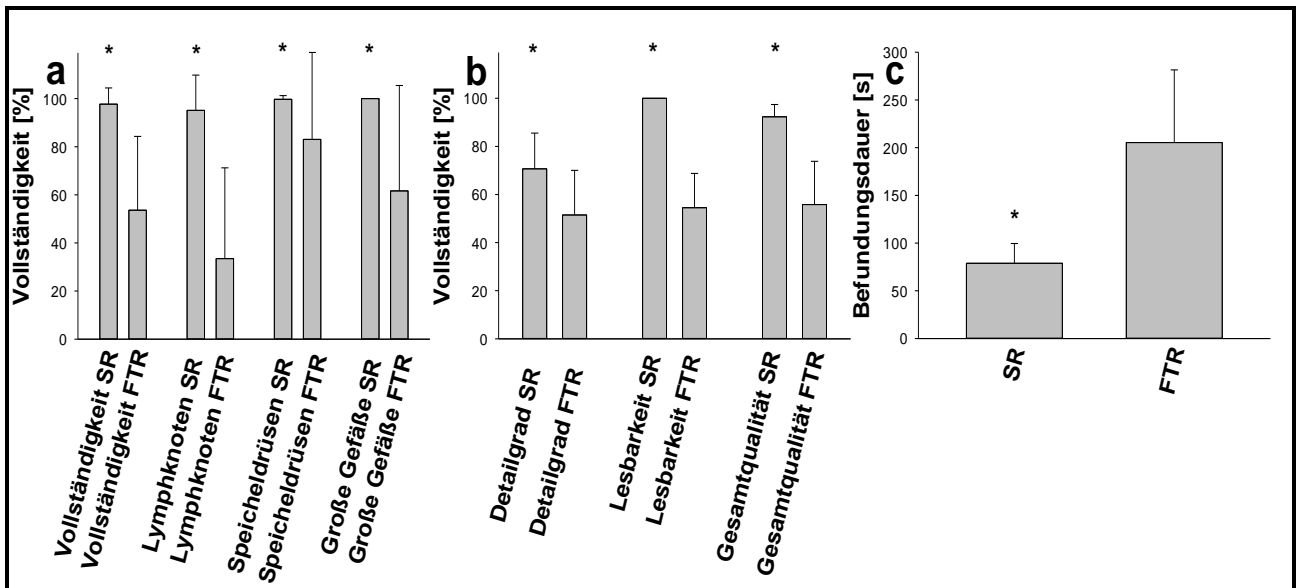


Abb. 6: Statistische Auswertung der sonographischen Befunde im Kollektiv der Medizinstudierenden.

Die strukturierte Befunderhebung (SR) führt zu signifikant vollständigeren Beschreibungen von Lymphknoten, Speicheldrüsen und den großen Blutgefäßen sowie einer signifikant höheren Gesamtvollständigkeit gegenüber der konventionellen Befunderhebung (FTR) (a). Durch die Verwendung von SR zeigt sich eine signifikant detailliertere Beschreibung der Pathologie, eine verbesserte Lesbarkeit und eine bessere Gesamtqualität (b). Die Befundungsdauer ist signifikant kürzer bei der Benutzung von SR (c).

* markiert signifikante Ergebnisse ($p < 0,05$)

Die Auswertung des Evaluationsfragebogens zeigte eine signifikante Bevorzugung von SR über FTR aller befragten Studierenden in allen Kategorien (VAS 8,5 zu 4,1, $p < 0,001$, siehe Abb. 7). Sie sahen die Verwendung von SR als alltagstauglich (9,1 zu 5,1, $p < 0,001$), als zeitsparend (7,8 zu 3,0, $p < 0,001$) und leicht zugänglich an (8,8 zu 4,0, $p < 0,001$). Die Studierenden waren der Meinung, dass SR ihnen sowohl bei der Durchführung der Untersuchung (7,1 zu 4,0, $p < 0,003$) als auch beim anschließenden Erstellen des Befundes (8,1 zu 5,3, $p < 0,001$) hilfreich sein kann. Insgesamt wurde davon ausgegangen, dass sich durch SR qualitativ bessere Befunde erstellen lassen als durch FTR (8,9 zu 3,6, $p < 0,001$).

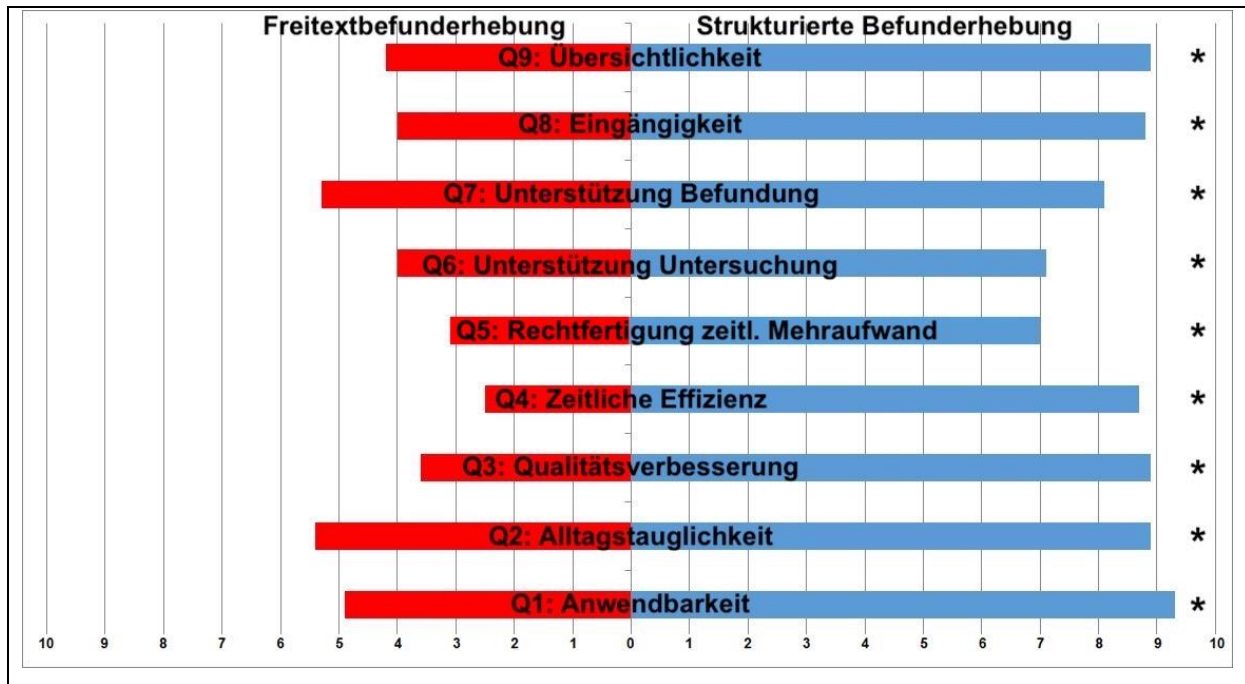


Abb. 7: Evaluation der Benutzerzufriedenheit im Kollektiv der Medizinstudierenden als visuelle Analogskala (VAS, 10 = vollständige Zustimmung; 0 = vollständige Ablehnung). Auf der rechten Seite werden durch die blauen Balken die Ergebnisse für die strukturierte Befunderhebung dargestellt, auf der linken Seite wird durch die roten Balken die Ergebnisse für die Freitextbefunderhebung dargestellt. Bei allen Fragen zeigte sich eine signifikante Präferenz für die Strukturierte Befunderhebung.

* markiert signifikante Ergebnisse ($p < 0,05$)

5.2 Befundauswertung der Assistenzärzte:

Von den im Rahmen des dreiteiligen DEGUM-zertifizierten Mainzer Kurses für Kopf-Hals-Sonographie von Assistenzärztinnen erhobenen Befunden wurden insgesamt 144 (72 für je SR und FTR) ausgewertet. Dies geschah ebenfalls durch zwei in Kopf-Hals-Sonographie erfahrene Fachärzte für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, die insgesamt 288 Bewertungen erstellten (144 pro Arzt).

Die statistische Analyse zeigte, dass durch die Verwendung von SR in allen Kategorien signifikant vollständigere Befunde erstellt wurden (95,6% zu 26,4%, $p < 0,001$, siehe Abb. 8a). Um ins Detail zu gehen, war dies sowohl bei den Lymphknotenlevel (92,3 zu 17,3, $p < 0,001$), den großen Blutgefäßen (98,8% zu 15,5%, $p < 0,001$) als auch bei den Speicheldrüsen (97,8% zu 59,3%, $p < 0,001$) der Fall. Darüber hinaus wurden auch die von uns vorgelegten Pathologien durch SR detaillierter beschrieben als durch FTR (72,3% zu 58,9%, $p < 0,001$, siehe Abb. 8b).

Die durchschnittliche Erstelldauer der Befunde war unter SR signifikant kürzer als unter FTR (99,1s zu 115,0s, $p < 0,001$, siehe Abb. 8c) und diese wiesen eine signifikant bessere Lesbarkeit auf (100% zu 52,4%, $p < 0,001$, siehe Abb. 8b).

Nach der Einteilung in die unter „Ablauf der Studie“ genannten Kategorien der Befundqualität zeigte sich, dass SR Befunde mit signifikant besserer Gesamtqualität produziert im Vergleich zu FTR (91,8% zu 35,1%, $p < 0,001$, siehe Abb. 8b). Dabei konnte eine positive Korrelation zwischen SR und Befunden mit hoher oder sehr hoher Qualität aufgezeigt werden (91,7% zu 6,0%, $p < 0,001$).

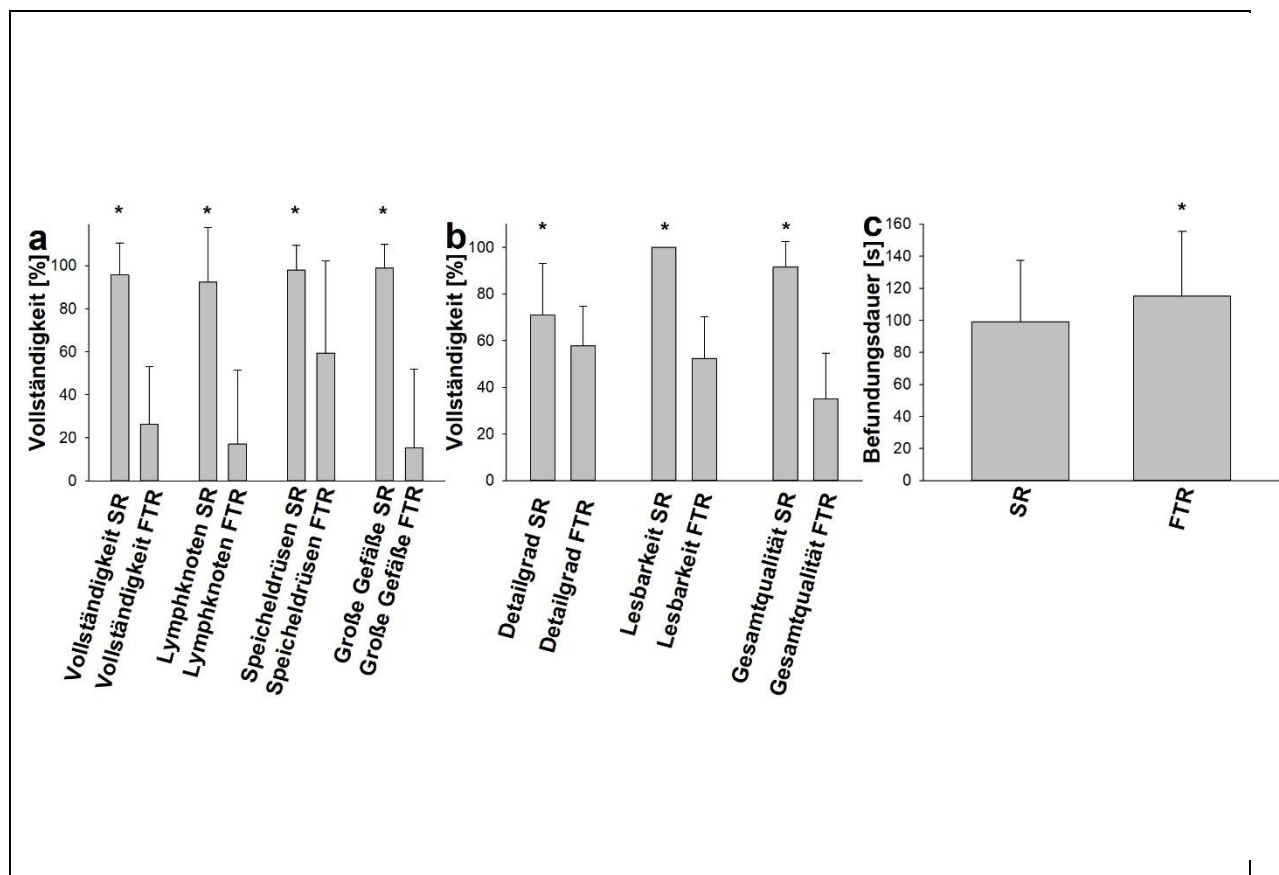


Abb. 8: Statistische Auswertung der sonographischen Befunde im Kollektiv der Assistenzärzten.

Strukturierte Befunderhebung (SR) führt zu signifikant vollständigeren Beschreibungen von Lymphknoten, Speicheldrüsen und den großen Blutgefäßen sowie einer signifikant höheren Gesamtvollständigkeit gegenüber der konventionellen Befunderhebung (FTR) (a). Durch die Verwendung von SR zeigt sich eine signifikant detailliertere Beschreibung der Pathologie, eine verbesserte Lesbarkeit und eine bessere Gesamtqualität (b). Die Befundungsdauer ist signifikant kürzer bei der Benutzung von SR (c).

* markiert signifikante Ergebnisse ($p < 0,05$)

Bei der Evaluation des longitudinalen Lernfortschrittes über die drei Kurse war bei der Verwendung von SR bei Kurs II eine fortschreitende Zeitersparnis erkennbar (-16,1s,

In der vorliegenden Dissertationsschrift wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit ausschließlich die männliche Form verwendet. Sie bezieht sich explizit auf Personen aller Geschlechter (m/w/d).

$p=0,072$, siehe Abb.9b). In Kurs III zeigte diese im Vergleich zum Ausgangswert in Kurs I signifikantes Niveau ($-20,1s$, $p=0,036$). Die Gesamtqualität veränderte sich nicht signifikant weder in Kurs II ($-2,2\%$, $p=0,09$) noch in Kurs III ($-6,2\%$, $p=0,084$, siehe Abb. 9a).

Durch die Verwendung von FTR zeigte sich keine Zeitersparnis in Kurs II ($-1,1s$, $p<0,463$) und III ($-0,48$, $p<0,479$, siehe Abb.9b). Im Gegensatz zu SR kam es bei FTR zu einer signifikanten Abnahme der Gesamtqualität der Befunde sowohl in Kurs II ($-15,8\%$, $p=0,0084$) als auch in Kurs III ($-10,7\%$, $p=0,04$, siehe Abb.9a).

SR wies eine hohe Interrater-Reliabilität auf mit einem Fleiss' Kappa von 0,9.

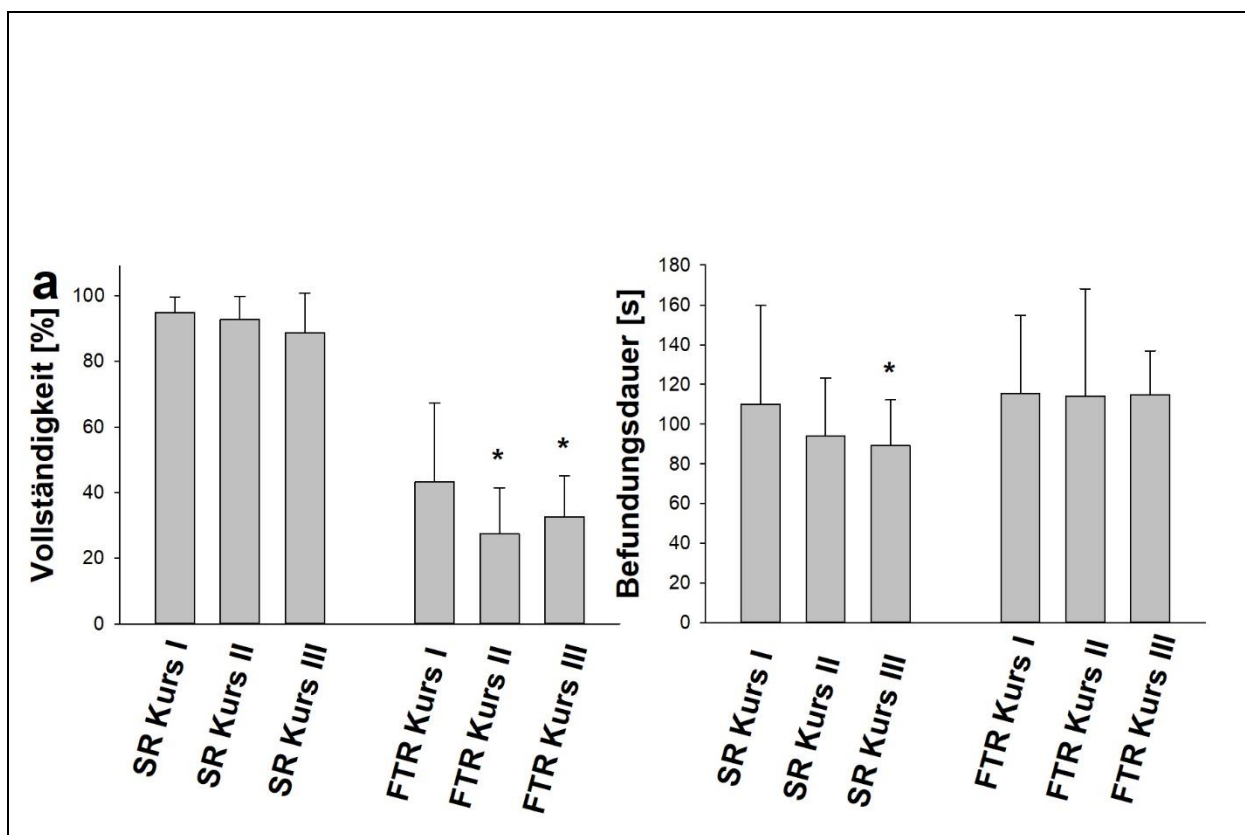


Abb. 9: Longitudinale Analyse von Befundvollständigkeit und Befundungsdauer im Kollektiv der Assistenzärzte über alle Kursteile.

Strukturierte Befunderhebung (SR) zeigte eine signifikante Verbesserung der Zeiteffizienz (b) bei gleichbleibender Gesamtqualität (a). Konventionelle Befunderhebung zeigt keine Verbesserung der Zeiteffizienz (b) bei signifikanter Abnahme der Gesamtqualität (a).

* markiert signifikante Ergebnisse ($p<0,05$)

Bei der Auswertung der Evaluationsbögen wurde deutlich, dass alle befragten Assistenzärzte SR signifikant bevorzugten (8,3 zu 6,3, $p<0,001$, siehe Abb. 10).

Weiterhin waren sie der Meinung, dass durch SR Befunde höherer Qualität erstellt

werden können (8,7 zu 5,2, $p=0,005$) und dass dieses eine Hilfe beim Lernen der Befundung darstelle (8,5 zu 6,9, $p=0,017$). Alle weiteren von uns gestellten Fragen zeigten eine deutliche Tendenz Richtung SR, ohne das Signifikanzniveau zu erreichen.

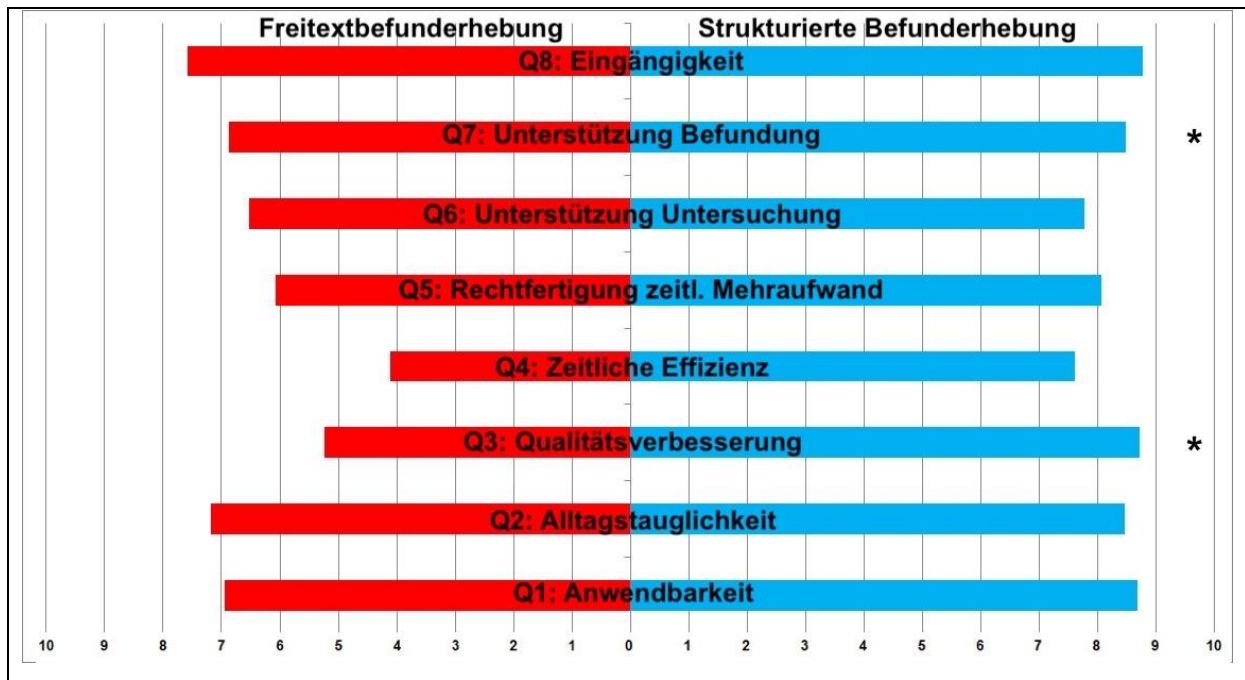


Abb. 10: Evaluation der Benutzerzufriedenheit im Kollektiv der Assistenzärzte als visuelle Analogskala (VAS, 10 = vollständige Zustimmung; 0 = vollständige Ablehnung).

Auf der rechten Seite werden durch die blauen Balken die Ergebnisse für die strukturierte Befunderhebung (SR) dargestellt, auf der linken Seite wird durch die roten Balken die Ergebnisse für die Freitextbefunderhebung dargestellt. SR wird als Unterstützung beim Lernen der Befundung angesehen und es wird angenommen, dass durch seine Verwendung eine Verbesserung der Befundqualität erreicht werden kann. Alle weiteren Fragen zeigten eine Präferenz für SR.

* markiert signifikante Ergebnisse ($p < 0,05$)

6 DISKUSSION:

Es konnte gezeigt werden, dass Medizinstudiende mit Hilfe von SR signifikant bessere Befunde in Bezug auf die Gesamtqualität erstellen konnten als mit FTR und das in einer signifikant kürzeren Zeitspanne. Diese bessere Gesamtqualität setzt sich aus den signifikant höheren Wertungen bei Vollständigkeit, Lesbarkeit und Detailliertheit zusammen.

Die bessere Lesbarkeit der SR-Befunde erklärt sich dadurch, dass diese durch den Computer erstellt worden sind (100% Lesbarkeit), während die FTR-Vorlage nur eine handschriftliche Befundung zulässt (Lesbarkeit 54,4%). Die Lesbarkeit von handschriftlichen Befunden schwankt individuell stark und kann unter Zeitdruck weiter abnehmen. Eine schlechte Lesbarkeit kann negative Konsequenzen wie Fehlbehandlungen oder Unzufriedenheit im interdisziplinären Austausch nach sich ziehen. [19] Es muss eventuell mehr Zeit investiert werden den Befund zu lesen, man ist auf Nachfragen angewiesen oder es kommt zu Unklarheiten und Verwechslungen. Durch Einscannen oder Kopieren kann die Lesbarkeit weiter abnehmen. Ferner bedingt dieser Vorgang zusätzliche personelle, technische und ökologische Ressourcen, die durch eine primäre Digitalisierung vermieden werden können. Insbesondere anfordernde Ärzte oder Nachuntersucher bei Verlaufskontrollen haben mit oben genannten Punkten zu kämpfen. [32] Aus diesem Grund sollte eine computerbasierte Befundung heutzutage als obligat angesehen werden.

Eine Verbesserung der Detailliertheit lässt sich durch die Verwendung einer passenderen Terminologie sowie einer umfangreicheren und genaueren Beschreibung erreichen, wobei diese unmittelbar von der Qualität und dem Umfang der Untersuchung selbst abhängig ist. Letzteres war jedoch kein Endpunkt der vorliegenden Studie. Die vorgelegten Ultraschallbilder beinhalteten jedoch alle notwendigen Informationen für die Befundung. Für die Beschreibung einer Pathologie standen bei der FTR-Vorlage Freitextfelder und Schemazeichnungen der Halslevel und der Schilddrüse zur Verfügung. Bei der SR-Vorlage konnten die Studierenden neben einer anklickbaren Schemazeichnung der Halslevel auch auf die für die zu beschreibende Pathologie spezifischen Entscheidungspfade wie Perfusionsmuster, Größe und Parenchymbeschreibung zugreifen. Obwohl die teilnehmenden Studierenden als Tutoren in besonderem Maße an der Sonographie als diagnostische Modalität interessiert waren und vor Einschluss in die vorliegende Studie eine

eingehende Fortbildung zur Kopf-Hals-Sonographie erhalten haben, war ihre Erfahrung in der Untersuchung sehr gering und in der Befundung kaum vorhanden. Zwar sind die vorgelegten Pathologien zum Teil Inhalt der universitären Ausbildung, wie sich diese in verschiedenen Untersuchungsmodalitäten jeweils darstellen und charakterisieren lassen, wird, wenn überhaupt, nur oberflächlich gelehrt. [19] Entsprechend fällt es den Studierenden schwer mit Hilfe der FTR-Vorlage und deren Freitextfeldern die Pathologien zu beschreiben. Dies zeigte sich in der vorliegenden Auswertung an den signifikant weniger detaillierteren Befunden und der signifikant längeren Befundungsdauer. Hinzu kommt, dass den Studierenden bei der SR-Vorlage für Kopf-Hals-Sonographie angepasste Terminologie zur Verfügung gestellt wird, während sie in der FTR-Vorlage auf ihre eigene Kenntnis bezüglich der passenden Sprache zurückgreifen müssen, welche, wie oben beschrieben, oft mangelhaft ist.

Die signifikant bessere Vollständigkeit der SR-Befunde könnte sich dadurch erklären lassen, dass die Studierenden aufgrund des Aufbaus der Vorlage wie anhand eines Leitfadens durch die Befundung geführt werden. Im Laufe des Befundungsprozesses wird jede potenzielle Struktur durchlaufen und auch wenn sie nicht obligat beschrieben werden muss, so stellt dies eine Art Erinnerungsfunktion dar. [18]

Zwar beinhaltet auch die FTR-Vorlage jede relevante Struktur, doch die so erstellten Befunde der Studierenden waren signifikant unvollständiger. Ein Grund dafür könnte sein, dass die Vorlage nicht standardisiert ausgefüllt und sich im Zuge dessen mit jeder Struktur beschäftigt wird. Viel mehr wird sich womöglich erst auf die für die Pathologie relevante Struktur konzentriert und im Anschluss werden noch die anderen, für die Befundung möglicherweise als weniger wichtig erachteten, Strukturen beschrieben. Dabei läuft der Untersucher Gefahr, Strukturen zu vergessen oder zu ignorieren. Weiterhin ist bei der FTR-Vorlage mehr Eigenverantwortung für eine vollständige Beschreibung nötig. Beispielsweise muss jedes Halslevel extra erwähnt werden und bei paarigen Organen jede Seite getrennt beschrieben werden, ohne dass die Vorlage wie beim SR darauf explizit eingeht. Die FTR-Vorlage spricht nicht jeder Struktur die gleiche Fläche und damit Relevanz zu, sodass vor allem Anfänger, wie es Studierende sind, sich nur auf die prominenten Strukturen konzentrieren und die anderen für vernachlässigbar halten könnten.

Da neben der verbesserten Gesamtqualität auch die Befundungsdauer durch die Benutzung von SR im Vergleich zur Verwendung von FTR verkürzt ist, könnte sich dadurch erklären lassen, dass bei der SR-Vorlage ihr intuitiver Aufbau und Ablauf

zusammen mit dem schon angesprochenen Leitfadenaspekt des SR auf die allgemeine Technikaffinität der Studierende trifft. [24] Nach einer kurzen Einführung waren die Studierende schnell in der Lage sicher durch die Vorlage zu navigieren ohne dass hier ein erhöhtes Aufkommen an Rückfragen oder Unsicherheiten während des Befundungsprozesses zu verzeichnen gewesen wären. Womöglich fördert SR einen schnelleren und besseren Arbeitsfluss als FTR, da für die Teilnehmer beide Verfahren neu waren und sie folglich die gleichen Voraussetzungen für die Befundung besaßen. Die längere Befundungsdauer mit FTR könnte dadurch zustande kommen, dass die verwendete Vorlage keinen einsteigerfreundlichen Aufbau besitzt. Durch die wenigen Vorgaben, die unterschiedliche Gewichtung bei der Darstellung der Strukturen und den überladenen Inhalt (auf einer DIN A4-Seite) könnten sich Anfänger auf der Vorlage „verlieren“ und so mehr Zeit für die Orientierung aufwenden. Dies zusammen mit dem zusätzlichen Zeitbedarf durch die Formulierung und Verwendung adäquater Terminologie könnten den höheren Zeitbedarf im Vergleich zur SR-Vorlage erklären.

Die Auswertung der Evaluationsbögen zeigte, dass die Studierenden die Befundung mit SR klar bevorzugen. Diese Präferenz drückt sich dadurch aus, dass sie SR für alltagstauglicher, einsteigerfreundlicher und übersichtlicher halten als FTR. So wie es die vorliegenden Daten stützen, halten sie es zudem für zeiteffizienter und qualitätsverbessernd. Die potenziell bessere Alltagstauglichkeit könnte sich dadurch begründen, dass die Verwendung von *software*-basierten Anwendungen für die Studierenden die Norm ist und als praktikabler angesehen wird als die handschriftliche Befundung. [24] Unter der Annahme, dass die SR-Vorlage in die Klinik- oder Ultraschallsoftware integriert ist, könnte es in der Folge zu einem flüssigeren und einfacheren Arbeitsablauf kommen. Obwohl FTR das Standardbefundungsverfahren an den meisten Kliniken bei den meisten Untersuchungsmodalitäten darstellt, wird es von den Studierenden als weniger alltagstauglich empfunden als SR. Dies ist auf den ersten Blick überraschend, es ist jedoch zu bedenken, dass die Studierenden aufgrund geringer praktischer Erfahrung wenig Einblick in das klinische Arbeiten haben und somit dessen Beurteilung eingeschränkt sein kann.

Die bessere Einsteigerfreundlichkeit könnte darauf beruhen, dass den Studierenden viel Arbeit durch die Struktur und Terminologie der SR-Vorlage abgenommen wird und sie nur die Ergebnisse der Untersuchung mit den Auswahlmöglichkeiten der Entscheidungsbäume abgleichen müssen. Zudem werden ihnen nicht zu viele

Informationen auf einmal präsentiert und sie können sich bei der Beschreibung der Strukturen von der einen zur anderen vorarbeiten. Letztlich wird ihnen durch die Befundung mit der SR-Vorlage weniger Eigenleistung abverlangt und womöglich sind mit der Hilfestellung der Vorlage weniger und allgemeinere Vorkenntnisse nötig, um Befunde adäquater Qualität zu erstellen als mit der FTR-Vorlage. [24]

Wie schon bei der Betrachtung der Vollständigkeit angesprochen, weist die FTR-Vorlage auf einer DIN A4-Seite viele Informationen, Strukturen und Schemazeichnungen auf und dies in einer ungeordneten Reihenfolge, sodass sie überladen und unstrukturiert erscheinen kann. Entsprechend überrascht es nicht, dass sie als weniger übersichtlich empfunden wird als die SR-Vorlage. Diese beschränkt den Informationsgehalt durch ein Schritt-für-Schritt-Vorgehen, bei dem der Aufbau und die Anordnung der Entscheidungsbäume für jede Struktur in jedem Schritt gleich sind. Die Studierenden drückten in den Evaluationsbögen aus, dass ihnen SR eine Hilfe beim Lernen der Untersuchung und der Befundung sein kann. Ein Grund könnte darin liegen, dass während der medizinischen Ausbildung an der Uni kaum praktische Fähigkeiten gelehrt werden. [19] Im Falle der Ultraschall-Lehre wird nur die Untersuchung selbst gelehrt, und zwar in der Regel unkoordiniert und auf Fachbereiche verteilt sowie in größeren Gruppen. Dieser Unterricht findet nicht immer an Patienten statt und die Studierenden sind anfangs vor allem mit der Orientierung und dem Erkennen von Normalbefunden beschäftigt. Darüber hinaus wird ihnen kaum die Möglichkeit gegeben, eine vollständige Untersuchung durchzuführen. Das führt dazu, dass die meisten Studierenden kaum Erfahrung im Untersuchungsablauf erlangen sowie Schwierigkeiten haben pathologische Befunden zu erkennen und noch viel mehr darin, sie richtig zu beschreiben. [19] Verschärft wird dieses Defizit bei spezielleren sonographischen Untersuchungen wie der Kopf-Hals-Sonographie, da in der Regel nur die Abdomen-Sonographie gelehrt wird. Ergänzende Ausbildung findet meist nur durch andere Studenten als *peer-to-peer-teaching* statt und beinhaltet dann nur die Untersuchung mit Normalbefunden und keine Ausbildung in der Befunderhebung. [48] SR könnte den Studierenden helfen, oben genannte Defizite auszugleichen, in dem es durch seine Erinnerungsfunktion ihnen retrospektiv aufzeigt, welche Strukturen für die jeweilige Untersuchungsmodalität alles untersucht und beurteilt werden müssen. [18] Durch die explizite Erwähnung aller relevanter Messungen und Funktionsuntersuchungen wie Duplex oder *M-Mode* wird ihnen die Anforderungen bei der Untersuchung jeder Struktur vor Augen geführt. Viele SR-

Vorlagen besitzen zudem integrierte Nachschlagwerke sowie *Tooltips* zu den einzelnen Teiluntersuchungen, Pathologien und Strukturen. Bei Unklarheiten kann so selbstständig nachgeschaut werden und die Umstände und Notwendigkeiten der einzelnen Untersuchungsschritte können so hinterfragt und sich verständlich gemacht werden. Eventuell lernen sie so nachhaltig, wann im Allgemeinen welche Funktionen der Sonographie indiziert sind, worauf bei jeder Untersuchung geachtet werden muss und welche Charakteristika typisch für bestimmte Pathologien sind.

Neben dem bereits erwähnten Leitfaden-artigen Aufbau der SR-Vorlage könnte für die Studierenden die Vorgabe der adäquaten Terminologie als hilfreich angesehen werden. Diese erlaubt ihnen mit wenig Aufwand sprachlich hochwertige Befunde zu generieren [6] und es besteht die Möglichkeit, dass durch den wiederholten Kontakt mit der richtigen Terminologie diese auf Dauer passiv in den Wortschatz der Studierenden übergehen könnte.

Der redundante Ablauf der Befundung mit der SR-Vorlage kann die Etablierung eines effizienten Arbeitsablaufs beschleunigen und erzeugt durch das stete Wiederholen einen konstanten Übungseffekt. [24,49] Die eher rigide Struktur der Vorlage kann den Studierenden von Vorteil sein, indem sie den Befundungsablauf einschränkt und vereinheitlicht und damit womöglich den Lernprozess verstärkt. [18] Dass den Studierenden die Befundung mit SR tatsächlich eine Unterstützung ist, zeigt sich deutlich an der höheren Gesamtqualität und der kürzeren Befundungsdauer im Vergleich zu FTR. Ob diese Unterstützung beim Lernen von Dauer ist, muss jedoch durch prospektive Studien geklärt werden.

Ein Vorteil, den die FTR-Vorlage womöglich gegenüber der SR-Vorlage hat, ist das Anleiten zum eigenständigen Nachdenken, Formulieren und Strukturieren des Befundes. [25] Dies sind Anforderungen, die allgemein im ärztlichen Tätigkeitsbereich von großer Bedeutung sind und sich im speziellen auch bei Arztbriefen, Operationsberichten und Gutachten widerspiegeln. Zwar kann dies initial mit einem Zeit- und Qualitätsverlust einher gehen, könnte jedoch langfristig ein besseres Verständnis und effektiveres Arbeiten bewirken.

Da die universitäre Lehre in Bezug auf die Ultraschalluntersuchung und -befundung wie angesprochen ihre Mängel aufweist, könnte die Einführung von SR seinen Teil dazu beitragen, diese zu verbessern. Es ist denkbar, dass vor allem bei der bisher vernachlässigten Lehre der Befundung SR-Vorlagen zum Einsatz kommen könnten. Eine Möglichkeit wäre, durch eine Vorlesung die Studierenden mit der Befundung

allgemein und der SR-Vorlage im speziellen vertraut zu machen. Im Anschluss könnten in Kleingruppen Ultraschalluntersuchungen untereinander durchgeführt und im Anschluss mit der Vorlage befundet werden. So wird zum Teil verhindert, dass in größeren Gruppen die Studierenden, die aktuell nicht untersuchen, Leerlauf haben. Im nächsten Schritt könnten pathologische Befunde entweder wie in dieser Studie mit Bildern oder an ausgewählten Patienten dargestellt werden. Dieses Konzept wäre voraussichtlich in 3 Unterrichtseinheiten á 45min umsetzbar und könnte in reduzierter und angepasster Form in anderen Fachbereichen wiederholt werden. Vorteile dieser Integration von SR in die Lehre wären ein einheitliches und fachbereichsübergreifendes Konzept der Ultraschalllehre und eine gleichzeitige Verknüpfung von Untersuchung und Befundung. Nachteile sind die Zeitintensität der Einführung, die von einem Fachbereich getragen werden muss. Dies könnte im zeitlichen Konflikt mit den anderen Inhalten der Lehrpläne stehen. Hinzu kommt, dass die Lehrenden selbst sich mit der SR-Vorlage auskennen müssen und eine solche ausgewählt und lizenziert werden muss.

Bei der Gruppe der Assistenzärzte zeigt sich ein ähnliches Bild wie bei den Studierenden. Durch die Verwendung von SR konnten sie im Vergleich zu FTR ab dem ersten Kursmodul in signifikant kürzerer Zeit Befunde mit signifikant besserer Gesamtqualität erstellen, und das über alle 3 DEGUM-Kurse hinweg. Die bessere Qualität setzt sich auch bei ihnen aus den Unterpunkten Vollständigkeit, Detailliertheit und Lesbarkeit zusammen, welche sich auch einzeln als signifikant besser darstellten. Obwohl alle Assistenten schon mindestens 1 Jahr klinisch in der HNO tätig waren und sie somit über eine gewisse Erfahrung in der Untersuchung und Befundung mit FTR verfügen sollten, zeigen sich ihre FTR-Befunde unterlegen. Ein Grund für diese Diskrepanz könnte darin liegen, dass mit steigender Erfahrung eine Tendenz besteht, sich auf Kernpunkte zu konzentrieren und einen stark auf die Anforderung zentrierten Befund zu erstellen. [24] Dies entspricht oft dem klinischen Arbeiten in den Kliniken und könnte unter anderem dem häufig auftretenden Zeitdruck geschuldet sein. [24] Es wurde vor der Befundung explizit betont, dass eine vollständige Untersuchung durchgeführt wurde und, von dem Pathologiebild abgesehen, alle weiteren Strukturen unauffällig waren und mit diesen Vorgaben ein vollständiger Befund erstellt werden soll. Trotzdem könnte beim FTR mehr als beim SR der Eindruck entstanden sein, dass nur die Pathologie und die Umgebung zu dokumentieren ist. Bei der SR-Vorlage wird

dieser Eindruck eventuell negiert durch ihre Angabe aller potenziell befundbaren Strukturen der Untersuchung und der wiederholten Erinnerung an diese. Als Folge werden womöglich bei der SR-Vorlage die anderen Strukturen als „Nebenprodukt“ mit befundet und die Pathologie detaillierter beschrieben, während bei der FTR-Vorlage sich nur auf die Pathologie und ihre Umgebung fokussiert wird. Kritisch betrachtet könnte man jedoch sagen, dass beim SR der Fokus mehr auf der Vorlage liegt als auf dem Bildmaterial selbst. [25] Da in der Sonographie die Befundung zum großen Teil aus dem Gedächtnis und anhand ausgewählter Bilder und Videoclips erfolgt, spielt dieser Kritikpunkt eine weniger gewichtige Rolle als beispielsweise bei einer CT-Untersuchung, bei der das gesamte Bildmaterial zu jeder Zeit vorliegt und anhand dessen die Befundung erfolgt.

In allen drei Kurse erstellten die Assistenzärzte signifikant schneller ihre Befunde mit SR als mit FTR. Darüber hinaus verkürzte sich die Befundungsdauer im Verlauf bis zum dritten Kurs signifikant. Dies widerspricht der Annahme früherer Studien, dass SR zu einem initialen Zeitverlust durch Störung des Arbeitsablaufs und insgesamt zu einer unterlegenen Zeiteffizienz führt. [32] Im Gegenteil zeigen die Ergebnisse dieser Studie, dass bereits die Einführung von SR zu einem Zeitgewinn führt. Darüber hinaus scheint es auch einen progressiven Lerneffekt zu geben, der sich durch eine zunehmende Zeiteffizienz zeigt. Diese wird unter anderen bedingt durch das vertraut werden mit der Vorlage sowie dem redundanten Ablauf und den gleichen bzw. ähnlichen Optionen bei der Beschreibung jeder Struktur, unabhängig von der Pathologie. Falls es eine Störung des Arbeitsablaufs geben sollte, wird diese scheinbar durch den Zeitgewinn aufgrund der Struktur und dem Ablauf der SR-Vorlage überwogen. Die weiteren Ursachen für den Zeitgewinn und den Lerneffekt des SR entsprechen denen, die bei den Studierenden beschrieben wurden.

Im Gegensatz zur Zeiteffizienz zeigte sich bei der Gesamtqualität der SR-Befunde keine Verbesserung über die 3 Kurse hinweg. Von Kurs zu Kurs steigerten sich die Schwierigkeit und Komplexität der Pathologien und womöglich wurde ein potenzieller Lerneffekt auf die Qualität dadurch aufgewogen. Dafür spricht, dass es trotz der steigenden Schwierigkeit im Umkehrschluss zu keiner signifikanten Abnahme der Qualität oder einer Zunahme der Befundungsdauer kam. Eine weitere mögliche Ursache der stagnierenden Qualität der SR-Befunde könnte sein, dass die Beschreibung und Vollständigkeit der Befunde im ersten Kurs schon nahezu optimal gelang und somit das Steigerungspotential bei der Gesamtqualität gering ausfällt

(sogenannter *ceiling*-Effekt). [50] Um dies zu beurteilen, wäre eine Studie mit längerer Evaluation des Lerneffekts in Bezug auf die Qualität nötig.

Bei den FTR-Befunden zeigte sich kein sichtbarer Lerneffekt in Bezug auf die Befundungsdauer oder die Gesamtqualität. Viel mehr nahm die Qualität bei gleichbleibender Befundungsdauer signifikant über die drei Kurse ab. Durch die zunehmende Komplexität der Pathologien von Kurs zu Kurs kann in diesem Fall ebenso der persönliche Lerneffekt überlagert worden sein. Womöglich zeigt er sich in der gleichbleibenden Dauer, wird aber bei der Gesamtqualität durch die steigende Schwierigkeit der Pathologien überwogen. Die Abnahme der Qualität könnte sich auch dadurch erklären, dass die Assistenzärzte, um den Zeitbedarf konstant zu halten, sich noch mehr auf die Kernpathologie konzentrierten und die anderen Strukturen mehr als zuvor vernachlässigten. Da die Befundung mit FTR für die Ärzte ein etabliertes Verfahren darstellt und jeder der Teilnehmer in diesem mindestens Grundkenntnisse besitzt, könnten sie sich schon in einem flacheren Anteil ihrer persönlichen Lernkurve befinden. Um signifikante Verbesserungen zu erreichen, wären dann mehr Anstrengungen nötig, als durch die Kurse bereitgestellt wurden.

In allen Fällen ist anzunehmen, dass es bei beiden Befundungsverfahren einen persönlichen progressiven Lerneffekt gibt. Dabei zeigen die Ergebnisse eine Evidenz auf, dass dieser beim SR deutlicher ausfällt als beim FTR. Die Assistenzärzte können beim SR sowohl durch seine Einführung als auch in der Folgezeit von verbesserter Zeiteffizienz und Gesamtqualität profitieren. Wie lange der Lerneffekt anhält und wie sich die persönliche Lernkurve im Detail verhält, muss noch in prospektiven longitudinal angelegten Studien gezeigt werden.

Die Auswertung der Evaluationsbögen zeigte, dass die Assistenzärzte davon überzeugt sind, dass SR zu einer Qualitätsverbesserung ihrer Befunde führt und ihnen eine Hilfe beim Lernen der Befundung darstellt. Ein Grund dafür könnte sein, dass die Vorlage auch bei selteneren und schwierigeren Pathologien alle Werkzeuge bereithält, diese adäquat und selbstständig zu beschreiben. Beim FTR ist die hochwertige Beschreibung solcher Befunde allein von langjähriger Erfahrung und der erlernten Terminologie abhängig, welche Assistenzärzte in aller Regel noch nicht vorweisen können. [26] Daher müssten sie entweder für die Befundung Nachschlagwerke oder einen Oberarzt konsultieren respektive Abstriche bei der Qualität und Zeiteffizienz akzeptieren. Beim SR würde dies entfallen, zumal sich dort zusätzlich Nachschlagwerke und *Tooltips* integrieren lassen. Bei häufigen oder einfachen

Pathologien kann die SR-Vorlage den Ärzten schnell die passende Terminologie und wichtigsten Details der Beschreibung beibringen. [24,49] Dabei stünde die bessere Zeiteffizienz im Vordergrund. Im Gegensatz zu den Studierenden sehen die Assistenzärzte SR nicht als Unterstützung beim Erlernen der Untersuchung an. Ihre Fertigkeiten in der Kopf-Hals-Sonographie sind vermutlich schon auf einem deutlich höheren Niveau als die der Studierenden und der grobe Ablauf und Inhalt der Untersuchung sollte für sie keine Herausforderung darstellen. Nachholbedarf könnte potenziell noch in Bereichen wie der Beurteilung von Pathologien bestehen. Zu beachten ist, dass das Erfahrungsniveau der Assistenzärzte in der Studie inhomogen war. Womöglich könnten die Assistenten im ersten oder zweiten Weiterbildungsjahr SR durchaus als eine Unterstützung beim Lernen der Untersuchung empfunden haben.

Die Studierenden sahen SR als alltagstauglicher und eingängiger an als FTR. Die Assistenzärzte hingegen empfanden diesbezüglich keinen Unterschied zwischen den beiden Verfahren. In Anbetracht dessen, dass FTR bisher das von ihnen in der Klinik verwendete Befundungsverfahren der Wahl darstellt, ist es nicht verwunderlich, dass FTR als mindestens genauso alltagstauglich beurteilt wird. Festzuhalten ist jedoch, dass SR von klinisch tätigen Ärzten als nicht unterlegen in Bezug auf die Anwendbarkeit im klinischen Alltag angesehen wird. Die im Schnitt älteren Assistenzärzte könnten die rein Computer-basierte Befunderhebung des SR als nicht ganz so natürlich und intuitiv angesehen haben als die jüngeren Studierenden. Da der Altersunterschied zwischen beiden Gruppen nicht sehr groß ausfällt, ist dieser Einfluss zu vernachlässigen. Möglicherweise fällt den Studierenden die Beurteilung der Eingängigkeit auch leichter, da beide Verfahren für sie zuvor unbekannt waren und sie im direkten Vergleich betrachtet wurden.

Zwar zeigten die Daten eine eindeutig überlegene Zeiteffizienz des SR, was sich aber nicht in der Wahrnehmung der Ärzte widerspiegelt. Dies überrascht, da die Evaluationsbögen erst nach der Befundung ausgefüllt wurden und folglich den Assistenten die kürzere Befundungsdauer des SR aufgefallen sein könnte. Da die subjektive Zeitwahrnehmung je nach Situation und von Person zu Person unterschiedlich ausfällt, ist es nicht verwunderlich, dass die Ergebnisse der Evaluationsbögen von den Studienergebnissen abweichen. Zu beachten ist dabei auch, dass es zwar keinen signifikanten Unterschied bei der angenommenen Zeiteffizienz gab, jedoch sich eine starke Präferenz in Richtung SR erkennen ließ. Ein

möglicher Erklärungsansatz wäre, dass insgesamt eine Neigung dazu besteht, seine Fertigkeiten in einem vertrauten Verfahren im Vergleich zu einem neuen zu überschätzen und im Umkehrschluss das neue Verfahren ohne Vorerfahrung entsprechend zu unterschätzen.

Die überlegene Zeiteffizienz und Gesamtqualität sowie der zusätzliche Lerneffekt für die Befundung sprechen dafür, dass SR in der Klinik eingeführt werden sollte. Vor allem in Hinblick auf Zeitdruck und Personalnot, die in vielen Krankenhäusern das klinische Arbeiten bestimmen, kann die Einführung von SR zu einer Entlastung führen. [51] Die Assistenzärzte könnten früher in der Lage sein, eine große Bandbreite unterschiedlicher Pathologien selbstständig zu befunden und frühzeitig auf einem hohen Niveau. Sie müssten für Anleitungen und Nachfragen nicht mehr zwangsläufig auf einen Oberarzt warten und könnten so Zeit für beide Gruppen sparen. Der Einstieg könnte für unerfahrene oder neue Mitarbeiter durch die übersichtliche und strukturierte Vorlage, welche standardisierte und vergleichbare Befunde für die ganze Abteilung liefert, erleichtert werden. [6] Um das ganze Potential von SR nutzen zu können und einen flüssigen Arbeitsablauf zu ermöglichen, wäre es notwendig, dieses in die Kliniksoftware wie das PACS zu integrieren. Das hätte dazu den Vorteil, dass die Verknüpfung mit anderen Abteilungen und Kliniken vereinfacht sowie Archivierung und Katalogisierung der Befunde ermöglicht wird. Zuletzt durch die zunehmende Umsetzung der digitalen Krankheitsakte [52,53] wäre die Integration von SR darin eine Vorausnahme des ohnehin irgendwann Notwendigen. Entsprechend sind die notwendigen Kosten der Lizenzierung und der Arbeitsaufwand der Klinik-IT für die Einführung und Integration der SR-Software zu sehen. Diese wären im Verlauf der fortschreitenden Digitalisierung in den Krankenhäusern zu einem gewissen Grad unvermeidlich und eine Vorabnahme durch eine frühe Einführung von SR könnte lediglich als Kostenverschiebung betrachtet werden. Um die Akzeptanz vor allem bei erfahrenen und älteren Kollegen zu steigern und Störungen des Arbeitsablaufs abzuschwächen, sollte eine gründliche Einführung in die Vorlage erfolgen und eine Übergangszeit gestaltet werden, in der beide Befundungsverfahren parallel verwendet werden können. Im Idealfall sollte die Einführung von SR simultan für alle sonographischen Untersuchungen unabhängig von der Fachabteilung erfolgen, sodass die Einheitlichkeit der Befunde einer Untersuchungsmodalität sichergestellt und die Zusammenarbeit zwischen den Fachgebieten gefördert wird.

Bei beiden Gruppen zeigte sich eine sehr hohe Interrater-Reliabilität der Befundung mittels SR, was für Ultraschallbefunde aufgrund der höheren Subjektivität der Untersuchung eher untypisch ist. Eine hohe Interrater-Reliabilität zeugt von einer gewissen Objektivität der Befunde und könnte als Grundlage für die Vergleichbarkeit zwischen Befunden angesehen werden. Innerhalb einer Abteilung sollte die Vergleichbarkeit der Ultraschallbefunde hoch sein, FTR neigt jedoch zu individuell starken Unterschieden hierbei. [6] SR könnte als Mittel angesehen werden, innerhalb einer Abteilung ein hohes Maß an Vergleichbarkeit sicherzustellen. Darüber hinaus ist es in einer globalisierten Welt essenziell, diese Vergleichbarkeit der Befunde einer bestimmten Untersuchungsmodalität auf nationaler und internationaler Ebene zu gewährleisten. Im Idealfall sollte eine solche Abstimmung nicht nur innerhalb einer einzelnen Fachdisziplin (wie HNO in der Kopf-Hals-Sonographie) erfolgen, sondern es sollten alle Disziplinen, die Kontakt mit dieser Untersuchungsmodalität haben, einbezogen werden. Wichtig wäre dies in Hinblick auf die Zufriedenheit der anfordernden Ärzte, insbesondere da diese, unter anderem aufgrund der zunehmenden Vernetzung der Kliniken durch Zentralisierung und Schließen von Krankenhäusern auf dem Land, auf Überweisungen von fremden Abteilungen angewiesen sind. [54,55] Ein weiteres Anwendungsgebiet, bei dem eine gute Vergleichbarkeit der Befunde von Relevanz sein könnte, ist die Telemedizin, insbesondere wenn der untersuchende Arzt aus dem Ausland kommen sollte. [17] Die Anforderungen an den Befund einer bestimmten Untersuchung divergieren zum Teil zwischen den Ländern, sodass eine ausreichende Befundqualität in Land A in Land B als minderwertig eingestuft werden könnte. [17] Um daraus resultierende Missverständnisse und Nachfragen zu minimieren, würde sich eine einheitliche und vergleichbare SR-Vorlage anbieten, welche Qualitätsanforderungen vieler Länder und Fachgesellschaften abdeckt. Darüber hinaus besitzen viele SR-Programme, inklusive der in der Studie verwendeten Vorlage, die Möglichkeit zu einem multilingualen Aufbau mit den damit einhergehenden automatischen Übersetzungsfunktionen der Befunde. [17] Dies könnte die internationale Zusammenarbeit und Forschung vereinfachen und die Qualität und Verbreitung von telemedizinischer Befundung erhöhen, in dem orthographische und grammatikalische Fehler reduziert und Nachfragen sowie Missverständnisse vermieden werden könnten. [54,55]

Zu bedenken ist, dass die Kopf-Hals-Sonographie als dynamisches Untersuchungsverfahren für Telemedizin schwer umsetzbar ist. Es gibt jedoch

Evidenz, dass die Interrater-Reliabilität bei SR-Befunden anderer Untersuchungsmodalitäten ebenfalls hoch ist. [13,56]

Eine hohe Inter- und Intraraterreliabilität kann als eine wichtige Grundlage in Bezug auf die Aussagekraft von wissenschaftlichen Auswertungen wie *big-data*-Analysen angesehen werden. Sie bezeugen zum einen die Richtigkeit (*veracity*) der Daten, zum anderen verbessern sie die Qualität einer K.I.-gesteuerten Mustererkennungsanalyse. [40] Die verwendete SR-Vorlage ist zudem vollständig katalogisierbar, sodass sich einzelne Elemente direkt suchen lassen können. Unabhängig von *big-data*-Analysen und wissenschaftlichen Arbeitsgruppen könnte damit für einzelne Kliniken und Abteilungen Forschungsprojekte oder interne Qualitätskontrollen vereinfacht werden. Es ist nicht erforderlich, dass alle Kliniken in allen Ländern das gleiche SR-Programm verwenden. Im Idealfall sollte jedoch auf übergeordneter Ebene, wie es z.B. nationale und internationale Fachgesellschaften darstellen, festgelegt werden, welche Terminologie, welche Strukturen und welche Funktionen eine validierte SR-Vorlage enthalten muss und diese sollten als Schlüsseleigenschaften definiert werden. Falls eine solche Abstimmung durch internationale Fachgesellschaften gelingen sollte, könnte dies die Erstellung von multilingualen SR-Vorlagen erleichtern und damit der Telemedizin einen langfristigen Schub verleihen.

Wenn diese Schlüsseleigenschaften bereits während der universitären Ausbildung gelehrt werden, könnte orts- und landesunabhängig adäquate Befunde erstellen oder sich schneller an andere SR-Vorlagen anpassen. Bisher können Studierenden aufgrund der Diversität der bisherigen Verfahren und den unterschiedlichen Anforderungen an den Befund abhängig von der Abteilung ihre in Famulaturen und im Praktischen Jahr erworbene Erfahrung nur bedingt auf andere Arbeitsstellen übertragen. Dies kann den Lernprozess verlangsamen, da bei jedem Arbeitseinsatz eine Umgewöhnung und Neuanpassung erforderlich sein kann und sie nicht nahtlos an ihren bisherigen Kenntnisstand anknüpfen können. Hierbei können sich inhaltliche Unterschiede und Widersprüche stärker auswirken als solche in Design und Aufbau.

Nicht außer Acht gelassen darf, dass es auch Kritikpunkte am SR gibt. Die SR-Vorlage kann als unflexibel und rigide empfunden werden. [5] Wie bereits angesprochen kann dies für unerfahrene Befunder von Vorteil sein [18], erfahrene Untersucher empfinden dies womöglich aber als Einschränkung. Insbesondere komplexe oder unübliche Pathologien sowie voroperierte oder vorbestrahlte Strukturen könnten sich nicht exakt

mit der Vorlage abbilden lassen und es könnte die Möglichkeit fehlen, den Befund persönlich an einen Patienten anzupassen. Für diese Fälle bieten viele Vorlagen die Möglichkeit, Ergänzungen mit Freitextfeldern vorzunehmen. Diese Art der Ergänzung könnte den Arbeitsablauf stören und die Befundung zeitintensiver gestalten [57], da aber die Untersuchung und Befundung oben genannter Fälle insgesamt sehr zeitaufwendig ist, könnte der Unterschied durch die Ergänzungen mit Freitextfeldern gering ausfallen.

Freitexteingaben bieten sich bei der automatischen Übersetzung von multilingualen SR-Vorlagen nicht an, da sie wie bisher händisch übersetzt werden müssten. [17] Damit könnten diese für die Verwendung für Telemedizin und *big-data*-Analysen nicht verwendet werden. Mit der Weiterentwicklung von moderner Übersetzungssoftware könnten diese in der Zukunft eventuell dennoch erschlossen werden, was vor allem großen wissenschaftlichen Analysen bei seltenen und komplexen Pathologien zugutekäme. [40,45]

Ein weiterer Kritikpunkt, der auf SR zutreffen kann, ist der ungeklärte Zustand des Datenschutzes und die Frage nach der Zugangsmöglichkeit zur Vorlage. Die verwendete Vorlage ist aktuell für jeden durch einen Link auf die Website des Herstellers zugänglich und dort werden die getroffenen Eingaben zwischengespeichert. Der parallel erstellte Befund kann durch Kopie in die Zwischenablage an einen beliebigen Ort in verschiedenen Formaten gespeichert werden. Dies könnte beispielsweise ein *Word*-Dokument oder ein Textfenster der Kliniksoftware sein. Ein Problem dieser Vorgehensweise ist, dass die Aufgabe des Datenschutzes in diesem Fall zum großen Teil dem Hersteller der Vorlage zufällt und der Anwender auf diesen Bereich keinen Einfluss hat. Die Frage stellt sich, wie sicher die Website und die Datenübertragung vor Fremdzugriff geschützt ist und ob und in welcher Form die eingegebenen Daten vom Hersteller gespeichert und geschützt werden. Von Benutzerseite stellt insbesondere die Zwischen- und Endablage eine Möglichkeit für unbefugten Fremdzugriff da, ein Beispiel wäre die Ablage von Befunden auf dem Desktop eines ungesperrten Computers. [58-60]

Eine Lösung könnte die vollständige Integration der SR-Software in die bestehende Kliniksoftware darstellen, die mit ihren etablierten Zugriffs- und Verschlüsselungsmöglichkeiten Mechanismen des Datenschutzes bereitstellt. Im Idealfall erfolgen die Erstellung, Zwischenspeicherung und Endspeicherung der Befunde nur im lokalen Netzwerk, sodass auf eine Online-Komponente und Cloud-

Speicherung verzichtet werden kann. In Bezug auf die Telemedizin wäre hier im Anschluss eine datengeschützte Übertragung des Befundmaterials an den Zuweiser zu gewährleisten.

In früheren Studien wurde an SR kritisiert, dass es initial zu einem Zeitverlust durch die Störung eines flüssigen Arbeitsablaufs kommt und es auch im Verlauf eine schlechtere Zeiteffizienz bei der Befundung zeigt als SR. [32] Dies wurde von späteren Studien [6] widerlegt und zeigte sich auch in den vorliegenden Daten nicht. Es zeigt sich viel mehr Evidenz dafür, dass SR zu einer im Allgemeinen besseren Zeiteffizienz führt und der initiale Zeitverlust durch die positiven Aspekte der SR-Einführung überkompensiert wird. Ein Grund für die ursprüngliche Annahme der Studienautoren könnte sein, dass in ihren Studien SR-Softwarelösungen der ersten Generation verwendet wurden. [12] Diese SR-Vorlagen der ersten Generation waren im Vergleich zu modernen Vorlagen weniger intuitiv und übersichtlich sowie zeigten noch Fehler bei der Texterstellung, sodass die Störung des Arbeitsablaufs stärker ausgefallen sein könnte als bei den hier verwendeten.

1.1. Einschränkungen der Studienergebnisse

Für die Ergebnisse dieser Arbeit sind einige Einschränkungen zu beachten. Die teilnehmenden Medizinstudierenden sind als Tutoren in Ultraschallkursen für andere Studierende (sog. *Peer-to-peer teaching*) tätig und entsprechend geübt in der Untersuchung sowie den Begrifflichkeiten der Sonographie als die durchschnittlichen Medizinstudierenden. Darüber hinaus sind alle Studierenden an der gleichen Universität, der Johannes Gutenberg-Universität Mainz, eingeschrieben und haben deren Curriculum zur Sonographie durchlaufen. An anderen deutschen Universitäten kann sich der Aufbau und Inhalt der Lehre erheblich unterscheiden, sodass eine geringere oder bessere Kenntnis der Untersuchung und Befundung vorliegen könnte. Insbesondere auf die Qualität des FTR könnte dies deutliche Auswirkungen haben. Die teilnehmenden Assistenzärzte hingegen stammen alle von unterschiedlichen Universitäten und sind in unterschiedlichen Krankenhäusern deutschlandweit tätig. Auch in Bezug auf die Erfahrung generell und insbesondere in Bezug auf die Sonographie im Speziellen unterscheiden sie sich deutlich. Die Vergleichbarkeit ist hier ebenfalls vor allem beim FTR nur eingeschränkt gegeben.

Beide Gruppen haben vor der Studie einen *Input* in Bezug auf die Kopf-Hals-Sonographie und deren Befundung erhalten, sodass sie mit einem Wissensvorteil in

die Studie gegangen sind. Entsprechend kann sich dies auf die Qualität und Befundungszeit im Anschluss positiv auswirken.

Die Ultraschalluntersuchung selbst wurde von keinen der beiden Gruppen ausgeführt und die Befundung erfolgte anhand von bereitgestelltem Bildmaterial. Es ist anzunehmen, dass nach einer selbst durchgeführten Untersuchung ein genauer und detaillierter Befund einfacher zu erstellen ist als bei einer Vorgabe mit einem Standbild. Die Auswirkung der Befundungsmodalität auf die Untersuchungsfertigkeiten beruhen entsprechend nur auf einer Selbsteinschätzung der Teilnehmer und nicht auf objektiven Kenndaten.

Als letzter einschränkender Punkt muss beachtet werden, dass es sich in der Studie um eine Punktbeobachtung handelt und nicht um eine prospektive Studie, in der Personen von der Studienzeit bis zur Assistenzarztzeit hin auf die Entwicklung ihrer Untersuchungs- und Befundungsfähigkeiten mit den einzelnen Modalitäten überprüft werden.

Für eine detailliertere Evaluation des Einflusses von SR und FTR auf den Lernprozess der Untersuchung und Befundung wäre eine prospektive Studie mit Beginn im klinischen Abschnitt des Medizinstudiums und zwei getrennten Gruppen für jede Befundungsmodalität erforderlich.

7 ZUSAMMENFASSUNG

Abschließend lässt sich sagen, dass sowohl Medizinstudierende als auch Assistenzärzte durch die Einführung von SR profitieren würden. Insbesondere die bessere Zeiteffizienz, aber auch die durchweg bessere Gesamtqualität lassen sich darauf zurückführen. Selbst eine frühe Einführung in der Ausbildung wie bei den Studierenden führt bereits zu hochwertiger und schneller Befunderhebung. Darüber hinaus könnte eine Verwendung in der universitären Lehre diese interdisziplinär verbinden und standardisieren als auch beim Erlernen der Untersuchung und insbesondere der Befundung eine Unterstützung für die Studierenden sein.

In der Klinik zeigt sich die Unterstützung der SR-Vorlage mehr im selbstständigen Erlernen und Verbessern von häufigen als auch komplexeren Pathologien, kann aber auch nebenbei durch die bessere Zeiteffizienz Zeitdruck kompensieren und durch strukturiertere und vollständigere Befunde Rückfragen und Missverständnisse verringern.

Einer flächendeckenden Einführung in die Kliniken stehen noch offene Fragen in puncto Datenschutz, die noch ausstehende Abstimmung der Fachgesellschaften sowie die oft noch schwach ausgeprägte IT-Infrastruktur entgegen. Eine weitere Herausforderung stellt der mögliche Widerstand erfahrener Kollegen dar, welche die Rigidität der Vorlage sowie die Störung ihres Arbeitsablaufs stören könnte.

Durch die Katalogisierbarkeit, Strukturiertheit und Standardisierung bietet eine weitreichende Einführung von SR die Möglichkeit, *big-data*-Analysen und Maschinenlernende K.I. in hochwertiger und hoher Zahl zu ermöglichen. Gestützt wird dies durch die hohe Inter- und Intra-Rater-Reliabilität, die eine Richtigkeit der Daten sicherstellen.

Als weiterer Zusatznutzen einer SR-Einführung ist die Verwendung in der Telemedizin festzuhalten. Durch multilinguale Vorlagen sowie Einheitlichkeit und Vollständigkeit der Befunde könnten Kritikpunkte an dieser wie niedrige sprachliche und inhaltliche Qualität überwunden werden.

Aufgrund der klaren Präferenz der Studierenden und Assistenten für die SR-Vorlage sowie die bessere Zeiteffizienz und Gesamtqualität der erstellten Befunde im Zusammenspiel mit der zusätzlichen Verwendung für *big-data*-Analysen und Telemedizin komme ich abschließend zu der Schlussfolgerung, dass SR sowohl in Kliniken als auch in der universitären Lehre eingeführt werden sollten.

8 LITERATURVERZEICHNIS:

1. Kaproth-Joslin KA, Nicola R, Dogra VS. *The History of US: From Bats and Boats to the Bedside and Beyond: RSNA Centennial Article. Radiographics. 2015 May-Jun;35(3):960-70. doi: 10.1148/rg.2015140300. Epub 2015 Mar 30. PMID: 25822324.*
2. Coltrera MD. *Clinician-performed thyroid ultrasound. Otolaryngol Clin North Am. 2014 Aug;47(4):491-507. doi: 10.1016/j.otc.2014.04.001. PMID: 25041953.*
3. Beach KW, Bergelin RO, Leotta DF, Primozich JF, Sevareid PM, Stutzman ET, Zierler RE. *Standardized ultrasound evaluation of carotid stenosis for clinical trials: University of Washington Ultrasound Reading Center. Cardiovasc Ultrasound. 2010 Sep 7;8:39. doi: 10.1186/1476-7120-8-39. PMID: 20822530; PMCID: PMC2944149.*
4. Moshtaghi O, Haidar YM, Mahmoodi A, Tjoa T, Armstrong WB. *The Role of In-Office Ultrasound in the Diagnosis of Neck Masses. Otolaryngol Head Neck Surg. 2017 Jul;157(1):58-61. doi: 10.1177/0194599817696288. Epub 2017 Mar 14. PMID: 28669308.*
5. Gassenmaier S, Armbruster M, Haasters F, Helfen T, Henzler T, Alibek S, Pfürringer D, Sommer WH, Sommer NN. *Structured reporting of MRI of the shoulder - improvement of report quality? Eur Radiol. 2017 Oct;27(10):4110-4119. doi: 10.1007/s00330-017-4778-z. Epub 2017 Mar 13. PMID: 28289942.*
6. Norenberg D, Sommer WH, Thasler W, D'Haese J, Rentsch M, Kolben T, 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):232-9. Epub 2016/11/20. doi: 10.1097/RLI.0000000000000336. PubMed PMID: 27861230.*
7. §630f des BGB
8. §57 des BMV-Ä
9. §10 des MBO-Ä
10. KV Vereinbarung Berlin
11. Künzel J, Bozzato A, Ernst BP, Fuhrmann T, Ugele I, Scherl C, Schapher M, Volk GF, Mansour N, Knopf A, Bohr C, Hamann KF. *Qualität in der Befundung von Kopf- und Halssonographien an Universitätskliniken – eine Stichprobe [Quality in the appraisal of head and neck sonography results in university hospitals-a random sample]. HNO. 2021 Nov;69(11):907-912. German. doi: 10.1007/s00106-020-00989-9. Epub 2021 Jan 13. PMID: 33439274; PMCID: PMC8545731.*
12. Johnson AJ, Chen MY, Swan JS, Applegate KE, Littenberg B. *Cohort study of structured reporting compared with conventional dictation. Radiology. 2009;253(1):74-80. Epub 2009/08/28. doi: 10.1148/radiol.2531090138. PubMed PMID: 19709993.*
13. Lin E, Powell DK, Kagetsu NJ. *Efficacy of a checklist-style structured radiology reporting template in reducing resident misses on cervical spine computed tomography examinations. J Digit Imaging. 2014;27(5):588-93. Epub 2014/05/29. doi: 10.1007/s10278-014-9703-2. PubMed PMID: 24865860; PubMed Central PMCID: PMC4171436.*
14. Tuncyurek O, Garcés-Descovich A, Jaramillo-Cardoso A, Duran EE, Cataldo TE, Poylin VY, et al. *Structured versus narrative reporting of pelvic MRI in perianal fistulizing disease: impact on clarity, completeness, and surgical planning. Abdom Radiol (NY). 2018. Epub 2018/12/07. doi: 10.1007/s00261-018-1858-8. PubMed PMID: 30519819.*
15. Pinto Dos Santos D, Baessler B. *Big data, artificial intelligence, and structured reporting. Eur Radiol Exp. 2018;2(1):42. Epub 2018/12/06. doi: 10.1186/s41747-018-0071-4. PubMed PMID: 30515717; PubMed Central PMCID: PMC6279752.*
16. Reiner BI. *The challenges, opportunities, and imperative of structured reporting in medical imaging. J Digit Imaging. 2009;22(6):562-8. Epub 2009/10/10. doi: 10.1007/s10278-009-9239-z. PubMed PMID: 19816742; PubMed Central PMCID: PMC62782125.*
17. Sobez LM, Kim SH, Angstwurm M, Störmann S, Pfürringer D, Schmidutz F, Prezzi D, Kelly-Morland C, Sommer WH, Sabel B, Nörenberg D, Berndt M, Galiè F. *Creating high-quality radiology reports in foreign languages through multilingual structured reporting. Eur Radiol. 2019 Nov;29(11):6038-6048. doi: 10.1007/s00330-019-06206-8. Epub 2019 Apr 26. PMID: 31028444.*
18. Kahn CE Jr, Heilbrun ME, Applegate KE. *From guidelines to practice: how reporting templates promote the use of radiology practice guidelines. J Am Coll Radiol. 2013 Apr;10(4):268-73. doi: 10.1016/j.jacr.2012.09.025. Epub 2013 Jan 16. PMID: 23332496; PMCID: PMC3615027.*

19. Wallis A, McCoubrie P. The radiology report--are we getting the message across? *Clin Radiol*. 2011 Nov;66(11):1015-22. doi: 10.1016/j.crad.2011.05.013. Epub 2011 Jul 23. PMID: 21788016.
20. Morgan TA, Helibrun ME, Kahn CE Jr. Reporting initiative of the Radiological Society of North America: progress and new directions. *Radiology*. 2014 Dec;273(3):642-5. doi: 10.1148/radiol.14141227. PMID: 25420164.
21. Nobel JM, Kok EM, Robben SGF. Redefining the structure of structured reporting in radiology. *Insights Imaging*. 2020 Feb 4;11(1):10. doi: 10.1186/s13244-019-0831-6. PMID: 32020396; PMCID: PMC7000576.
22. Reiner BI, Knight N, Siegel EL. Radiology reporting, past, present, and future: the radiologist's perspective. *J Am Coll Radiol*. 2007 May;4(5):313-9. doi: 10.1016/j.jacr.2007.01.015. PMID: 17467614.
23. Gupta NA, Mahajan S, Sumankumar A, Saklani A, Engineer R, Baheti AD. Impact of a standardized reporting format on the quality of MRI reports for rectal cancer staging. *Indian J Radiol Imaging*. 2020 Jan-Mar;30(1):7-12. doi: 10.4103/ijri.IJRI_308_19. Epub 2020 Mar 30. PMID: 32476744; PMCID: PMC7240900.
24. Sabel BO, Plum JL, Kneidinger N, Leuschner G, Koletzko L, Raziorrouh B, Schinner R, Kunz WG, Schoeppe F, Thierfelder KM, Sommer WH, Meinel FG. Structured reporting of CT examinations in acute pulmonary embolism. *J Cardiovasc Comput Tomogr*. 2017 May-Jun;11(3):188-195. doi: 10.1016/j.jcct.2017.02.008. Epub 2017 Feb 22. PMID: 28259629.
25. Bosmans JM, Peremans L, Menni M, De Schepper AM, Duyck PO, Parizel PM. Structured reporting: if, why, when, how-and at what expense? Results of a focus group meeting of radiology professionals from eight countries. *Insights Imaging*. 2012 Jun;3(3):295-302. doi: 10.1007/s13244-012-0148-1. Epub 2012 Mar 14. PMID: 22696090; PMCID: PMC3369122.
26. Weber MA, Delorme S. Sonografische Weiterbildung auf dem Weg zum radiologischen Facharzt : Konzepte und Herausforderungen [Ultrasound training in the professional development of radiological specialists : Concepts and challenges]. *Radiologe*. 2017 Nov;57(11):967-972. German. doi: 10.1007/s00117-017-0307-y. PMID: 28956080.
27. Chung CY, Makeeva V, Yan J, Prater AB, Duszak R Jr, Safdar NM, Heilbrun ME. Improving Billing Accuracy Through Enterprise-Wide Standardized Structured Reporting With Cross-Divisional Shared Templates. *J Am Coll Radiol*. 2020 Jan;17(1 Pt B):157-164. doi: 10.1016/j.jacr.2019.08.034. PMID: 31918874.
28. European Society of Radiology (ESR). ESR paper on structured reporting in radiology. *Insights Imaging*. 2018 Feb;9(1):1-7. doi: 10.1007/s13244-017-0588-8. Epub 2018 Feb 19. PMID: 29460129; PMCID: PMC5825315.
29. Sstrom CL, Honeyman-Buck J. Free text versus structured format: information transfer efficiency of radiology reports. *AJR Am J Roentgenol*. 2005 Sep;185(3):804-12. doi: 10.2214/ajr.185.3.01850804. PMID: 16120938.
30. Dunnick NR, Langlotz CP. The radiology report of the future: a summary of the 2007 Intersociety Conference. *J Am Coll Radiol*. 2008 May;5(5):626-9. doi: 10.1016/j.jacr.2007.12.015. PMID: 18442766.
31. Schoeppe F, Sommer WH, Haack M, Havel M, Rheinwald M, Wechtenbruch J, Fischer MR, Meinel FG, Sabel BO, Sommer NN. Structured reports of videofluoroscopic swallowing studies have the potential to improve overall report quality compared to free text reports. *Eur Radiol*. 2018 Jan;28(1):308-315. doi: 10.1007/s00330-017-4971-0. Epub 2017 Jul 28. PMID: 28755055.
32. Sluijter CE, van Lonkhuijzen LR, van Slooten HJ, Nagtegaal ID, Overbeek LI. The effects of implementing synoptic pathology reporting in cancer diagnosis: a systematic review. *Virchows Arch*. 2016 Jun;468(6):639-49. doi: 10.1007/s00428-016-1935-8. Epub 2016 Apr 21. PMID: 27097810; PMCID: PMC4887530.
33. Ernst BP, Hodeib M, Strieth S, Künzel J, Bischof F, Hackenberg B, Huppertz T, Weber V, Bahr K, Eckrich J, Hagemann J, Engelbarts M, Froelich MF, Solbach P, Linke R, Matthias C, Sommer WH, Becker S. Structured reporting of head and neck ultrasound examinations. *BMC Med Imaging*. 2019 Mar 27;19(1):25. doi: 10.1186/s12880-019-0325-5. PMID: 30917796; PMCID: PMC6437950.
34. Rödel C, Graeven U, Fietkau R, Hohenberger W, Hothorn T, Arnold D, Hofheinz RD, Ghadimi M, Wolff HA, Lang-Welzenbach M, Raab HR, Wittekind C, Ströbel P, Staib L, Wilhelm M, Grabenbauer GG, Hoffmanns H, Lindemann F, Schlenska-Lange A, Folprecht G, Sauer R, Liersch T; German Rectal Cancer Study Group. Oxaliplatin added to fluorouracil-based preoperative chemoradiotherapy and postoperative chemotherapy of locally advanced rectal cancer (the German CAO/ARO/AIO-04 study): final results of the multicentre, open-label,

- randomised, phase 3 trial. *Lancet Oncol.* 2015 Aug;16(8):979-89. doi: 10.1016/S1470-2045(15)00159-X. Epub 2015 Jul 15. PMID: 26189067.
35. Langmore SE, Schatz K, Olson N. Endoscopic and videofluoroscopic evaluations of swallowing and aspiration. *Ann Otol Rhinol Laryngol.* 1991 Aug;100(8):678-81. doi: 10.1177/000348949110000815. PMID: 1872520.
 36. Langmore SE, Schatz K, Olsen N. Fiberoptic endoscopic examination of swallowing safety: a new procedure. *Dysphagia.* 1988;2(4):216-9. doi: 10.1007/BF02414429. PMID: 3251697.
 37. Ernst BP, Katzer F, Künzel J, Hodeib M, Strieth S, Eckrich J, Tattermusch A, Froelich MF, Matthias C, Sommer WH, Becker S. Impact of structured reporting on developing head and neck ultrasound skills. *BMC Med Educ.* 2019 Apr 11;19(1):102. doi: 10.1186/s12909-019-1538-6. PMID: 30971248; PMCID: PMC6458758.
 38. Homorodean C, Olinic M, Olinic D. Development of a methodology for structured reporting of information in echocardiography. *Med Ultrason.* 2012 Mar;14(1):29-33. PMID: 22396936.
 39. <https://www.bundestag.de/resource/blob/191840/f03a819a557bc16821678aa947afe076/telem-edizin-data.pdf>
 40. Olivera P, Danese S, Jay N, Natoli G, Peyrin-Biroulet L. Big data in IBD: a look into the future. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol.* 2019 May;16(5):312-321. doi: 10.1038/s41575-019-0102-5. PMID: 30659247.
 41. Burute N, Jankharia B. Teleradiology: The Indian perspective. *Indian J Radiol Imaging.* 2009 Feb;19(1):16-8. doi: 10.4103/0971-3026.45337. PMID: 19774131; PMCID: PMC2747412.
 42. Powell DK, Silberzweig JE. State of structured reporting in radiology, a survey. *Acad Radiol.* 2015 Feb;22(2):226-33. doi: 10.1016/j.acra.2014.08.014. Epub 2014 Oct 23. PMID: 25442793.
 43. Pinto Dos Santos D, Brodehl S, Baeßler B, Arnhold G, Dratsch T, Chon SH, Mildenerger P, Jungmann F. Structured report data can be used to develop deep learning algorithms: a proof of concept in ankle radiographs. *Insights Imaging.* 2019 Sep 23;10(1):93. doi: 10.1186/s13244-019-0777-8. PMID: 31549305; PMCID: PMC6777645.
 44. Dratsch T, Korenkov M, Zopfs D, Brodehl S, Baessler B, Giese D, Brinkmann S, Maintz D, Pinto Dos Santos D. Practical applications of deep learning: classifying the most common categories of plain radiographs in a PACS using a neural network. *Eur Radiol.* 2021 Apr;31(4):1812-1818. doi: 10.1007/s00330-020-07241-6. Epub 2020 Sep 28. PMID: 32986160; PMCID: PMC7979627.
 45. Ristevski B, Chen M. Big Data Analytics in Medicine and Healthcare. *J Integr Bioinform.* 2018 May 10;15(3):20170030. doi: 10.1515/jib-2017-0030. PMID: 29746254; PMCID: PMC6340124.
 46. Tan SS, Gao G, Koch S. Big Data and Analytics in Healthcare. *Methods Inf Med.* 2015;54(6):546-7. doi: 10.3414/ME15-06-1001. Epub 2015 Nov 18. PMID: 26577624.
 47. Robbins KT, Medina JE, Wolfe GT, Levine PA, Sessions RB, Pruet CW. Standardizing neck dissection terminology. Official report of the Academy's Committee for Head and Neck Surgery and Oncology. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg.* 1991 Jun;117(6):601-5. doi: 10.1001/archotol.1991.01870180037007. PMID: 2036180.
 48. Benè KL, Bergus G. When learners become teachers: a review of peer teaching in medical student education. *Fam Med.* 2014 Nov-Dec;46(10):783-7. PMID: 25646829.
 49. Powell DK, Silberzweig JE. State of structured reporting in radiology, a survey. *Acad Radiol.* 2015 Feb;22(2):226-33. doi: 10.1016/j.acra.2014.08.014. Epub 2014 Oct 23. PMID: 25442793.
 50. Ceiling Effect". *Encyclopedia of Research Design.* 2455 Teller Road, Thousand Oaks California 91320 United States: SAGE Publications, Inc. 2010.
 51. Winter V, Schreyögg J, Thiel A. Hospital staff shortages: Environmental and organizational determinants and implications for patient satisfaction. *Health Policy.* 2020 Apr;124(4):380-388. doi: 10.1016/j.healthpol.2020.01.001. Epub 2020 Jan 10. PMID: 31973906.
 52. Pohlmann S, Kunz A, Ose D, Winkler EC, Brandner A, Poss-Doering R, Szecsenyi J, Wensing M. Digitalizing Health Services by Implementing a Personal Electronic Health Record in Germany: Qualitative Analysis of Fundamental Prerequisites From the Perspective of Selected Experts. *J Med Internet Res.* 2020 Jan 29;22(1):e15102. doi: 10.2196/15102. PMID: 32012060; PMCID: PMC7016629.
 53. Haux R. Health Information Systems - from Present to Future? *Methods Inf Med.* 2018 Jul;57(S 01):e43-e45. doi: 10.3414/ME18-03-0004. Epub 2018 Jul 17. PMID: 30016816; PMCID: PMC6178198.
 54. Ross P, Sepper R, Pohjonen H. Cross-border teleradiology-experience from two international teleradiology projects. *Eur J Radiol.* 2010 Jan;73(1):20-5. doi: 10.1016/j.ejrad.2009.10.016. Epub 2009 Nov 13. PMID: 19914019.

55. Ranschaert ER, Binkhuysen FH. *European Teleradiology now and in the future: results of an online survey. Insights Imaging.* 2013 Feb;4(1):93-102. doi: 10.1007/s13244-012-0210-z. Epub 2012 Dec 18. Erratum in: *Insights Imaging.* 2013 Jun;4(3):399. PMID: 23247775; PMCID: PMC3579992.
56. Tuncyurek O, Garces-Descovich A, Jaramillo-Cardoso A, Durán EE, Cataldo TE, Poylin VY, Gómez SF, Cabrera AM, Hegazi T, Beker K, Morteale KJ. *Structured versus narrative reporting of pelvic MRI in perianal fistulizing disease: impact on clarity, completeness, and surgical planning. Abdom Radiol (NY).* 2019 Mar;44(3):811-820. doi: 10.1007/s00261-018-1858-8. PMID: 30519819.
57. Gunderman RB, McNeive LR. *Is structured reporting the answer? Radiology.* 2014 Oct;273(1):7-9. doi: 10.1148/radiol.14132795. PMID: 25247561.
58. Schütze, B., Kämmerer, M. *Gesetzlich geregelte Teleradiologie: Umsetzung der datenschutzrechtlichen Anforderungen. Radiologe* **59**, 637–642 (2019). <https://doi.org/10.1007/s00117-019-0536-3>
59. Kunz T, Lange B, Selzer A. *Datenschutz und Datensicherheit in Digital Public Health [Digital public health: data protection and data security]. Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz.* 2020 Feb;63(2):206-214. German. doi: 10.1007/s00103-019-03083-w. PMID: 31915865.
60. Garstka H. *Datenschutz bei Telemedizin [Data protection in telemedicine]. Hautarzt.* 2019 May;70(5):343-345. German. doi: 10.1007/s00105-019-4380-1. PMID: 30874839.

9 DANKSAGUNG

Zunächst möchte ich meinem Doktorvater danken. Ohne seine Aufsicht hätte diese Arbeit nicht realisiert werden können.

Dann möchte ich meinem Betreuer für die bestmögliche Betreuung danken, die sich ein Doktorand wünschen kann. Ohne deine Hilfe und Rat wäre die vorliegende Arbeit in dieser Form nicht möglich gewesen.

Und zuletzt möchte ich meinen Eltern danken, denn ohne eure Unterstützung hätte ich es nie bis zu diesem Punkt in meinem Leben geschafft.