

Aus der
Klinik und Poliklinik für Radiologie
Klinikum der Ludwig-Maximilians-Universität München



Vergleichende Analyse der diagnostischen Validität strukturierter und unstrukturierter Befunde bei intraoralen Zahnfilmaufnahmen - Auswirkungen auf Befundqualität und interdisziplinäre Kommunikation

Dissertation
zum Erwerb des Doktorgrades der Zahnmedizin
an der Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

vorgelegt von
Anna-Lisa Forster

aus
München

Jahr
2026

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität München

Erstes Gutachten: Prof. Dr. Johannes Rübenthaler

Zweites Gutachten: Priv. Doz. Dr. Lena Unterrainer

Drittes Gutachten: Prof. Dr. Falk Schwendicke

Dekan: Prof. Dr. med. Thomas Gudermann

Tag der mündlichen Prüfung: 19.01.2026

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	2
Zusammenfassung:	4
Abstract (English):	5
Abbildungsverzeichnis	6
Abkürzungsverzeichnis	7
1. Einleitung	9
1.1 Klinisch-radiologische Beurteilung der Zähne	9
1.1.1 Anatomische Grundlagen der Zähne	9
1.1.2 Pathologische Veränderungen und Differentialdiagnosen	10
1.2 Bedeutung von Röntgenuntersuchungen in der Zahnmedizin	11
1.2.1 Intraorale Röntgenaufnahmen	12
1.2.1.1 Periapikale Röntgenaufnahmen	12
1.2.1.2 Bissflügelaufnahmen	13
1.2.1.3 Aufbissaufnahmen	14
1.3 Befundung von Zahnaufnahmen	14
1.3.1 Definition, Anforderungen und Ziele der Befundung	14
1.3.2 Freitext-Befundung	16
1.3.2.1 Vorteile und Herausforderungen	16
1.3.3 Strukturierte Befundung	17
1.3.3.1 Konzepte der strukturierten Befundung	17
1.3.3.2 Vorteile und Herausforderungen	19
1.4 Problemstellung und Relevanz	23
2. Zielsetzung und Fragestellung	26
3. Material und Methoden	28
3.1 Studiendesign	28
3.2 Datenerhebung	28
3.2.1 Ein- und Ausschlusskriterien	28
3.2.2 Bilderhebung	29
3.2.3 Templategenerierung	29
3.2.4 Erstellung der Freitextbefunde	32
3.2.5 Erstellung der strukturierten Befunde	32
3.2.6 Gegenüberstellung der Befundberichte	33
3.2.7 Fragebogen	34
3.3 Statistische Auswertung	35
3.4 Einsatz generativer Modelle	37

4. Ergebnisse	38
4.1 Vergleich der Befundtypen	38
4.1.1 Therapieentscheidung	38
4.1.2 Ausreichen der Informationen für eine Therapie	38
4.1.3 Fehlende Informationen	39
4.1.4 Informationsextraktion	40
4.1.5 Detaillierte Dokumentation.....	41
4.1.6 Nachvollziehbarkeit der Befundreihenfolge	41
4.1.7 Vertrauen	42
4.1.8 Sprachqualität.....	43
4.1.9 Verständlichkeit	44
4.1.10 Gesamtbewertung	45
4.2 Vergleich der Übereinstimmung beider Zahnärzte	46
5. Diskussion	48
5.1 Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse	48
5.2 Interpretation der Ergebnisse und Vergleich mit dem aktuellen Stand der Forschung.....	48
5.2.1 Therapieentscheidung und Ausreichen der Informationen für eine Therapie.....	48
5.2.2 Fehlende Informationen	50
5.2.3 Informationsextraktion und Nachvollziehbarkeit der Befundreihenfolge.....	51
5.2.4 Detaillierte Dokumentation.....	52
5.2.5 Vertrauen und Verständlichkeit.....	53
5.2.6 Sprachqualität und Gesamtbewertung	53
5.2.7 Vergleich der Übereinstimmung beider Zahnärzte	55
5.2.8 Besonderheiten in der Zahnmedizin	55
5.3 Stärken und Limitationen der Studie.....	56
5.3.1 Stärken	56
5.3.2 Limitationen	57
5.4 Ausblick und zukünftige Forschungsansätze.....	59
Literaturverzeichnis	62
Danksagung	74
Affidavit	75
Publikationsliste	76

Zusammenfassung:

Hintergrund:

Der radiologische Befund nimmt eine zentrale Rolle in der Diagnose von Krankheiten ein und liefert wichtige Informationen für die therapeutische Entscheidungsfindung. Um die Qualität der Befundberichte nachhaltig zu verbessern, empfehlen zahlreiche radiologische Fachgesellschaften die Nutzung von strukturierten Befundvorlagen (1,2). Die Vorteile der strukturierten Befundung gegenüber Freitext-Befunden konnten bereits in einer Vielzahl an Studien nachgewiesen werden (3–5).

Ziel:

Ziel dieser Arbeit ist, zu untersuchen, ob die strukturierte Befundung von Zahnaufnahmen Vorteile im Vergleich zu Freitext-Befunden bringt. Evaluiert werden dabei die Punkte Therapieentscheidung, Vollständigkeit, Informationsextraktion, Detailliertheit, Befundreihenfolge, Vertrauen, Sprachqualität, Verständlichkeit und Gesamtbewertung.

Material und Methoden:

In die Studie eingeschlossen wurden 50 zufällig ausgewählte Freitext-Befunde von Zahnfilm-aufnahmen. Mithilfe eines Templates wurden anschließend die entsprechenden strukturierten Befunde generiert. Daraufhin evaluierten zwei Zahnärzte mittels Fragebogen, inwiefern die strukturierte Befundung potenziellen Nutzen und Vorteile für die Befunderstellung von Zahnaufnahmen bringen kann.

Ergebnisse:

Die strukturierten Befunde zeigten eine signifikant bessere Bewertung in den Punkten Vollständigkeit, Informationsextraktion, Detailliertheit, Vertrauen, Sprachqualität, Verständlichkeit und Gesamtbewertung ($p < 0,001$). Hinsichtlich Therapieentscheidung und Ausreichen der Informationen für eine Therapie zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen NRs und SRs.

Schlussfolgerung:

Die strukturierte Befundung von Zahnaufnahmen hat das Potenzial, die Qualität der Befundberichte zu verbessern und damit langfristig die Patientenversorgung zu optimieren.

Abstract (English):

Background:

The radiological report plays a central role in the diagnosis of diseases and provides essential information for therapeutic decision-making. To sustainably improve the quality of diagnostic reports, numerous radiological societies recommend the use of structured reporting templates (1,2). The advantages of structured reporting over free-text reports have already been demonstrated in a large number of studies (3–5).

Objective:

The aim of this study is to investigate whether the structured reporting of dental images offers advantages compared to free-text reports. The evaluation focuses on the aspects of therapeutic decision-making, completeness, information extraction, level of detail, report sequence, trust, language quality, comprehensibility and overall assessment.

Methods:

The study included 50 randomly selected free-text reports of dental film images. The corresponding structured reports were then generated using a template. Subsequently, two dentists evaluated, via a questionnaire, the potential benefits and advantages of structured reporting for the interpretation of dental images.

Results:

The structured reports showed a significantly better evaluation in terms of completeness, information extraction, level of detail, trust, language quality, comprehensibility and overall assessment ($p < 0,001$). Regarding therapeutic decision-making and the sufficiency of information for therapy, no significant difference was observed between NRs and SRs.

Conclusions:

Structured reporting of dental images has the potential to improve the quality of diagnostic reports and thus optimize patient care in the long term.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Verpflichtende Befundinhalte nach DIN 6827-5, eigene Darstellung in Anlehnung an Hackländer (31).....	14
Abbildung 2: Screenshot von der Erstellung des Entscheidungsbaums für das Template „Zahnfilmaufnahmen“ mithilfe der Plattform „Smart Radiology“. Es wurden verschiedene Multi-Selection-Tools kombiniert, sodass die jeweiligen Punkte und Unterpunkte per Mausklick aktiviert werden können.....	31
Abbildung 3: Der Screenshot zeigt, wie die Textbausteine, aus denen der Befund zusammengesetzt wird, in das Template eingespeist werden können.....	32
Abbildung 4: Screenshot vom Template „Zahnfilmaufnahmen“ auf der Online-Plattform „Smart Radiology“. Linksseitig können im Programm verschiedene Punkte und Unterpunkte per Mausklick aktiviert werden. Auf der rechten Bildschirmseite wird dem Benutzer dann der generierte Befund angezeigt. Dieser kann abschließend oben rechts mit dem Export-Bottom zwischengespeichert werden.	33
Abbildung 5: Fragebogen zur Evaluation der strukturierten Befunde und der Freitext-Befunde zu den 50 Zahnfilmaufnahmen.	35
Abbildung 6: Balkendiagramm zur Darstellung der fehlenden Informationen im Vergleich bei den NRs und SRs.	40
Abbildung 7: Balkendiagramm zur Gegenüberstellung der NRs und SRs in Bezug auf das Vertrauen in die gegebenen Informationen.	43
Abbildung 8: Balkendiagramm zur Gegenüberstellung der NRs und SRs in Bezug auf die sprachliche Qualität.	44
Abbildung 9: Balkendiagramm zur Gegenüberstellung der NRs und SRs in Bezug auf die Verständlichkeit.	45
Abbildung 10: Balkendiagramm zur Gegenüberstellung der NRs und SRs in Bezug auf die Gesamtbewertung.	46
Abbildung 11: Balkendiagramm zur Gegenüberstellung der Fragebogenbeantwortung der beiden Zahnärzte bezüglich der Freitext-Befunde (links) und der strukturierten Befunde (rechts).47	47

Abkürzungsverzeichnis

ACR	American College of Radiology
AGIT	Arbeitsgemeinschaft Informationstechnologie
ALARA	As low as reasonably achievable
BfS	Bundesamt für Strahlenschutz
CEUS	Contrast Enhanced Ultrasound
CT	Computertomographie
DIN	Deutsche Industrie-Norm
DRG	Deutsche Röntgengesellschaft
DVT	Digitale Volumetomographie
DXA	Dual Energy X-ray Absorptiometry
ECR	European Congress of Radiology
ePA	Elektronische Patientenakte
ESR	European Society of Radiology
KI	Künstliche Intelligenz
LI-RADS	Liver Imaging Reporting and Data System
ML	Maschinelles Lernen
MRT	Magnetresonanztomographie
NR	Non-structured Reporting
NRs	Non-structured Reports
PA	Parodontitis
QS-RL	Qualitätssicherungs-Richtlinie
RSNA	Radiological Society of North America
StrlSchG	Strahlenschutzgesetz
StrlSchV	Strahlenschutzverordnung
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences

SR	Structured Reporting
SRs	Structured Reports
WHO	Weltgesundheitsorganisation
XML	Extensible Markup Language

1. Einleitung

1.1 Klinisch-radiologische Beurteilung der Zähne

Laut dem „BARMER Zahnreport 2023“ nehmen jährlich etwa 69,6 % der Versicherten zahnärztliche Leistungen in Anspruch (6). In der zahnärztlichen Praxis erfolgt die klinische Untersuchung der Zähne systematisch unter Verwendung eines zahnärztlichen Spiegels und einer Sonde (7). Zur Diagnosestellung oder -absicherung werden ergänzend häufig radiologische Untersuchungen durchgeführt (8). Dies ist insbesondere bei nicht einsehbaren Bereichen, wie dem interdentalen oder subgingivalen Raum, oft unverzichtbar (7).

1.1.1 Anatomische Grundlagen der Zähne

Für die korrekte Interpretation pathologischer Veränderungen sind detaillierte Kenntnisse der anatomischen Norm von Zähnen, Zahnhalteapparat und umgebenden Strukturen unerlässlich (8). Zwischen dem 8. – 26. Lebensmonat erfolgt die Eruption der insgesamt 20 Milchzähne (*Dentes decidui*). Diese werden etwa ab dem 6. Lebensjahr kontinuierlich durch die bleibenden Zähne ersetzt. Alle Zähne sind über Sharpeysche-Fasern in den Alveolen aufgehängt, welche sich jeweils im Knochen des Ober- und Unterkiefers befinden (9).

Die einzelnen Zähne setzen sich wiederum aus der Corona dentis, dem Collum dentis, der Radix dentis sowie der Pulpa dentis zusammen (10). Die Zahnkrone besteht aus dem relativ röntgenopaken Zahnschmelz, unter dem sich das weniger röntgendichte Dentin befindet. Das Pulpenkavum bildet die röntgendurchlässigste Struktur im Zentrum des Zahnes und setzt sich als Wurzelkanal in die Zahnwurzel fort. Der Zahnhalteapparat (*Parodontium*) umgibt die Zahnwurzel und erscheint ebenfalls strahlendurchlässig.

Weitere relevante anatomische Strukturen, die häufig auf dentalen Röntgenaufnahmen sichtbar sind, umfassen den Sinus maxillaris im Oberkiefer. Zudem lassen sich im Unterkiefer der Canalis mandibulae sowie das Foramen mentale im Bereich der Prämolarenwurzelspitzen darstellen (9).

1.1.2 Pathologische Veränderungen und Differentialdiagnosen

Zahnärztliche Röntgenaufnahmen ermöglichen die Identifikation zahlreicher pathologischer Veränderungen, die auf verschiedene Erkrankungen oder Zustände hinweisen können (11). Trotz eines deutlichen Rückgangs der Kariesprävalenz in den vergangenen Jahren zählt Karies weiterhin zu den häufigsten chronischen Erkrankungen. Laut einem Ranking der Weltgesundheitsorganisation (WHO) belegt sie weltweit den vierten Platz in Bezug auf die Behandlungskosten chronischer Erkrankungen (12,13).

Karies ist ein dynamischer Prozess, der durch multiple Faktoren beeinflusst wird. Zu den zentralen Faktoren zählen Zeit, Mikroorganismen wie *Streptococcus mutans* sowie die Verfügbarkeit kariogener Substrate, insbesondere niedermolekulare Kohlenhydrate. Die Entstehung von Karies beruht auf einem Ungleichgewicht zwischen Demineralisation und Remineralisation der Zahnhartsubstanz, wodurch es zu einem fortschreitenden Mineralisationsverlust kommt (14). Schreitet eine kariöse Läsion weiter voran, können Bakterien über die Dentintubuli in die Pulpa eindringen oder durch eine direkte Pulpaeröffnung eine Pulpitis verursachen (15). Bleibt eine Pulpitis über einen längeren Zeitraum unbehandelt, kann es zur Entzündungsfortschreitung nach apikal kommen und es folgt eine Pulponekrose. Von einer Parodontitis apicalis spricht man, wenn sich die Infektion über den Apex hinaus fortsetzt und es zu einer Resorption der periapikalen Knochenstruktur kommt. Die radiologische Diagnostik ist in diesem Kontext essenziell, da die betroffenen Strukturen nicht direkt inspiziert werden können. Differenzialdiagnostisch sollte bei einer apikalen Aufhellung auch an ein apikales Granulom oder eine radikuläre Zyste gedacht werden (11).

Ein weiteres bedeutendes Krankheitsbild in der Zahnheilkunde ist die Parodontitis. Charakteristisch ist dabei der bakteriell bedingte Knochenabbau, sodass die Parodontitis weltweit als die häufigste Ursache für Zahnverluste gilt (16). Die radiologische Bildgebung spielt hierbei eine entscheidende Rolle, da der radiologische Knochenverlust in der aktuellen PA-Klassifikation ein zentrales Kriterium für das Staging der Erkrankung darstellt (17).

Werden pathologische Veränderungen im Rahmen der Röntgendiagnostik festgestellt, müssen neben den oben genannten Erkrankungen stets auch Differen-

tialdiagnosen ausgeschlossen werden. Eine scharf begrenzte radiologische Aufhellung weist häufig auf eine Zyste hin. Sind eine Resorption von Zahnwurzeln oder unscharf begrenzte Veränderungen erkennbar, sollte zudem das Vorliegen von Tumoren wie einem Ameloblastom oder einem Rieszellgranulom differentialdiagnostisch abgeklärt werden (18).

1.2 Bedeutung von Röntgenuntersuchungen in der Zahnmedizin

Dem Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) zufolge werden in Deutschland durchschnittlich 135 Millionen Röntgenuntersuchungen pro Jahr durchgeführt. Ein signifikanter Anteil davon entfällt mit mehr als einem Drittel auf die Zahn- und Kieferdiagnostik. Bemerkenswert ist dabei, dass diese hohe Anzahl an Untersuchungen lediglich einen Anteil von 0,3 % der kumulierten effektiven Strahlendosis ausmacht (10). Dies ist darauf zurückzuführen, dass die effektive Dosis einer Zahnfilmaufnahme bei nur maximal 0,01 mSv liegt (19). Die Strahlenexposition kann zudem durch verschiedene Schutzmaßnahmen, darunter die Verwendung einer Bleischürze, die Einblendung des Strahlenfelds sowie die Nutzung von Verstärkerfolien mit fluoreszierenden Salzen minimiert werden (20).

Röntgenuntersuchungen spielen in der Zahnmedizin sowohl für die Diagnostik als auch für die therapeutische Verlaufskontrolle eine zentrale Rolle. Sie ermöglichen unter anderem die Detektion von Karies, Zahntraumata und Parodontopathien (8,10,21). Darüber hinaus dienen sie der Beurteilung des Therapieerfolgs, beispielsweise zur Überprüfung der Füllungsqualität nach einer endodontischen Behandlung (22). Auch die Qualität prothetischer Versorgungen nach der Insertion kann radiologisch sichergestellt werden (23). Im Bereich der oralen Chirurgie sind Röntgenaufnahmen essenziell, insbesondere bei Wurzelspitzenresektionen, Implantationen und Zahnextraktionen. Ebenso sind sie in der Kieferorthopädie unverzichtbar, da sie für die Behandlungsplanung und Erfolgskontrolle eine wesentliche Grundlage darstellen (24,25).

Grundsätzlich wird zwischen intra- und extraoralen Aufnahmetechniken unterschieden, die jeweils spezifische Indikationen und diagnostische Möglichkeiten bieten (26).

1.2.1 Intraorale Röntgenaufnahmen

Die intraorale Radiographie umfasst sämtliche Zahnrontgenaufnahmen, bei denen sich der Bildrezeptor intraoral, also im Mund des Patienten, befindet, während die Röntgenquelle extraoral positioniert ist (27). Grundsätzlich wird zwischen analogen und digitalen radiologischen Verfahren unterschieden. Im Zuge der fortschreitenden Digitalisierung verlieren analoge Verfahren jedoch zunehmend an Relevanz und kommen hauptsächlich noch in älteren Zahnarztpraxen zum Einsatz (21).

1.2.1.1 Periapikale Röntgenaufnahmen

Periapikale Röntgenaufnahmen erfassen idealerweise den gesamten Bereich von der Zahnkrone bis zur periapikalen Region. Sie werden unter anderem zur Kariesdiagnostik, bei Verdacht auf apikale Pathologien oder im Rahmen endodontischer Behandlungen eingesetzt (10,20).

Bei den intraoralen periapikalen Röntgenaufnahmen können folgende Anwendungstechniken unterschieden werden:

Paralleltechnik:

Bei der Paralleltechnik trifft der Zentralstrahl senkrecht auf die Zahnachse sowie die Filmebene, wodurch eine präzise Abbildung des Zahnes gewährleistet wird. Um diese exakte Ausrichtung zu ermöglichen, kommt ein spezieller Halter zum Einsatz, der den Bildträger parallel zur Zahnachse positioniert. Ein wesentlicher Vorteil dieser Aufnahmetechnik liegt in der maßstabgetreuen Darstellung, da der Zahn gleichmäßig vergrößert und ohne Verzerrung abgebildet wird. Zudem entfällt die Notwendigkeit, dass der Patient den Bildträger selbst halten muss, was den Komfort und die Genauigkeit der Aufnahme erhöht. Allerdings kann es bei dieser Methode zu unvollständig erfassten Wurzelspitzen kommen. Darüber hinaus gestaltet sich die Anwendung bei Patienten mit komplexen anatomischen Verhältnissen, wie einem hohen Mundboden, mitunter schwierig (8,10,20).

Rechtwinkeltechnik:

Bei der Rechtwinkeltechnik trifft der Zentralstrahl in einem Winkel von exakt 90° auf die Mitte des Bildträgers, wodurch eine präzise und standardisierte Abbildung ermöglicht wird. Dies wird durch den Einsatz eines Rechtwinkeltechnikhalters erreicht, der eine starre Verbindung mit dem Tubus aufweist und so eine konstante

Positionierung gewährleistet. Ein wesentlicher Vorteil dieser Technik liegt in ihrer hohen Reproduzierbarkeit, da die Aufnahmen unter gleichen Bedingungen wiederholt werden können. Zudem entfällt die Notwendigkeit, dass der Bildträger vom Patientenfinger fixiert werden muss. Ein Nachteil dieser Methode ist jedoch der höhere Zeitaufwand, der für die exakte Durchführung erforderlich ist (8,20,28).

Halbwinkeltechnik:

Bei der Halbwinkeltechnik fällt der Zentralstrahl senkrecht auf die Winkelhalbierende zwischen Zahnachse und Filmebene, wodurch eine isometrische Abbildung des Zahns erreicht wird. Diese Technik eignet sich insbesondere für Patienten mit schwierigen anatomischen Verhältnissen, da sie flexibler an individuelle Gegebenheiten angepasst werden kann. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass keine zusätzlichen Hilfsmittel erforderlich sind, die nach der Anwendung sterilisiert werden müssten. Allerdings weist die Halbwinkeltechnik auch einige Nachteile auf. Sie ist schwerer zu erlernen, da eine präzise Einstellung erforderlich ist. Zudem ist ihre Reproduzierbarkeit eingeschränkt, was die Vergleichbarkeit von Aufnahmen erschwert (8,10,20).

1.2.1.2 Bissflügelaufnahmen

Bissflügelaufnahmen dienen zur Darstellung des koronalen Bereichs mehrerer Seitenzähne. Sie werden vorrangig zur Kariesdiagnostik sowie zur Randschlusskontrolle nach konservierenden oder prothetischen Versorgungen eingesetzt. Die Aufnahme kann entweder mithilfe einer speziellen Halterung oder durch Bissflügelfilme mit Aufbisslasche durchgeführt werden. Entscheidend für eine aussagekräftige Bildgebung ist, dass der Patient die Zahnreihen vollständig geschlossen hält und der Strahlengang korrekt ausgerichtet wird. Dadurch kann eine Überlagerung der Approximalräume weitestgehend vermieden werden. Ein wesentlicher Vorteil dieser Technik besteht in der Möglichkeit, kariöse Läsionen im Approximalbereich frühzeitig diagnostizieren zu können. Nachteilig ist hingegen, dass Okklusalkaries aufgrund des Additionseffekts oft erst in einem fortgeschrittenen Stadium sichtbar wird (10,20,28,29).

1.2.1.3 Aufbissaufnahmen

Aufbissaufnahmen können sowohl für den Ober- als auch Unterkiefer angefertigt werden. Während der Aufnahme fixiert der Patient den Bildträger mit leichtem Druck zwischen den Zahnreihen, wodurch eine stabile Positionierung gewährleistet wird. In der Regel werden hierfür Filme im Format von 5 x 7 cm verwendet, um eine möglichst großflächige Darstellung zu ermöglichen. Diese Technik wird insbesondere zur Diagnose von Speichelsteinen, zur Lagebestimmung retinierter oder verlagerter Zähne sowie im Bereich der Traumatologie eingesetzt (8,10,20).

1.3 Befundung von Zahnaufnahmen

In dem neu verabschiedeten Strahlenschutzgesetz (StrlSchG) aus 2018 wird nach § 85 bestimmt, dass die Durchführung von Röntgenaufnahmen am Menschen einer Aufzeichnungspflicht unterliegt. Neben der zu rechtfertigenden Indikation muss gemäß diesem Gesetz auch der Untersuchungsbefund dokumentiert werden (30). Eine korrekte Diagnosestellung setzt voraus, dass die Befundung der Röntgenbilder unter Berücksichtigung der Anamnese und Symptomatik des Patienten erfolgt (8). Allerdings spezifizieren weder das Strahlenschutzgesetz (StrlSchG) noch die Strahlenschutzverordnung (StrSchV) die konkrete Vorgehensweise der Befundung. Aus diesem Grund wurde im Jahr 2003 vom Normenausschuss Radiologie (NAR) die DIN 6827-5 etabliert, um mehr Klarheit bei der Befundung zu schaffen. Die Norm legt fest, welche Inhalte ein Befund enthalten muss und sind in Abbildung 1 dargestellt (31).

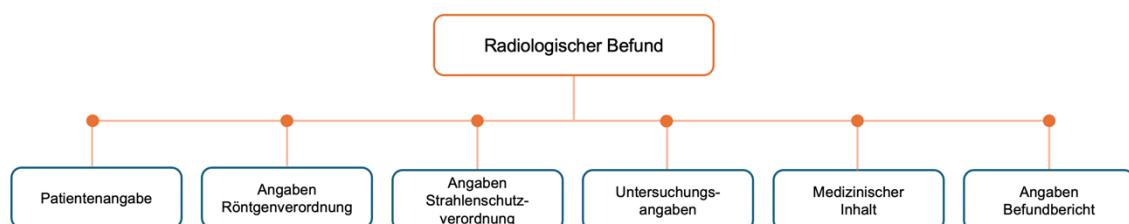


Abbildung 1: Verpflichtende Befundinhalte nach DIN 6827-5, eigene Darstellung in Anlehnung an Hackländer (31).

1.3.1 Definition, Anforderungen und Ziele der Befundung

Die Qualitätssicherungs-Richtlinie (QS-RL) definiert die Befundung als den Prozess der Erkennung, Beschreibung und Beurteilung diagnostisch relevanter Bil-

dinhalte unter Berücksichtigung organtypischer Bildmerkmale, Details und kritischer Strukturen. Diese Aufgabe obliegt einem Arzt oder Zahnarzt mit der erforderlichen Fachkunde im Strahlenschutz und dient der Beantwortung diagnostischer Fragestellungen sowie als Grundlage für therapeutische Entscheidungen (32). Dabei ist es essenziell, die Befundung als einen ganzheitlichen Prozess zu verstehen, der von der Bildaufnahme bis zur klinischen Beurteilung reicht (33).

Die Erwartungen und Anforderungen an einen radiologischen Bericht sind vielschichtig und anspruchsvoll. Eine umfassende Befundung erfordert die Berücksichtigung der Krankengeschichte, den Vergleich mit früheren Röntgenaufnahmen sowie die Einbeziehung der aktuellen Symptomatik des Patienten (34). Darüber hinaus setzt die radiologische Befundung ein breites und spezialisiertes Fachwissen voraus. Neben allgemeinen medizinischen Kenntnissen muss der Befundende über spezifische Fachkompetenzen verfügen, um radiologische Auffälligkeiten zu erkennen und Normvarianten von pathologischen Befunden zu unterscheiden (35). Bereits 2011 betonten die Radiologen Wallis und McCoubrie die zentrale Rolle des radiologischen Berichts als essenzielle Schnittstelle zwischen Radiologen und Klinikern. Sie forderten eine präzise und eindeutige Ausdrucksweise sowie eine sinnvolle Strukturierung der Befunde. Besonders wichtig ist dabei die korrekte Beantwortung der klinischen Fragestellung und die Empfehlung für das weitere diagnostische oder therapeutische Vorgehen (36).

Das Ziel der radiologischen Befundung besteht darin, das aufgenommene Bild möglichst detailliert zu beschreiben. Auf dieser Grundlage sollen eine primäre Diagnose sowie mögliche Differentialdiagnosen abgeleitet werden (34).

Um dieses Ziel zu verwirklichen, sollten vier wesentliche Schritte beachtet werden. Zunächst erfolgt die visuelle Betrachtung des Röntgenbildes. Dabei ist eine systematische Vorgehensweise essenziell, um keine relevanten Details zu übersehen. Anschließend folgt die Analyse der optischen Eindrücke, bei der fundierte Kenntnisse notwendig sind, um pathologische Strukturen korrekt zu identifizieren. Die letzten beiden Schritte umfassen die detaillierte Beurteilung der Aufnahme sowie die schriftliche Dokumentation des Befunds (37).

Ein weiterer zentraler Aspekt der Befundung ist die Rechtsgrundlage. Eine vollständige und präzise Dokumentation ist insbesondere in rechtlichen Auseinandersetzungen von hoher Bedeutung und kann maßgeblich den Ausgang eines Verfahrens beeinflussen (38).

1.3.2 Freitext-Befundung

Trotz des erheblichen Fortschritts in der bildgebenden Diagnostik bleibt die Befundung mittels Freitextberichten weiterhin der Standard (39). Unter dieser Befundungs-Methode wird in der Medizin ein Befund in offener Textform ohne definierte Länge und Standardisierung verstanden. Der Verfasser ist in seinen Formulierungen frei und der Inhalt flexibel. Grundsätzlich wird zwischen geschriebenem und gesprochenem Freitext unterschieden, wobei die schriftliche Form präferiert werden sollte. Ihr Vorteil liegt in der Möglichkeit der handschriftlichen oder digitalen Dokumentation mithilfe von Zeichen und Ziffern. Im Gegensatz dazu kann der gesprochene Freitext lediglich per Audiorekorder aufgezeichnet werden, was seine Nachverfolgbarkeit einschränkt (40).

1.3.2.1 Vorteile und Herausforderungen

Das Hauptmerkmal der Freitext-Befundung ist die freie und narrative Formulierung des erhobenen Befundes. Dieser wird zudem ohne standardisierte Vorlage erstellt. Ein wesentlicher Vorteil dieser Methode liegt in der Möglichkeit, individuell auf den jeweiligen Fall einzugehen und eine flexible Berichterstellung zu ermöglichen. Zudem erlaubt diese Befundungsart eine detaillierte Beschreibung und eignet sich besonders zur Bearbeitung komplexer Fälle (40–42).

Ein entscheidender Grund, warum diese prosaartige Form nach wie vor den klinischen Standard darstellt, ist der oft noch erhöhte Aufwand bei der Nutzung von strukturierter Befundung. Auch die langjährige Gewöhnung an diese Methode trägt dazu bei (43,44).

Trotz der oben genannten Vorteile steht der Freitext-Befund schon seit Langem in der Kritik (39,45). Eine zentrale Herausforderung bei den NRs (engl. Non-Structured Reports) stellt vor allem die fehlende Standardisierung dar. Der verfasste Befund ist stark vom Sprachgebrauch, der Expertise und dem Stil des jeweiligen Radiologen abhängig. Dies kann durch unklare oder mehrdeutige Formulierungen zu Missverständnissen führen (2,41). Kritisiert wird außerdem die

fehlende Vollständigkeit. Bei Freitext-Befunden werden häufig Details ausgelassen oder unauffällige Befunde nicht explizit in den Text mitaufgenommen (41,44). Ein weiterer Kritikpunkt ist die nicht realisierbare Vergleichbarkeit von Befunden, die von verschiedenen Radiologen erstellt wurden. Durch diese fehlende Vergleichbarkeit kann eine wissenschaftliche Auswertung zudem erschwert werden (35,40,43).

1.3.3 Strukturierte Befundung

Die strukturierte Befundung hat sich in den letzten Jahren zu einem zentralen Thema in der Radiologie entwickelt (2). Radiologen werden aufgrund des gestiegenen Volumens sowie der erhöhten Komplexität von bildgebenden Untersuchungen unter immer höhere Anforderungen gestellt. Um diesen Arbeitsaufwand unter gleichbleibend hoher Qualität zu bewältigen, werden neue Konzepte wie die strukturierte Befundung (engl. structured reporting, SR) zunehmend unverzichtbar (39).

Das American Journal of Roentgenology veröffentlichte bereits im Jahr 1922 einen Artikel, in dem der Autor eine standardisierte Befundung forderte (45). Auch heute, über 100 Jahre später, zeigen zahlreiche Studien den Wunsch vieler Kliniker nach einer verbesserten und vereinheitlichten Befundqualität (46–48). Sistrom und Langlotz definierten 2005 drei zentrale Kriterien für eine optimierte radiologische Berichterstattung: ein strukturiertes Berichtformat, eine standardisierte Sprache und einen konsistenten Berichtinhalt (47,48).

In den letzten Jahren haben sich zudem zahlreiche radiologische Fachgesellschaften, darunter das American College of Radiology (ACR), die European Society of Radiology (ESR) sowie die Deutsche Röntgengesellschaft (DRG), ausdrücklich für die strukturierte Befundung ausgesprochen (2,35,43).

1.3.3.1 Konzepte der strukturierten Befundung

Im Gegensatz zur traditionellen Freitext-Befundung verfolgt die strukturierte Befundung das Ziel, durch klare Formulierungen, eine einheitliche Terminologie und ein standardisiertes Format die Qualität und Vergleichbarkeit radiologischer Berichte zu verbessern. Hierfür wurden mittlerweile verschiedene Konzepte erarbeitet (2).

Der Radiologe T. Hackländer gliedert die strukturierte Befundung dabei in 3 Stufen. Bei strukturierten Befunden der Stufe eins erfolgt eine thematische Strukturierung des Befundberichts in Abschnitte, jedoch ohne weitere Spezifizierung der Inhalte und des Stils. Aufgrund der gesetzlich vorgegebenen Aufzeichnungsrichtlinien stellt diese Stufe, die in Deutschland am häufigsten verwendete Form dar und wird oft noch als Freitext tituliert. Stufe zwei erweitert dies um vorgefertigte Textbausteine. Diese Bausteine können anschließend durch spezielle Editoren zu einem vollständigen Bericht kombiniert werden. Die höchste Stufe drei erfordert die ausschließliche Verwendung von Termini aus geprüften radiologischen Lexika, wie beispielsweise RadLex, wodurch eine maximale Standardisierung erreicht wird (1).

Das radiologische Lexikon RadLex wurde im Jahr 2003 von der Radiological Society of North America (RSNA) entwickelt. Es soll dazu dienen, die strukturierte Befundung durch einheitliche und standardisierte Terminologie zu unterstützen. Außerdem soll es durch die Einführung eines homogenen Vokabulars, Vergleichbarkeit und Reproduzierbarkeit von Befunden fördern. Die Arbeitsgemeinschaft Informationstechnologie (AGIT) der DRG setzte sich zudem für eine Übersetzung der RadLex-Termini ins Deutsche ein, um zukünftig auch internationale Vergleiche radiologischer Untersuchungsergebnisse zu ermöglichen (43,49,50).

Neben RadLex setzen andere Konzepte der strukturierten Befundung auf Checklisten oder Templates (51). Eine Studie von Lin et al. zeigte beispielsweise, dass die Befundung von CT-Untersuchungen der Halswirbelsäule mithilfe von Checklisten eine höhere Genauigkeit aufweist und das Übersehen von Pathologien reduziert (52). Daneben gewinnen auch Befundvorlagen, sogenannte Templates, zunehmend an Bedeutung (43,53). Diese werden beispielsweise von der RSNA in verschiedenen Formaten, darunter Text, Onlineformulare und XML, zur Verfügung gestellt (33,54). Auch die DRG bietet zahlreiche qualitativ geprüfte Befundvorlagen kostenlos auf ihrer Internetplattform an (55,56).

Inzwischen werden auch intelligente Softwarelösungen zur workflowoptimierten Befundung angeboten. Diese konnten bereits in mehreren Studien einen signifikanten Mehrwert, insbesondere im Hinblick auf Zeitersparnis bei gleichbleibender Befundqualität, zeigen, wodurch sie eine wertvolle Unterstützung für Radiologen darstellen (2,57,58).

Darüber hinaus hält die künstliche Intelligenz (KI) in Kombination mit maschinellem Lernen (ML) zunehmend Einzug in die Radiologie. Diese Technologien bieten großes Potenzial für zukünftige Weiterentwicklungen und könnten die Befundung weiter automatisieren und optimieren (56).

1.3.3.2 Vorteile und Herausforderungen

Die strukturierte Befundung bietet sowohl für Radiologen als auch für Kliniker zahlreiche Vorteile. Dies zeigt sich unter anderem in der aktiven Förderung durch verschiedene Fachgesellschaften, darunter die Deutsche Röntgengesellschaft (DRG) mit ihrem „Arbeitskreis Strukturierte Befundung“ (43). Dennoch konnte sich die strukturierte Befundung trotz intensiver Bestrebungen dieser Organisationen bisher nicht flächendeckend im radiologischen Alltag etablieren (59).

Zu den Chancen und Herausforderungen von SR gehören folgende Aspekte:

Vollständigkeit:

Die strukturierte Befundung weist in zahlreichen Studien eine hohe Vollständigkeit auf. Dies ist insbesondere auf die Verwendung standardisierter Vorlagen (Templates) zurückzuführen, die Platzhalter oder Checklisten enthalten. Diese können entweder mit individuellem Text ausgefüllt oder mithilfe von Drop-Down-Menüs durch vorgefertigte Inhalte ergänzt werden. Durch diesen strukturierten Ablauf wird der Radiologe gezielt durch den gesamten Befundungsprozess geführt, wodurch ein vollständiger Bericht sichergestellt wird, unabhängig davon, ob pathologische Auffälligkeiten vorliegen oder nicht. Allerdings hängt dieser Vorteil von der Qualität des verwendeten Templates ab, das alle relevanten Parameter enthalten muss. Ein potenzieller Nachteil ergibt sich bei komplexen Behandlungsfällen, die möglicherweise nicht ausreichend durch ein standardisiertes Template erfasst werden können (2,3,5,60–62). Eine Studie von Armbruster et al. zeigte zudem, dass 41% der untersuchten MRT-Befunde mit SRs vollständig waren, während alle NRs mindestens ein fehlendes Hauptmerkmal aufwiesen (63).

Eindeutigkeit und Verständlichkeit:

Die Verwendung einer einheitlichen Terminologie in strukturierten Befunden trägt maßgeblich zur Verbesserung der Verständlichkeit und Eindeutigkeit radiologischer Befunde bei. Um dies zu gewährleisten, müssen Befunde sprachlich so

formuliert sein, dass sie klar und unmissverständlich für alle Beteiligten sind. Zu diesem Zweck wurden Ontologien wie RadLex konzipiert (51,64). Diese bieten ein standardisiertes Vokabular, das eine einheitliche und präzise Befundsprache über verschiedene Institutionen hinweg ermöglicht (65). Durch die Vermeidung mehrdeutiger Formulierungen und unklarer Abkürzungen wird zudem der Informationsaustausch zwischen Radiologe, Zuweiser und Patienten erleichtert (59,66). Bei einer Evaluation von 330 zufällig ausgewählten NRs und SRs von CT-Untersuchungen konnten Schwartz et al. einen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Befundungsarten in puncto Eindeutigkeit vermerken. Die Ergebnisse belegen, dass SRs in dieser Hinsicht überlegen sind (67).

Genauigkeit:

Um die Patientenversorgung zu optimieren ist eine hohe Genauigkeit bei der radiologischen Befundung unerlässlich. Nur durch eine präzise Beantwortung der klinischen Fragestellung im Befundbericht kann eine gezielte und bestmögliche Therapie für den Patienten eingeleitet werden (68). Die Frage, ob strukturierte Befunde oder Freitext-Befunde in Bezug auf die Genauigkeit überlegen sind, wird in der wissenschaftlichen Literatur kontrovers diskutiert. Während eine Studie von Johnson et al. eine verringerte Genauigkeit von SRs im Vergleich zu NRs feststellte, kamen Lin et al. in einer neueren Untersuchung zu einem gegenteiligen Ergebnis. Sie konnten nachweisen, dass die Verwendung von SRs die Anzahl übersehener Befunde in Wirbelsäulen-CTs verringerte und somit die Befundgenauigkeit insgesamt verbesserte (52,69).

Einheitlichkeit:

Der Einsatz von Templates ermöglicht eine Vereinheitlichung radiologischer Befunde unabhängig vom behandelnden Radiologen. Durch die strukturierten Vorlagen müssen alle vorgegebenen Punkte systematisch abgearbeitet werden, wodurch der Inhalt und Umfang der Befunde weitgehend standardisiert werden können (61,62). Neben der strukturellen Vereinheitlichung trägt auch die Nutzung standardisierter Terminologie in SRs zu einer höheren Einheitlichkeit bei (49). Eine Untersuchung von Larson et al. in einem Kinderkrankenhaus bestätigte zudem, dass die Implementierung von SRs die Homogenität der radiologischen Berichte signifikant verbessern kann (4). Um diesen Vorteil weiter auszubauen,

wäre die Einführung gesetzlich vorgeschriebener, einheitlicher Befundvorlagen eine mögliche Maßnahme zur weiteren Standardisierung (61).

Workflow-Integration und Nutzerfreundlichkeit:

Der Wechsel von NRs zu SRs im klinischen Alltag erfordert eine initiale Umstellungsphase. Radiologen müssen sich zunächst mit der neuen Befundungsmethode vertraut machen, was zu einem Mehraufwand in der Einarbeitungszeit führen kann. Dies stößt teilweise auf Ablehnung, insbesondere da die technische Umsetzung von SRs in vielen Systemen noch nicht optimal ist. Um den Workflow während der Integration zu verbessern, werden derzeit verschiedenen Lösungsansätze entwickelt (44,62). Eine zentrale Rolle spielen dabei IT-Anbieter, die eng mit den Anwendern zusammenarbeiten müssen, um eine nutzerfreundliche Implementierung zu gewährleisten (70). Die meisten aktuellen Systeme zur strukturierten Befundung basieren auf einem „Point-and-Click“-Verfahren, bei dem Befundinhalte durch Mausklick und Checkboxen ausgewählt werden. Dieses Verfahren kann als aufwändiger empfunden werden als die Sprachsteuerung, die häufig für NRs genutzt wird. Ein Lösungsansatz zur Verbesserung des Workflows ist das Hybrid-Reporting, bei dem Elemente von SRs und NRs kombiniert werden, um eine mühelose Umstellung zu ermöglichen (61,62,70). Zudem kann die Integration durch den Einsatz von workflow-optimierten Befundungssoftwares erleichtert werden. Eine Untersuchung von Müller-Horvat et al. aus dem Jahr 2007 zeigt, dass durch die Nutzung solcher Softwares bei der Befundung von 13 Ganzkörper-MRTs von Patienten mit malignem Melanom eine Verbesserung der Nutzerfreundlichkeit und Effizienz erzielt werden konnte (58).

Zeitersparnis:

Die Frage, ob SRs zu einer Zeitersparnis beitragen können, ist weiterhin umstritten. Ein wesentlicher Faktor ist die Erfahrung und Übung des Radiologen, da geübte Anwender möglicherweise effizienter mit SRs arbeiten (1). Zudem variieren die Ergebnisse wissenschaftlicher Studien je nach Untersuchungsbedingungen. So zeigte eine Studie aus dem Jahr 2019, in der neun unabhängigen Untersucher mit ähnlichem Erfahrungsniveau 43 Kopf- und Hals-Ultraschalluntersuchung befundeten, eine längere Bearbeitungszeit für SRs (176,5 Sekunden) im Vergleich zu NRs (107,3 Sekunden) (71). Im Gegensatz dazu fanden Müller-Hor-

vat et al. eine signifikante Zeitersparnis bei der Nutzung von SRs. Auch Nörenberg et al. konnten bei der Befundung von rektalen MRTs bei Patienten mit Rektumkarzinom eine verkürzte Befundungszeit feststellen (58,72). Eine weitere retrospektive Studie von Kim et al. ergab ebenfalls, dass die Befundungszeit für SRs kürzer war. In dieser Untersuchung erstellten zwei Radiologen und zwei Medizinstudenten im letzten Jahr NRs und SRs von DXAs (73). Die widersprüchlichen Ergebnisse lassen sich möglicherweise dadurch erklären, dass die Befundtemplates bislang nicht in allen Fachbereichen gleichermaßen optimiert wurden. Eine unzureichende Nutzerfreundlichkeit könnte daher in einigen Fällen die erwartete Zeitersparnis beeinträchtigen (59).

Kosten:

Templates zur strukturierten Befundung werden beispielsweise von der DRG über die Website www.befundung.drg.de oder von der RSNA unter RadReport.org kostenlos bereitgestellt. Ein weiterer Vorteil der strukturierten Befundung ist die mögliche Kostenreduktion, da durch die eindeutige und standardisierte Sprache Rückfragen an den Radiologen entfallen können (72). Eine Herausforderung bei der Implementierung von SRs im klinischen Alltag sind jedoch die hohen Anschaffungskosten für entsprechende Befundungssoftware. Diese Kosten werden derzeit nicht durch die Vergütung der Krankenkassen berücksichtigt, was eine flächendeckende Einführung erschwert (41,43,61).

Vergleichbarkeit:

Die Verwendung von SRs erleichtert die Vergleichbarkeit radiologischer Berichte erheblich. So können beispielsweise Krankheitsverläufe oder Behandlungsergebnisse systematisch gegenübergestellt werden (74). Ein weiterer Vorteil der SRs ist die internationale Vergleichbarkeit radiologischer Berichte. Durch die Nutzung standardisierter Terminologien wird ein einheitliches Vokabular geschaffen, das den Austausch und die Analyse von Befunden über Sprach- und Landesgrenzen hinweg ermöglicht (49). Zudem kann die strukturierte Befundung zur wissenschaftlichen Forschung beitragen, insbesondere bei umfangreichen Populationsstudien, da durch die einheitliche und objektive Dokumentation eine automatisierte Analyse großer Datenmengen erleichtert wird (44).

Sekundäre Datennutzung:

Die strukturierte Befundung eröffnet insbesondere in Kombination mit Radiomics und künstlicher Intelligenz vielversprechende Zukunftsperspektiven. Der Begriff Radiomics beschreibt die systematische und quantitative Extraktion von Merkmalen aus radiologischen Bilddaten. Diese Merkmale können mithilfe von KI-gestützten Algorithmen weiterverarbeitet und für verschiedene Zwecke genutzt werden, beispielsweise zur präzisen Diagnostik, zur Prognoseabschätzung oder für wissenschaftliche Forschungszwecke (74,75). Ein weiterer bedeutender Vorteil der strukturierten Befundung ist die Möglichkeit, erhobene Daten in spezialisierten Datenbanken zu speichern. Dies erleichtert nicht nur die Langzeitanalyse medizinischer Bilddaten, sondern ermöglicht auch deren gezielte Nutzung für wissenschaftliche Studien und die Entwicklung neuer diagnostischer Modelle (43).

1.4 Problemstellung und Relevanz

Zahlreiche Fachgesellschaften und wissenschaftliche Experten betrachten die flächendeckende Einführung der strukturierten Befundung als eine wesentliche Voraussetzung für die Weiterentwicklung der radiologischen Diagnostik (70). Obwohl zahlreiche Publikationen die Vorteile der strukturierten Befundung belegen, dominiert weiterhin die Freitext-Befundung den klinischen Alltag. Diese traditionelle Methode kann jedoch den hohen Qualitätsanforderungen der modernen Medizin nicht immer gerecht werden (61). Ein zentrales Problem der Freitext-Befundung ist die fehlende Standardisierung. Da jeder Arzt seine individuellen Formulierungen und Stilmittel verwendet, entstehen inhomogene Befunde, die sich in Struktur, Detailgrad und Terminologie erheblich unterscheiden können. Zudem kommen oft unklare Abkürzungen zum Einsatz, die bei der Weiterverarbeitung und Kommunikation zwischen Fachdisziplinen zu Missverständnissen führen können (2,40,76).

Auch hinsichtlich technologischer Entwicklungen stellen narrative Freitext-Befunde eine Herausforderung dar. Der Bereich der künstlichen Intelligenz und des maschinellen Lernens entwickelt sich rasant weiter. Um diese Technologien auch

in der Radiologie effektiv nutzen zu können, sind jedoch standardisierte Befundformate erforderlich, da Freitext-Befunde nur schwer kompatibel und automatisiert auswertbar sind (43,62,70,77).

Auch im Gebiet der Zahnmedizin findet KI zunehmend Anwendung. Besonders im Bereich der digitalen intraoralen Aufnahmen sowie der dreidimensionalen Bildgebung können KI-Systeme die Diagnosestellung und Therapieplanung maßgeblich unterstützen (78,79). Bereits heute gibt es Softwarelösungen wie das an der Charité entwickelte Programm „dentalXrai“, das mithilfe von ML die dentale Bildgebung automatisiert auswertet. Diese Software erkennt beispielsweise Restaurationen oder pathologische Auffälligkeiten und erstellt darauf basierend eine detaillierte Dokumentation (80,81).

Das Thema strukturierte Befundung hat aus mehreren Gründen eine hohe Relevanz. Wie bereits in Punkt 1.3.3.2 beschrieben, tragen SRs zur Vollständigkeit, Verständlichkeit und Genauigkeit der Befunde bei, was sich direkt positiv auf die Patientenversorgung auswirkt (76). Die strukturierten Befunde sind auch im Kontext der Digitalisierung von großer Bedeutung. Nachdem die elektronische Patientenakte verpflichtend eingeführt wurde, Videosprechstunden, digitale Rezepte und Arbeitsunfähigkeitsbescheinigungen etabliert wurden, sollte auch die radiologische Befundung nicht von der Modernisierung ausgeschlossen werden (61,82).

Aktuelle Studien zeigen, dass SRs bei CTs und MRTs von Pankreasläsionen die klinische Versorgung, das Tumorstaging und die Operationsplanung verbessern können (83). Nörenberg et al. beleben zudem, dass SRs bei MRTs von Rektalkarzinomen die OP-Planung und interdisziplinäre Kommunikation optimieren (72). Weitere Studien zeigen die positiven Auswirkungen von strukturierten Befunden auf das Staging von Pankreaskarzinomen, die Vollständigkeit von Felsenbein MRTs sowie die Verständlichkeit von Kopf- und Nacken-Ultraschalluntersuchungen (5,63,71). Auch bei Kindern und Jugendlichen mit Tumorprädispositionssyndrom kann strukturierte Befundung bei den zur Früherkennung und Verlaufskontrolle durchgeführten Ganzkörper-MRTs, zur Optimierung der Versorgung beitragen (57).

Ein Problem zeigt sich jedoch nach umfassender Literaturrecherche. Während es für einige Fachbereiche, insbesondere die onkologische Bildgebung, bereits

zahlreiche Studien zur strukturierten Befundung gibt, sind für andere Disziplinen, insbesondere die dentale Bildgebung, noch vergleichsweise wenige wissenschaftliche Arbeiten verfügbar. Dies weist darauf hin, dass in diesem Bereich weiterer Forschungsbedarf besteht (84).

2. Zielsetzung und Fragestellung

Zahnfilmaufnahmen stellen mit einem Anteil von 80% an der dentalen Bildgebung nach wie vor den Standard in der Zahnmedizin dar. Zudem verdeutlicht die Tatsache, dass 37% der zu medizinischen Zwecken durchgeführten Röntgenbilder Zahnfilmaufnahmen sind, die große Bedeutung dieser Aufnahmeart (10,85). Um die Patientenversorgung zu verbessern und die Strahlenexposition möglichst gering zu halten, sollte das Optimierungsgebot von Ärzten oder Zahnärzten mit entsprechender Fachkunde im Strahlenschutz eingehalten werden. Ein essenzieller Aspekt ist hierbei das sogenannte „ALARA-Prinzip“ („as low as reasonably achievable“). Es fordert, dass die Strahlenexposition so weit minimiert werden soll, dass dennoch eine zufriedenstellende Bildqualität gewährleistet bleibt (8). Neben der Reduzierung der Strahlenbelastung trägt jedoch auch eine ausführliche Dokumentation und Befunderhebung erheblich zur Qualität der Diagnostik und Therapieplanung bei. Obwohl die StrlSchV und das StrlSchG die Befunderhebung rechtlich vorschreiben und Inhalt sowie Form des Befundberichts durch eine DIN-Norm geregelt sind, wird die Dokumentation Schätzungen zufolge oft nur unzureichend oder gar nicht durchgeführt (86).

Wie bereits in Punkt 1.3.3.2 beschrieben, zeigen zahlreiche Studien, dass die strukturierte Befundung Vorteile hinsichtlich Vollständigkeit, Verständlichkeit, Einheitlichkeit, Vergleichbarkeit und Genauigkeit mit sich bringt. Da sich die bisherigen Untersuchungen jedoch überwiegend auf die onkologische Bildgebung oder Ultraschalluntersuchungen beziehen, stellt sich die Frage, inwiefern strukturierte Befundung auch in der dentalen Bildgebung, insbesondere in Bezug auf Zahnfilmaufnahmen, von Nutzen sein kann (5,71,72).

Vor diesem Hintergrund ist das Ziel dieser Dissertation, im Rahmen einer retrospektiven Untersuchung an der Klinik und Poliklinik für Radiologie am Klinikum Innenstadt der Ludwig-Maximilians-Universität München festzustellen, ob die strukturierte Befundung von Zahnaufnahmen Vorteile im Vergleich zu Freitext-Befunden bietet.

Die erforderlichen Untersuchungsdaten werden mithilfe eines speziell erarbeiteten Fragebogens erhoben, der von zwei approbierten Zahnärzten beantwortet wird. Dabei sollen die folgenden Fragen zu den vorgelegten Freitext- und strukturierten Befunden evaluiert werden:

1. Ist es den Zahnärzten möglich, mittels der bereitgestellten Befunde von Zahnaufnahmen eine Entscheidung bezüglich des weiteren therapeutischen Vorgehens zu treffen und sind die gegebenen Informationen ausreichend für eine Therapieplanung?
2. Gibt es Informationen, die im erhobenen Befund fehlen und ist die Dokumentation des Befundes insgesamt ausreichend detailliert?
3. Ist die Reihenfolge der Informationen im Befund nachvollziehbar und wie verhält sich der zeitliche Aufwand, die gegebenen Informationen aus dem Befund zu entnehmen?
4. Wie bewerten die Zahnärzte das Vertrauensverhältnis zu den gegebenen Informationen, die sprachliche Qualität, die Verständlichkeit sowie den Befund insgesamt?

3. Material und Methoden

3.1 Studiendesign

In der vorliegenden Dissertation wurde eine klinisch-retrospektive Studie an der Klinik und Poliklinik für Radiologie am Klinikum Innenstadt der LMU München durchgeführt. Im Rahmen dieser Studie wurden 50 zufällig ausgewählte Freitext-Befunde von retrospektiv frei verfügbaren anonymisierten Zahnfilmaufnahmen untersucht.

Mithilfe der Website „Smart Radiology“ wurde ein Template speziell für die strukturierte Befundung von Zahnaufnahmen generiert. Basierend auf diesem Template wurden für die zuvor randomisiert ausgewählten 50 Zahnfilmaufnahmen SRs erstellt. Ziel der Studie war es, zu evaluieren, inwiefern die strukturierte Befundung potenzielle Vorteile für die Befunderstellung von Zahnaufnahmen bieten kann.

Zur Bewertung der SRs im Vergleich zu den NRs wurde ein speziell entwickelter Fragebogen verwendet. Dieser ermöglichte eine systematische Einschätzung der Befundqualität und wurde von zwei unabhängigen, erfahrenen Zahnärzten beantwortet. Anschließend wurden die gesammelten Ergebnisse ausgewertet, um mögliche Unterschiede der Befunde zu analysieren.

Gemäß der Ethikkommission der LMU München liegt für die klinisch-retrospektive Studie ein positives Votum vor (Ethikkommission, Medizinische Fakultät, Ludwig-Maximilians-Universität München; 23-0172; Datum der Genehmigung: 24.02.2023). Die Datenerhebung erfolgte anonymisiert und die Studie entspricht den ethischen Richtlinien der Deklaration von Helsinki.

3.2 Datenerhebung

3.2.1 Ein- und Ausschlusskriterien

In die Studie eingeschlossen wurden die Befunde von 50 anonymisierten Zahnaufnahmen. Ein Einschlusskriterium war, dass die Aufnahme die Zähne von koronal bis nach apikal vollständig darstellen musste. Die Aufnahmeindikationen,

wie beispielsweise Kontrolle, Diagnostik oder Endodontie, spielten bei der Auswahl keine Rolle.

Ausgeschlossen wurden Befunde von Bissflügelaufnahmen. Grund hierfür liegt in der spezifischen Anwendung dieser Technik, die primär zur Kariesdiagnostik eingesetzt wird. Während Bissflügelaufnahmen eine detaillierte Darstellung der Zahnkronen ermöglichen, ist eine Beurteilung des apikalen Bereichs nicht möglich (29). Aufgrund dieser eingeschränkten diagnostischen Aussagekraft wurde die Befunddokumentation solcher Aufnahmen als weniger umfassend angesehen und daher von der Studie ausgeschlossen.

Für die Beantwortung des Fragebogens wurde als Kriterium festgelegt, dass ausschließlich approbierte Zahnärzte teilnehmen durften. Durch diese Vorgabe sollte sichergestellt werden, dass die Beurteilung durch Fachpersonal mit ausreichender Erfahrung und routinierter Expertise im Bereich der dentalen Radiologie erfolgt.

3.2.2 Bilderhebung

Die retrospektiv verfügbaren Bilddaten wurden alle an einem Heliodent Plus Röntgengerät der Firma Dentsply Sirona unter Verwendung eines digitalen Sensors akquiriert. Um eine konstant hohe Bildqualität zu gewährleisten, erfolgte die Anfertigung der Zahnaufnahmen mittels Sensorhalter, Aufbissblock und Visiering in Paralleltechnik. Die Auswahl der 50 Zahnfilmaufnahmen erfolgte nach dem Zufallsprinzip aus einer nicht selektierten und unkontrollierten Patientenkohorte.

3.2.3 Templategenerierung

Für die Durchführung der klinisch-retrospektiven Studie war zunächst die Erstellung eines geeigneten Templates erforderlich, das speziell für die strukturierte Befundung von Zahnfilmaufnahmen konzipiert wurde. Hierfür wurde die Plattform „Smart Radiology“ der Smart Reporting GmbH in München genutzt. Die Website bietet Nutzern die Möglichkeit, bereits vorgefertigte Befundvorlagen - sogenannte Templates - für die strukturierte Befundung radiologischer Aufnahmen zu verwenden. Verfügbar sind unter anderem Vorlagen für CT-Untersuchungen des

Herzens und des Thorax sowie MRT-Untersuchungen der Leber und von Hirntumoren. Darüber hinaus lassen sich die Templates individuell anpassen, um den spezifischen Anforderungen des Befundenden gerecht zu werden. Neben der Auswahl vordefinierter Vorlagen besteht zudem die Möglichkeit, mithilfe eines integrierten Editors eigene Smart Templates zu erstellen (87).

Für die vorliegende Studie wurde das Template „Zahnfilmaufnahmen“ entwickelt. Dieses gliedert sich in die vier Hauptbereiche: Prozedur, klinische Angaben, Voruntersuchungen und Befund. Jeder dieser Bereiche enthält weitere Unterpunkte mit verschiedenen Auswahlmöglichkeiten, die per Mausklick aktiviert werden können. Der Nutzer wird dabei durch einen Entscheidungsbaum mit Ja-Nein-Fragen, Freitextfeldern sowie Einfach- und Mehrfachauswahloptionen geführt. Den ausgewählten Befundpunkten werden automatisch Textbausteine zugeordnet, sodass abschließend ein vollständiger schriftlicher Befund generiert wird.

Im Bereich „Prozedur“ werden Fragen zur Röntgenaufklärung, einer möglichen Schwangerschaft sowie zur Indikation der Aufnahme gestellt. Der Abschnitt „klinische Angaben“ ermöglicht es, zusätzliche patientenbezogene Informationen anzugeben. Der Teil „Voruntersuchungen“ erfasst, ob bereits frühere Röntgenaufnahmen vorliegen. Falls dies der Fall ist, werden zusätzlich die Anzahl und das Datum dieser Aufnahmen dokumentiert.

Der zentrale Abschnitt „Befund“ dient der detaillierten Beschreibung der Zahnfilmaufnahme. Hier können unter anderem das Aufnahmedatum, die Bildqualität und die Beurteilbarkeit der Aufnahme festgehalten werden. Zudem bietet das Template Auswahlmöglichkeiten zur Dokumentation pathologischer Befunde wie fehlende Zähne, Durchbruchstörungen, vorhandene Versorgungen und Zahndefekte. Darüber hinaus lassen sich kariöse Läsionen, Veränderungen des Parodontiums, des Kieferknochens sowie apikale Pathologien systematisch erfassen. Für außergewöhnliche Befunde steht zusätzlich ein Freitextfeld unter dem Punkt „Sonstiges“ zur Verfügung, um eine umfassende Befunddokumentation zu gewährleisten.

Nachdem alle relevanten Punkte ausgewählt wurden, kann der generierte strukturierte Befund exportiert und nahtlos in das von der Zahnarztpraxis verwendete Dokumentationssystem eingefügt werden.

The screenshot shows the 'Smart Radiology' platform interface for creating a decision tree. The top navigation bar includes tabs for 'Informationen', 'Struktur', 'Textbausteine', 'Vorschau', and 'Versionen'. The main content area is titled 'Befund' and displays a hierarchical tree structure of dental findings. Each finding is represented by a row with a plus sign, a count in a circle, and a set of multi-selection tools (edit, expand, collapse, delete, etc.).

- + Zahnfilm** (4): Edit, expand, collapse, delete.
- + Zähne** (4): Edit, expand, collapse, delete.
- Kariöse Läsionen** (1): Edit, expand, collapse, delete.
- Kariöse Läsionen (Mehrfachauswahl)** (5): Edit, expand, collapse, delete, star. Sub-points:
 - 1. Quadrant (+)
 - 2. Quadrant (+)
 - 3. Quadrant (+)
 - 4. Quadrant (+)
 - keine (+)
- 1. Quadrant** (1): Edit, expand, collapse, delete.
- 1. Quadrant (Mehrfachauswahl)** (8): Edit, expand, collapse, delete, star. Sub-points:
 - 11 (+)
 - 12 (+)
 - 13 (+)
 - 14 (+)
 - 15 (+)
 - 16 (+)
 - 17 (+)
 - 18 (+)
- 11** (2): Edit, expand, collapse, delete.
- + Flächen (Mehrfachauswahl)** (9): Edit, expand, collapse, delete, star. Sub-points:
 - mesial
 - distal
 - okkusal
 - inzisal
 - lingual
 - labial
 - palatinal
 - zervikal
 - bukkal
- + Stadium:** (5): Edit, expand, collapse, delete, star. Sub-points:
 - C0
 - C1
 - C2
 - C3
 - C4

At the bottom, there is a search bar with the text 'Neues Element' and a search icon, followed by '→ Kind von '11''.

Abbildung 2: Screenshot von der Erstellung des Entscheidungsbaums für das Template „Zahnfilm-aufnahmen“ mithilfe der Plattform „Smart Radiology“. Es wurden verschiedene Multi-Selection-Tools kombiniert, sodass die jeweiligen Punkte und Unterpunkte per Mausklick aktiviert werden können.

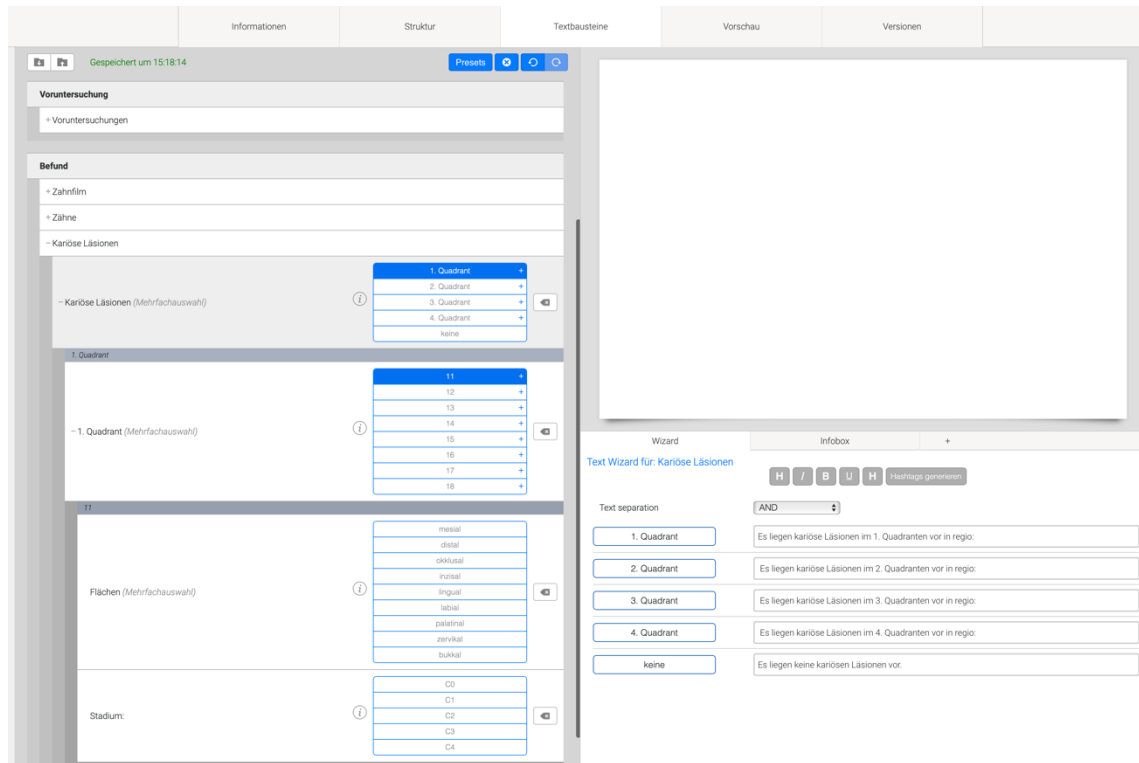


Abbildung 3: Der Screenshot zeigt, wie die Textbausteine, aus denen der Befund zusammengesetzt wird, in das Template eingespeist werden können.

3.2.4 Erstellung der Freitextbefunde

Die für die klinisch-retrospektive Studie herangezogenen 50 Freitext-Befunde wurden im Rahmen der klinischen Routine von insgesamt 3 voneinander unabhängigen approbierten Zahnärzten erbracht. Die Erstellung der Befunde erfolgte ohne den Einsatz von Textbausteinen oder vordefinierten Vorlagen, sodass jeder Befund individuell und frei formuliert wurde. Die Zahnfilmaufnahmen wurden zufällig ausgewählt und zusammen mit den zugehörigen Befunden anonymisiert exportiert.

3.2.5 Erstellung der strukturierten Befunde

Für die 50 vorhandenen Zahnfilmaufnahmen wurden im Rahmen der Studie nachträglich strukturierte Befunde durch einen approbierten Zahnarzt erstellt. Hierfür kam das in Abschnitt 3.2.3 beschriebene Template „Zahnfilmaufnahmen“ auf der Online-Plattform „Smart Radiology“ zum Einsatz. Durch gezieltes Anklicken der Auswahlmöglichkeiten und gegebenenfalls das Einfügen ergänzender schriftlicher Informationen im Entscheidungsbaum wurden sämtliche relevanten

Punkte im Template abgearbeitet. Auf diese Weise wurden mithilfe der vorformulierten Textbausteine ein strukturierter Befund generiert. Anschließend erfolgte der Export der erstellten Befunde über die entsprechende Funktion der Plattform, woraufhin sie in Microsoft Word gespeichert wurden.

Die folgende Abbildung zeigt exemplarisch eine strukturierte Befundvorlage, die mithilfe der Online-Software „Smart Radiology“ generiert wurde.

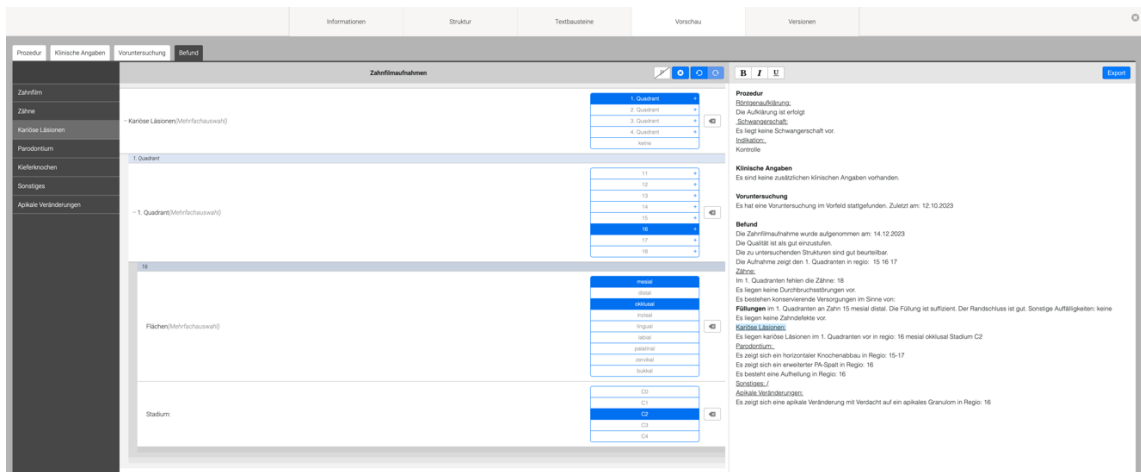


Abbildung 4: Screenshot vom Template „Zahnfilmaufnahmen“ auf der Online-Plattform „Smart Radiology“. Linksseitig können im Programm verschiedene Punkte und Unterpunkte per Mausklick aktiviert werden. Auf der rechten Bildschirmseite wird dem Benutzer dann der generierte Befund angezeigt. Dieser kann abschließend oben rechts mit dem Export-Button zwischengespeichert werden.

3.2.6 Gegenüberstellung der Befundberichte

Für die weitere Auswertung der Befunde war es erforderlich, diese in einer geeigneten Form gegenüberzustellen. Zu diesem Zweck wurde mit Microsoft Word eine Tabelle mit vier Spalten erstellt. In der ersten Spalte erfolgte eine fortlaufende Nummerierung der Fälle von 1 bis 50. Die zweite Spalte enthielt die entsprechenden Zahnfilmaufnahmen, während in der dritten und vierten Spalte jeweils die zugehörigen Freitext-Befunde sowie die strukturierten Befunde eingetragen wurden.

Diese Tabelle wurde anschließend zwei unabhängigen, approbierten Zahnärzten zur Verfügung gestellt. Dadurch erhielten sie die Möglichkeit, die Röntgenbilder zu analysieren, die dazugehörigen Befunde zu lesen und diese anhand eines standardisierten Fragebogens zu bewerten.

3.2.7 Fragebogen

Um die strukturierten Befunde und die Freitextbefunde der 50 Zahnfilmaufnahmen zu evaluieren, wurde eine schriftliche Befragung von zwei approbierten Zahnärzten mittels eines standardisierten Fragebogens durchgeführt. Bei der Konzipierung der Inhalte des Fragebogens wurde auf bestehende wissenschaftliche Studien zum Thema strukturierte Befundung, auch aus der gleichen Arbeitsgruppe, zurückgegriffen (71,88–90).

Der Fragebogen umfasste insgesamt zehn Fragen, die mittels Single-Choice, Multiple-Choice mit zusätzlichem Freitextfeld oder einer 6-Punkte-Likert-Skala beantwortet werden mussten.

Im ersten Abschnitt (Frage 1 bis 3) wurde erhoben, ob der vorliegende Röntgenbefund eine Entscheidungsfindung hinsichtlich des weiteren therapeutischen Vorgehens ermöglicht und ob die enthaltenen Informationen für die Therapieplanung als ausreichend erachtet werden. Zudem wurde nach potenziell fehlenden Angaben gefragt, wobei die Zahnärzte aus neun Antwortmöglichkeiten wählen und ergänzend Freitextangaben machen konnten.

Im zweiten Abschnitt (Frage 4 bis 7) lag der Fokus auf dem Zeitaufwand für die Informationsentnahme, der Detailliertheit des Befundes sowie der Nachvollziehbarkeit der Befundstruktur. Darüber hinaus wurde das Vertrauen in die gegebenen Informationen erfasst, wobei eine 6-Punkte-Likert-Skala (1 = kein Vertrauen; 6 = vollstes Vertrauen) verwendet wurde.

Die letzten drei Fragen (Frage 8 bis 10) befassten sich mit der Verständlichkeit, der sprachlichen Qualität und der Gesamtbewertung der Befunde. Auch hier kam eine 6-Punkte-Likert-Skala (1 = mangelhaft; 6 = exzellent) zum Einsatz.

Die unter Punkt 3.2.6 beschriebene Tabelle, die die 50 Zahnfilmaufnahmen zusammen mit den strukturierten und narrativen Befunden enthielt, wurde gemeinsam mit dem Fragebogen an zwei zertifizierte Zahnärzte ausgehändigt. Beide Zahnärzte füllten den Fragebogen unabhängig voneinander für jeweils alle 50 strukturierten Befunde sowie alle 50 Freitext-Befunde aus, sodass insgesamt 200 ausgefüllte Fragebögen vorlagen. Diese wurden anschließend auf Vollständigkeit und potenzielle Fehler überprüft und für die weitere Auswertung aufbereitet.

Befundnummer:

Fragebogen zur Evaluation

1. Konnte eine Entscheidung bezüglich des Weiteren therapeutischen Vorgehens getroffen werden?
 - Ja
 - Nein
 - Nicht vollständig, gegebenen Falls ist eine weitere Abklärung notwendig
2. Sind die gegebenen Informationen ausreichend für die gewählte Therapie?
 - Ausreichend
 - Nicht ausreichend
 - Nicht ganz, Rücksprache mit dem untersuchenden Zahnarzt erforderlich
3. Gibt es Informationen die fehlen?
 - Lokalisation
 - Größe
 - Karies
 - Parodontitis
 - Zysten
 - Versorgungen: konservativ, prothetisch, chirurgisch
 - Frakturen
 - Knochenabbau
 - Kieferhöhle
 - Andere: _____
4. Wie gut ließen sich die Informationen aus dem Befund entnehmen?
 - Einfach/ Schnell
 - Mit Aufwand
 - Sehr zeitaufwendig
5. War die Dokumentation der Befunde ausreichend detailliert?
 - Ja
 - Nein
6. War die Reihenfolge der Befundung angemessen bzw. nachvollziehbar?
 - Ja
 - Nein
7. Haben Sie Vertrauen in die Informationen? (1 = Kein Vertrauen; 6 = Vollstes Vertrauen)

1 2 3 4 5 6
8. Wie bewerten Sie die sprachliche Qualität? (1 = mangelhaft; 6 = exzellent)

1 2 3 4 5 6
9. Wie bewerten Sie die Verständlichkeit des Befundes? (1 = mangelhaft; 6 = exzellent)

1 2 3 4 5 6
10. Wie bewerten Sie den Befund insgesamt? (1 = mangelhaft; 6 = exzellent)

1 2 3 4 5 6

Abbildung 5: Fragebogen zur Evaluation der strukturierten Befunde und der Freitext-Befunde zu den 50 Zahnfilmaufnahmen.

3.3 Statistische Auswertung

Für die statistische Auswertung der erhobenen Daten wurde die Software IBM SPSS Statistics Version 29.0.2.0 (IBM Corp., Armonk, USA) verwendet. Ziel der Analyse war es, die Unterschiede in der Beurteilung von Freitextbefunden und strukturierten Befunden zu untersuchen. Zudem sollte evaluiert werden, ob eine der beiden Methoden einen signifikanten Vorteil bietet. Dabei wurden alle im Fra-

gebogen bewerteten Aspekte wie Vollständigkeit, Verständlichkeit und Sprachqualität berücksichtigt. Das Signifikanzniveau wurde für alle Tests auf $\alpha = 0,05$ festgelegt.

Da der Fragebogen verschiedene Fragetypen enthielt, darunter dichotome (Ja/Nein), ordinalskalierte (Skala von 1 bis 6) sowie Fragen mit drei Antwortmöglichkeiten und Mehrfachauswahl, kamen unterschiedliche statistische Verfahren zur Anwendung. Mithilfe der deskriptiven Statistik wurden für die nominalen Variablen die Häufigkeiten ermittelt und in Balkendiagrammen veranschaulicht. Für die ordinalskalierten Variablen wurden jeweils für beide Befundungsarten Mittelwerte, Mediane, Modalwerte, Standardabweichungen, Spannweiten und Perzentile berechnet (90).

Zum Vergleich von zwei abhängigen, gepaarten Gruppen wurde der McNemar-Test eingesetzt. Dieser basiert auf der Analyse einer 2x2-Kontingenztafel und prüft, ob sich die Häufigkeiten der Ja/Nein-Antworten in Frage 5 und 6 zwischen SRs und NRs signifikant unterscheiden. Ebenso wurde der McNemar-Test für Frage 3 verwendet, um mögliche Unterschiede hinsichtlich fehlender Informationen zwischen den beiden Befundungsvarianten zu analysieren (90–93).

Für die ordinalskalierten Fragen 7 bis 10, die das Vertrauen in den Befund, die Sprachqualität, die Verständlichkeit sowie die Gesamtbewertung abfragten, wurde der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test angewendet. Dieses Verfahren eignet sich zur Analyse gepaarter Stichproben, indem es die Differenzen zwischen den Bewertungen der SRs und NRs berechnet. Ein p-Wert $< 0,05$ weist darauf hin, dass eine der beiden Befundungsarten konsistent besser oder schlechter bewertet wurde (90,92).

Darüber hinaus wurde die Übereinstimmung der ausgefüllten Fragebögen beider Zahnärzte mittels Cohens-Kappa-Test und Krippendorff's-Alpha-Test untersucht. Diese Analysen sind essenziell, um die Zuverlässigkeit der Studienergebnisse zu bewerten, da eine hohe Übereinstimmung der Antworten für eine größere Aussagekraft der Ergebnisse spricht (90,94).

Um die Mehrfachauswahloption in Frage 3 sowie die Möglichkeit einer Freitexteingabe unter „Andere“ in die Analyse einzubeziehen, wurden die Häufigkeiten

und Prozentwerte der fehlenden Informationen in einer separaten Grafik dargestellt. Die Freitextantworten wurden im Anschluss gesondert ausgewertet und interpretiert.

3.4 Einsatz generativer Modelle

Im Rahmen der vorliegenden Dissertation wurde das KI-gestützte Sprachmodell ChatGPT (OpenAI) eingesetzt. Die Verwendung beschränkte sich hierbei auf das Lektorat der Arbeit, insbesondere zur Korrektur von Grammatik- und Rechtschreibfehlern. Der Einsatz erfolgte unter Beachtung der Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis, wie sie in der Stellungnahme des Präsidiums der Deutschen Forschungsgemeinschaft zum Einfluss generativer Modelle auf die Wissenschaften formuliert sind (95).

4. Ergebnisse

4.1 Vergleich der Befundtypen

Der in Abbildung 5 dargestellte Fragebogen wurde von zwei approbierten Zahnärzten unabhängig voneinander jeweils 50-mal für die Freitext-Befunde sowie 50-mal für die strukturierten Befunde ausgefüllt. Dies führte zu insgesamt 200 vollständig beantworteten Fragebögen, wodurch eine Rücklaufquote von 100 % erreicht wurde. Die erhobenen Daten wurden zunächst manuell in einer Excel-Tabelle erfasst und anschließend in ein für die statistische Auswertung geeignetes Format überführt. Zur Analyse und zum Vergleich der narrativen und strukturierten Befunde kamen verschiedene statistische Verfahren zum Einsatz.

4.1.1 Therapieentscheidung

Die erste Frage des Fragebogens diente der Evaluation, ob anhand der Befunde eine Entscheidung über das weitere therapeutische Vorgehen getroffen werden kann. Mithilfe deskriptiver Statistiken und Häufigkeitsanalysen wurde festgestellt, dass bei den NRs in 98 % der Fälle eine Therapieentscheidung möglich war. Lediglich in 1 % der Fälle konnte keine klare Entscheidung getroffen werden. Die Ergebnisse für die SRs waren nahezu identisch. Hier wurde die Frage in 99% der Fälle mit „Ja“ beantwortet. In jeweils 1 % der Fälle war bei beiden Befundungsarten eine weiterführende Abklärung erforderlich.

Die Analyse zeigt, dass sich die beiden Befundungsarten hinsichtlich der Möglichkeit einer Therapieentscheidung nicht signifikant unterscheiden. Dies wird insbesondere durch die hohe Auswahlrate der Antwortmöglichkeit „Ja“ sowie durch den Medianwert von 1,00 für beide Befundungsarten verdeutlicht. Die minimalen prozentualen Abweichungen zwischen den beiden Verfahren sind statistisch vernachlässigbar.

4.1.2 Ausreichen der Informationen für eine Therapie

Die zweite Frage des Fragebogens untersuchte, ob die bereitgestellten Informationen für die gewählte Therapie als ausreichend angesehen wurden. Die deskriptiven Statistiken zeigen für beide Befundungsarten identische Ergebnisse,

mit einem Median und Modus von jeweils 1,00. Auf der zugrunde liegenden Skala entspricht der Wert „1“ der Bewertung „ausreichend“.

In sämtlichen Fragebögen wurden sowohl die NRs als auch die SRs zu 100 % als ausreichend eingestuft. Dies bedeutet, dass alle Befunde die für eine Therapieentscheidung notwendigen Informationen lieferten. Ein Vergleich der beiden Befundungsarten zeigt somit keine Unterschiede hinsichtlich dieser Fragestellung, sodass keine der beiden Methoden bevorzugt werden kann.

4.1.3 Fehlende Informationen

Die dritte Frage des Fragebogens untersuchte, ob im Befund wesentliche Informationen fehlten. Den Befragten standen dabei zehn Antwortmöglichkeiten zur Verfügung, wobei mehrere gleichzeitig ausgewählt werden konnten. Zudem bestand die Möglichkeit, über ein Freitextfeld weitere fehlende Informationen anzugeben.

Die statistische Auswertung ergab, dass bei 91 % der Freitext-Befunde Informationen fehlten, während nur 9 % als vollständig bewertet wurden. Im Gegensatz dazu waren 96 % der strukturierten Befunde vollständig und lediglich in 4 % der Fälle wurden fehlende Informationen festgestellt. Der Unterschied zwischen den beiden Befundungsarten war statistisch signifikant ($p < 0,001$), was darauf hindeutet, dass SRs im Vergleich zu NRs eine deutlich höhere Vollständigkeit aufweisen.

Abbildung 6 verdeutlicht die Unterschiede zwischen den beiden Befundarten hinsichtlich fehlender Informationen. Während bei der strukturierten Befundung in sieben von zehn Kategorien keine Informationen fehlten und nur minimale Lücken auftraten, waren die Freitextbefunde teilweise von erheblichen Informationsdefiziten betroffen. Besonders in klinisch relevanten Bereichen wie Versorgungen (konservativ, prothetisch und chirurgisch), Knochenabbau und Parodontitis zeigten sich bei den NRs signifikante Informationslücken im Vergleich zu den SRs.

Auch das Freitextfeld „Andere“ wurde bei den NRs häufig genutzt. Die häufigsten Ergänzungen waren:

- fehlende Zähne (21-mal)
- Qualität der Wurzelfüllung (15-mal)

- Verschattung durch eine Kofferdamsklammer (15-mal)
- Länge der Wurzelfüllung bzw. des Masterpoints (9-mal)
- Beurteilung der Weisheitszähne (8-mal)

Weitere genannte fehlende Informationen umfassten Wurzelspitzenresektion, erweiterte PA-Spalte und apikale Osteolysen.

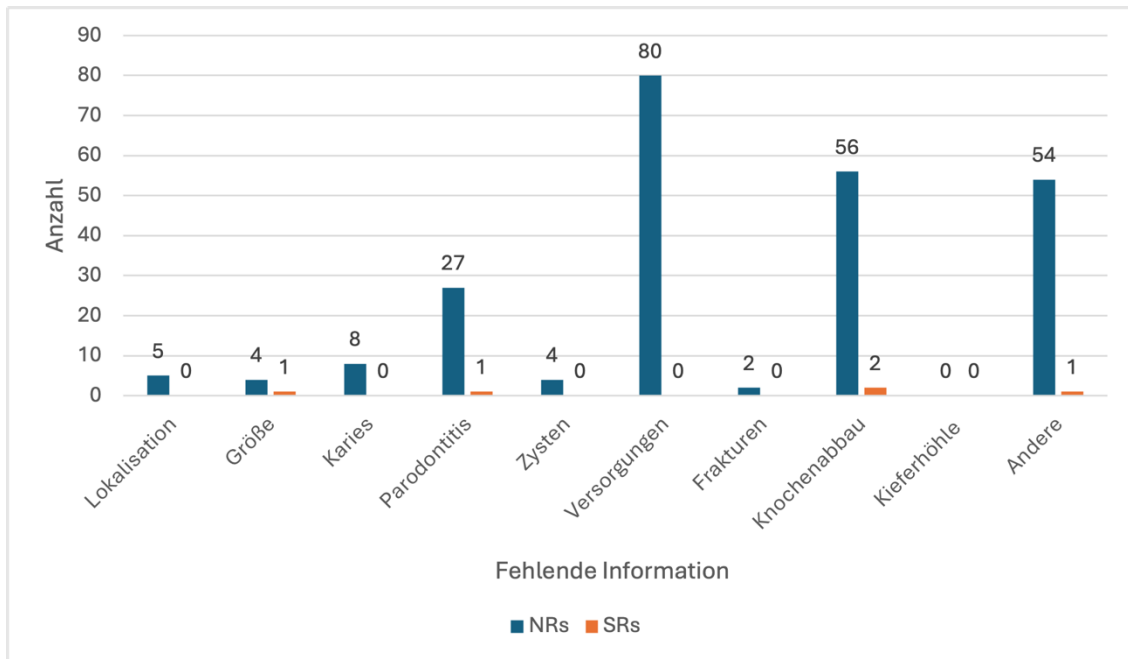


Abbildung : Balkendiagramm zur Darstellung der fehlenden Informationen im Vergleich bei den NRs und SRs.

4.1.4 Informationsextraktion

Frage 4 des Fragebogens untersuchte, wie einfach sich die relevanten Informationen aus dem Befund entnehmen lassen. Die Ergebnisse zeigen sowohl Gemeinsamkeiten als auch Unterschiede zwischen den beiden Befundungsarten.

Bei den narrativen Befunden wurde in 72 % der Fälle die Antwort „einfach“ gewählt, während 21 % der Befragten angaben, dass die Informationsentnahme „mit Aufwand“ verbunden war. In 7 % der Fälle wurde der Prozess sogar als „sehr zeitaufwendig“ beschrieben.

Im Gegensatz dazu lag die Quote für die Antwort „einfach“ bei den strukturierten Befunden bei 91 %. Lediglich 9 % der Befragten gaben an, dass die Informationsentnahme „mit Aufwand“ verbunden war, während „sehr zeitaufwendig“ hier kein einziges Mal ausgewählt wurde.

Eine Gemeinsamkeit zwischen den zwei Befundungsarten ist, dass in der Mehrheit der Fälle die Informationsentnahme als „einfach“ bewertet wurde. Ein deutlicher Unterschied zeigt sich jedoch in der Verteilung der anderen Antwortmöglichkeiten. Während bei den NRs ein relevanter Anteil der Befragten die Informationsentnahme als zeitaufwendig empfand, war dieser Anteil bei den SRs deutlich geringer. Zudem wurde die Informationsentnahme bei der strukturierten Befundung nie als „sehr zeitaufwendig“ bewertet.

Diese Ergebnisse lassen darauf schließen, dass sich die relevanten Informationen bei den SRs im Vergleich zu den NRs deutlich leichter und schneller entnehmen ließen, was auf eine bessere Übersichtlichkeit der SRs hinweist.

4.1.5 Detaillierte Dokumentation

Die Bewertung der Detailliertheit der Befunddokumentation (Frage 5) zeigte deutliche Unterschiede zwischen den beiden Befundungsarten.

Bei den narrativen Befunden wurde die Dokumentation in 53 % der Fälle als ausreichend detailliert eingestuft, während 47 % der Befragten sie als nicht detailliert genug empfanden. Im Gegensatz dazu wurden die strukturierten Befunde in 98 % der Fälle als ausreichend detailliert bewertet, während nur 2 % als nicht detailliert genug eingeschätzt wurden.

Beiden Befundvarianten ist gemein, dass die Mehrheit der Befunde als ausreichend detailliert wahrgenommen wurde. Auffällig ist jedoch der Grad dieser Zustimmung. Während bei den NRs die Bewertungen nahezu gleichmäßig zwischen „Ja“ und „Nein“ verteilt waren, wurde bei den SRs die Detailliertheit nahezu einstimmig als ausreichend bewertet.

Die statistische Analyse ergab einen signifikanten Unterschied zwischen beiden Befundarten ($p < 0,001$), was darauf hinweist, dass die strukturierten Befunde eine deutlich höhere Detailliertheit aufweisen als die narrativen Befunde.

4.1.6 Nachvollziehbarkeit der Befundreihenfolge

Die sechste Frage des Fragebogens untersucht, ob die Reihenfolge der Befundung als angemessen und nachvollziehbar empfunden wurde.

Die statistische Analyse ergab, dass bei den NRs die Reihenfolge in 54 % der Fälle als nachvollziehbar beurteilt wurde, während 46 % der Befragten sie als

nicht nachvollziehbar einstufen. Im Gegensatz dazu wurden alle SRs zu 100 % als in einer nachvollziehbaren Reihenfolge aufgebaut bewertet.

Während bei den Freitext-Befunden die Antworten nahezu gleichmäßig zwischen „Ja“ und „Nein“ verteilt waren, zeigt sich bei den strukturierten Befunden eine eindeutige Zustimmung zur Nachvollziehbarkeit der Befundstruktur. Dies verdeutlicht, dass die standardisierte und klar gegliederte Befundreihenfolge der strukturierten Befunde gegenüber der freien Textform signifikante Vorteile hinsichtlich der Nachvollziehbarkeit bietet.

4.1.7 Vertrauen

In der siebten Frage wurde das Vertrauen in die Befundinformationen anhand einer 6-Punkte-Likert-Skala (1 = kein Vertrauen; 6 = vollstes Vertrauen) erhoben. Die deskriptiven Statistiken zeigen deutliche Unterschiede zwischen den beiden Befundungsarten. Während die Bewertungen der Freitext-Befunde eine breite Streuung aufweisen, zeigen die strukturierten Befunde ein signifikant homogeneres und höheres Vertrauensniveau.

Bei den NRs vergaben 11 % der Befragten die Höchstbewertung („vollstes Vertrauen“), während 43 % „hohes Vertrauen“ äußerten. 16 % bewerteten das Vertrauen als mittelhoch, während insgesamt 30 % der Befragten angaben, wenig bis kein Vertrauen in die Befundinformationen zu haben. Im Gegensatz dazu zeigen die SRs eine deutlich konzentriertere Verteilung der Bewertungen. 96 % der Befragten gaben hier „vollstes Vertrauen“ an, während die restlichen 4 % die Befunde mit „hohem Vertrauen“ bewerteten. Bewertungen unterhalb dieser Stufe wurden bei den SRs nicht vergeben.

Auch die berechneten Kennwerte bestätigen diesen Unterschied. Während der Mittelwert bei den NRs bei 4,16 lag, erreichten die SRs einen Mittelwert von 5,96. Der Median betrug bei den NRs 5,00 und bei den SRs 6,00, der Modus lag bei den NRS bei 5 und bei den SRs bei 6. Die Standardabweichung war bei den Freitext-Befunden mit 1,324 deutlich höher als bei den strukturierten Befunden mit 0,197, was auf eine größere Variabilität der Bewertungen hindeutet. Auch die Spannweite fiel bei den NRs mit Werten von 1 bis 6 deutlich größer aus als bei den SRs, die sich lediglich zwischen den Werten 5 und 6 bewegten.

Insgesamt zeigt sich, dass das Vertrauen in die Informationen der strukturierten Befunde signifikant höher ist als bei den Freitext-Befunden. Während bei den NRs die Einschätzungen stark variieren, konzentrieren sich die Bewertungen der SRs fast ausschließlich auf das höchste Vertrauensniveau. Dies wird grafisch in Abbildung 7 untermauert. Die statistische Analyse bestätigt diesen Unterschied mit einem p-Wert von $< 0,001$.

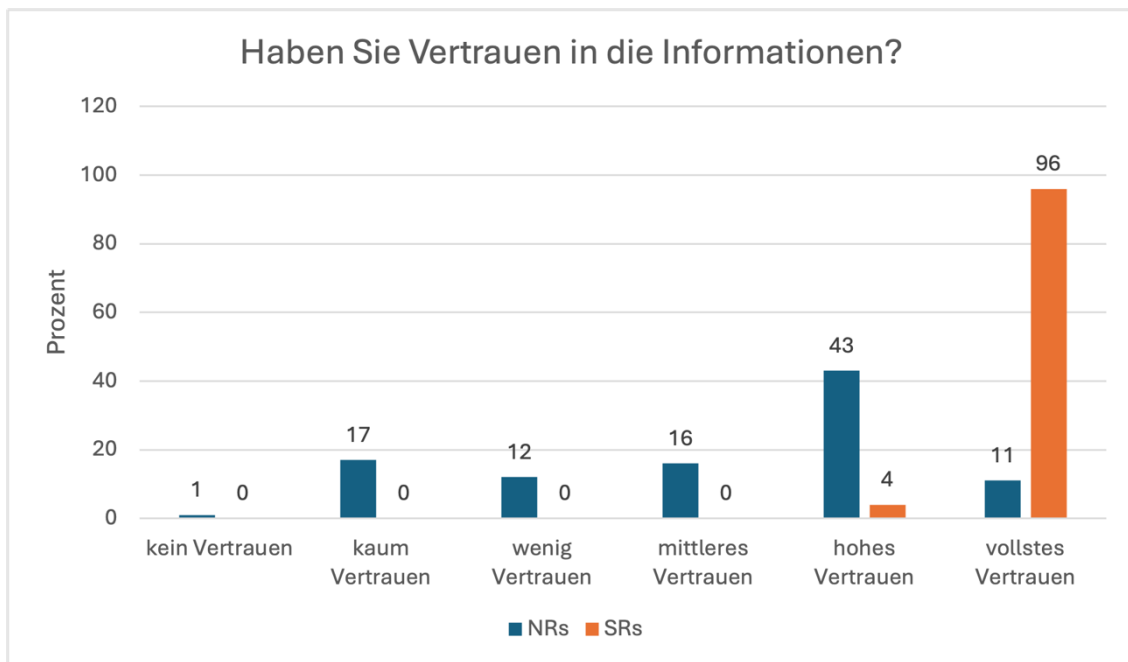


Abbildung 6: Balkendiagramm zur Gegenüberstellung der NRs und SRs in Bezug auf das Vertrauen in die gegebenen Informationen.

4.1.8 Sprachqualität

Die Bewertung der sprachlichen Qualität der Befunde wurde in Frage 8 mit Hilfe einer 6-Punkte-Likert-Skala (1 = mangelhaft; 6 = exzellent) evaluiert. Beim Vergleich der beiden Befundungsarten zeigten sich deutliche Unterschiede in der Bewertung. Während die strukturierten Befunde nahezu ausschließlich positiv bewertet wurden - mit 98 % der Befunde als „exzellent“ und den verbleibenden 2 % als „gut“ –, fiel die Beurteilung der Freitext-Befunde deutlich heterogener aus. Keiner der Freitext-Befunde wurde mit der Höchstbewertung „exzellent“ eingestuft. Zwar erhielten 50 % die Bewertung „gut“, jedoch wurden 9 % als „befriedigend“, 23 % als „ausreichend“, 17 % als „schwach“ und 1 % sogar als „mangel-

haft“ bewertet. Diese Verteilung zeigt, dass die sprachliche Qualität der NRs erheblichen Schwankungen unterliegt, während die SRs ein durchgehend hohes sprachliches Niveau aufweisen.

Die statistische Analyse bestätigt diese Unterschiede. Die SRs erreichten einen Mittelwert von 5,98 (Median 6,00; Modus 6; Standardabweichung 0,141; Spannweite 1), während die NRs lediglich einen Mittelwert von 3,90 (Median 4,50; Modus 5; Standardabweichung 1,227; Spannweite 4) erzielten. Diese Ergebnisse zeigen, dass die SRs in Bezug auf die sprachliche Qualität signifikant besser bewertet wurden ($p < 0,001$).

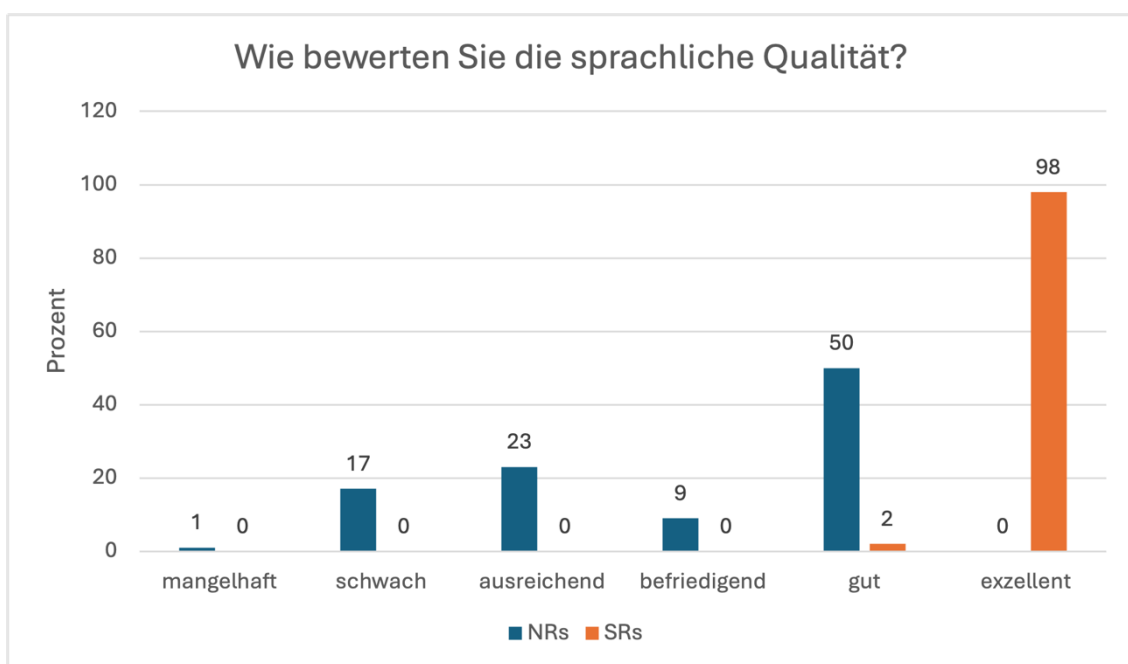


Abbildung 7: Balkendiagramm zur Gegenüberstellung der NRs und SRs in Bezug auf die sprachliche Qualität.

4.1.9 Verständlichkeit

Die Verständlichkeit der Befunde wurde in Frage 9 anhand einer 6-Punkte-Likert-Skala (1 = mangelhaft; 6 = exzellent) bewertet. Ähnlich wie bei der Sprachqualität zeigten sich bei den Freitext-Befunden stark variierende Einschätzungen, während die strukturierten Befunde durchweg hohe Bewertungen erhielten. Die SRs wurden zu 95 % als „exzellent“ und zu 5 % als „gut“ eingestuft, wohingegen die NRs ein deutlich breiteres Bewertungsspektrum aufwiesen. Zwar lagen auch hier 50 % der Bewertungen im oberen Skalenbereich (1 % „exzellent“; 49 % „gut“), jedoch verteilten sich die restlichen Bewertungen auf niedrigere Stufen.

Die statistische Analyse zeigte signifikante Unterschiede zwischen den beiden Befundungsarten. Die strukturierten Befunde erreichten einen Mittelwert von 5,95, einen Median von 6,00, einen Modus von 6, eine Standardabweichung von 0,219 und eine Spannweite von 1 (Minimum 5, Maximum 6). Im Gegensatz dazu lagen die Werte der Freitext-Befunde bei einem Mittelwert von 3,71, einem Median von 4,50, einem Modus von 5, einer Standardabweichung von 1,445 und einer Spannweite von 5 (Minimum 1, Maximum 6). Diese Ergebnisse verdeutlichen, dass die SRs im Vergleich zu den NRs als signifikant verständlicher eingestuft wurden ($p < 0,001$).

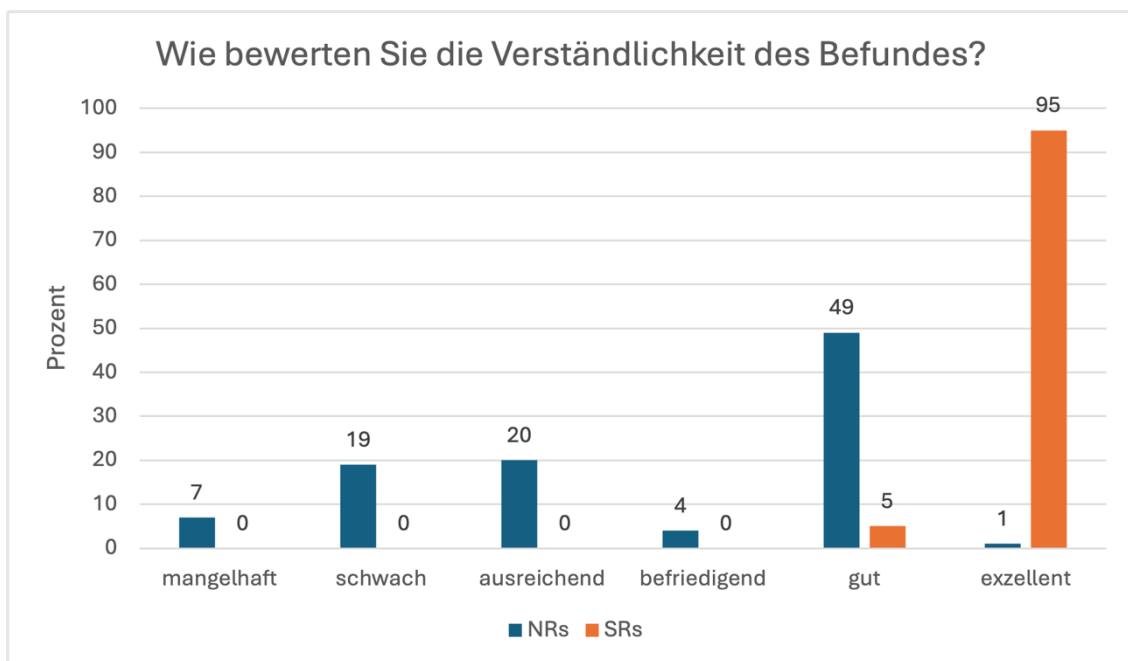


Abbildung 8: Balkendiagramm zur Gegenüberstellung der NRs und SRs in Bezug auf die Verständlichkeit.

4.1.10 Gesamtbewertung

Die Gesamtbewertung der Befunde wurde in Frage 10 mittels einer 6-Punkte-Likert-Skala (1 = mangelhaft; 6 = exzellent) erfasst. Hierbei ergaben sich deutliche Unterschiede zwischen den beiden Befundungsarten. Während die strukturierten Befunde überwiegend sehr positiv bewertet wurden - 97 % der Bewertungen entfielen auf „exzellent“, 2 % auf „gut“ und 1 % auf „befriedigend“ -, zeigte sich bei den Freitext-Befunden eine deutlich größere Streuung. Zwar erreichten auch die NRs in 50 % der Fälle eine gute Bewertung, jedoch verteilten sich die restlichen Einschätzungen auf niedrigere Kategorien.

Die deskriptive Statistik verdeutlicht diesen Unterschied weiter. Die SRs erzielten einen Mittelwert von 5,96, einen Median von 6,00, einen Modus von 6, eine Standardabweichung von 0,243 und eine Spannweite von 2 (Minimum 4, Maximum 6). Im Gegensatz dazu wiesen die NRs einen Mittelwert von 3,77, einen Median von 4,50, einen Modus von 5, eine Standardabweichung von 1,355 und eine Spannweite von 4 (Minimum 1, Maximum 5) auf. Diese Ergebnisse zeigen, dass die strukturierten Befunde insgesamt als signifikant besser bewertet wurden ($p < 0,001$).

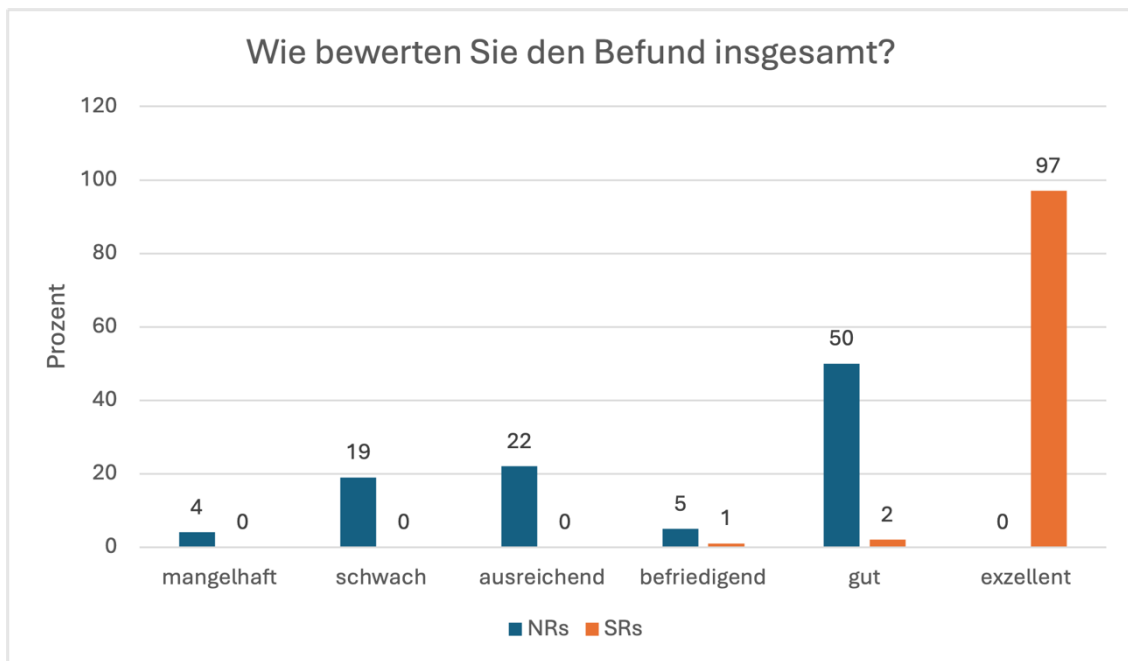


Abbildung 9: Balkendiagramm zur Gegenüberstellung der NRs und SRs in Bezug auf die Gesamtbewertung.

4.2 Vergleich der Übereinstimmung beider Zahnärzte

Im Anschluss an den Vergleich der beiden Befundungsarten wurde die Übereinstimmung zwischen den beiden Zahnärzten hinsichtlich der Beantwortung des Fragebogens statistisch analysiert. Hierfür kamen der Cohens-Kappa-Test und der Krippendorffs-Alpha-Test zur Anwendung.

Für die Freitext-Befunde ergab sich eine lediglich mäßige Übereinstimmung zwischen den beiden Zahnärzten. Dies wird durch den Cohens-Kappa-Wert von 0,380 sowie den Krippendorffs-Alpha-Wert von 0,3658 bestätigt. Während bei grundlegenden Aspekten wie der Therapieentscheidung, den fehlenden Informa-

tionen und der Frage nach der Ausreichendheit der Informationen eine hohe Einigkeit bestand, zeigten sich bei den restlichen Fragen deutlich unterschiedliche Einschätzungen. Besonders bei subjektiven Bewertungsaspekten wie Vertrauen oder Verständlichkeit wichen die Urteile der beiden Zahnärzte erheblich voneinander ab.

Dies wird auch in Abbildung 11 veranschaulicht, die exemplarisch die Unterschiede in der Bewertung des Vertrauens in die Befundinformationen darstellt. Hier zeigt sich eine deutlich kritischere Einschätzung durch Zahnarzt A im Vergleich zu Zahnarzt B.

Im Gegensatz dazu war die Übereinstimmung bei den strukturierten Befunden erheblich höher. Die statistische Analyse ergab für diese Befundungsart einen Cohens-Kappa-Wert von 0,947 sowie einen Krippendorffs-Alpha-Wert von 0,9471, was eine nahezu vollständige Übereinstimmung beider Zahnärzte widerspiegelt.

Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse, dass die Bewertungen der Zahnärzte bei den SRs deutlich konsistenter ausfielen als bei den NRs. Dies unterstreicht die höhere Standardisierung und Objektivität der strukturierten Befunde, die zu einer einheitlicheren Interpretation und Bewertung führen.

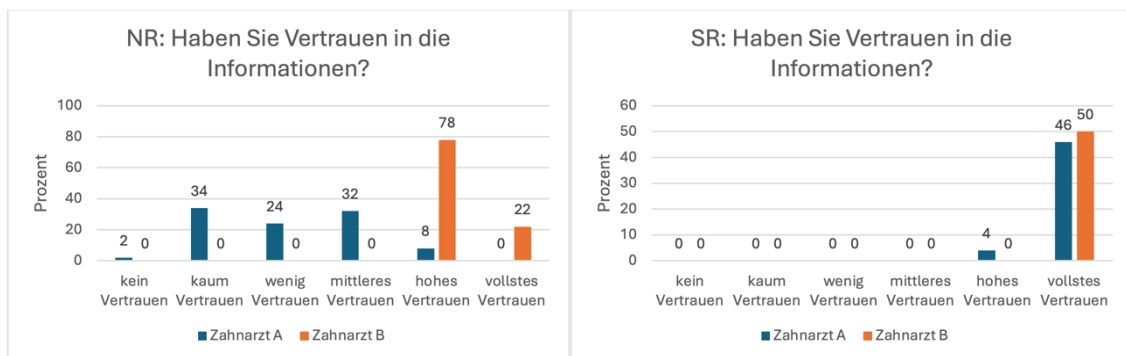


Abbildung 10: Balkendiagramm zur Gegenüberstellung der Fragebogenbeantwortung der beiden Zahnärzte bezüglich der **Freitext-Befunde** (links) und der **strukturierten Befunde** (rechts).

5. Diskussion

5.1 Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse

Die zugrunde liegende retrospektive Studie, die an der Klinik und Poliklinik für Radiologie am LMU-Klinikum durchgeführt wurde, untersuchte die strukturierte Befundung von Zahnaufnahmen im Vergleich zu Freitext-Befunden. Anhand eines standardisierten Fragebogens wurden zehn unterschiedliche Befundkriterien sowohl für die NRs als auch für die SRs evaluiert.

Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass die strukturierten Befunde der Zahnaufnahmen in nahezu allen untersuchten Kategorien signifikant bessere Resultate lieferten als die Freitext-Befunde. Während beide Methoden gleichermaßen zu fundierten Therapieentscheidungen führten und ausreichend Informationen für eine Therapie bereitstellten, zeigten sich hinsichtlich der Vollständigkeit der Befunde erhebliche Unterschiede. Besonders in klinisch relevanten Bereichen wiesen die NRs signifikant mehr fehlende Informationen auf als die SRs.

Darüber hinaus erwies sich die Informationsentnahme bei den SRs als deutlich einfacher und schneller. Die strukturierten Befunde waren zudem erheblich detaillierter und überzeugten durch eine klarere und konsistentere Befundreihenfolge. Auch in den Kategorien Vertrauen, Sprachqualität, Verständlichkeit und Gesamtbewertung wurden die SRs signifikant besser eingestuft als die NRs.

Ein weiterer wichtiger Befund der Studie war die deutlich höhere Übereinstimmung zwischen den beiden bewertenden Zahnärzten bei den SRs im Vergleich zu den NRs. Dies unterstreicht die größere Standardisierung der strukturierten Befundung, wodurch eine konsistentere Bewertung der Befunde ermöglicht wird.

5.2 Interpretation der Ergebnisse und Vergleich mit dem aktuellen Stand der Forschung

5.2.1 Therapieentscheidung und Ausreichen der Informationen für eine Therapie

Wie bereits in den Ergebnissen erläutert, zeigten die strukturierten Befunde und die Freitext-Befunde hinsichtlich der Therapieentscheidung keine signifikanten

Unterschiede. In 99 % der Fälle war eine Entscheidungsfindung bei den SRs möglich, während dies bei den NRs in 98 % der Fälle zutraf. Auch bei der Frage, ob die vorliegenden Informationen für die gewählte Therapie ausreichend waren, ergab sich kein Unterschied zwischen den beiden Befundungsarten.

Diese Resultate stehen im Einklang mit weiteren Ergebnissen der Arbeitsgruppe, so etwa der Studie von Spiro et al., die das Potenzial von SR im Kontext von CT-Untersuchungen bei Patienten nach einer Lungentransplantation untersuchte. Auch hier konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Befundtypen hinsichtlich Therapieentscheidung und -findung festgestellt werden ($p = 0,307$ und $1,0$) (96). Im Gegensatz dazu lieferte eine, ebenfalls am LMU-Klinikum angefertigte, Studie von Armbruster et al. zur strukturierten Befundung von MRT-Untersuchungen des Os petrosum kontroverse Ergebnisse. Während hier kein signifikanter Unterschied in der Therapieplanung ($p = 0,480$) festgestellt wurde, zeigte sich ein signifikanter Unterschied ($p = 0,005$) in der ausreichenden Information für die chirurgische Planung zwischen SRs und NRs (63).

Andere Studien hingegen deuten darauf hin, dass strukturierte Befunde einen Vorteil für die Therapieentscheidung bieten können. Nörenberg et al. fanden 2016 bei der strukturierten Befundung von MRT-Untersuchungen bei Rektalkarzinomen einen signifikanten Vorteil der SRs in Bezug auf die Therapieentscheidung ($p < 0,001$) (72). Ähnliche Ergebnisse wurden bei CT-Untersuchungen von Pankreaskarzinomen sowie bei der Dual-Röntgen-Absorptiometrie festgestellt, wo SRs eine Erleichterung der Therapieentscheidung und Operationsplanung ermöglichten und einen signifikanten Vorteil bei der Beantwortung der klinischen Fragestellung lieferten ($p < 0,007$) (5,73).

Die Gründe dafür, dass in der vorliegenden Studie kein Vorteil der SRs gegenüber den NRs bezüglich Therapieentscheidung und Ausreichen der Informationen festgestellt wurde, können vielfältig sein. Einerseits könnte die klinische Erfahrung der beteiligten Zahnärzte eine Rolle spielen. Da beide Untersucher routiniert im Umgang mit Röntgenbefunden sind, können sie sowohl die Informationen aus den NRs als auch aus den SRs effektiv für eine fundierte Therapieentscheidung nutzen. Zudem werden Zahnfilmaufnahmen in der zahnärztlichen Praxis häufig für wiederkehrende Fragestellungen eingesetzt. Die Vertrautheit mit diesen Fragestellungen könnte es den Zahnärzten erleichtern, unabhängig vom

Befundtyp zu einer Entscheidung zu gelangen. Ein weiterer Aspekt könnte sein, dass beide Befundarten in der Regel grundlegende Informationen enthalten. Auch wenn Freitext-Befunde in puncto Vollständigkeit Defizite aufwiesen, enthielten sie offenbar ausreichend Informationen, um eine Therapieentscheidung zu ermöglichen.

5.2.2 Fehlende Informationen

Die vorliegenden Studienergebnisse zeigen einen signifikanten Mehrwert der strukturierten Befundung im Vergleich zu Freitext-Befunden in Bezug auf die Vollständigkeit der erfassten Informationen. Während bei 91 % der NRs mindestens eine relevante Information fehlte, war dies nur bei 4 % der SRs der Fall. Besonders auffällig war, dass Freitext-Befunde häufig lediglich die klinische Fragestellung adressierten, während Nebenbefunde und weitere radiologische Erkenntnisse oftmals nicht erfasst wurden. Im Gegensatz dazu sorgte das strukturierte Befundungstemplate dafür, dass sämtliche auffälligen Befunde systematisch dokumentiert wurden.

Ein weiterer Vorteil der SRs bestand darin, dass die Freitextoption innerhalb des strukturierten Templates genutzt werden konnte, um seltene oder patientenspezifische Informationen aufzunehmen. Dies widerlegt die häufig geäußerte Kritik, dass SRs durch ihre starre Struktur einschränkend wirken. Die Ergebnisse der Studie unterstreichen somit die höhere Vollständigkeit der strukturierten Befundung, die wiederum zur bestmöglichen klinischen Entscheidungsfindung beitragen kann. Durch die systematische Erfassung aller relevanten Informationen wird das Risiko übersehender Befunde minimiert. Zudem ermöglichen SRs konsistente und präzise Berichte, die langfristig zur Optimierung der Patientenversorgung beitragen können.

Die vorliegenden Ergebnisse stimmen mit zahlreichen früheren Studien überein, die ebenfalls auf eine höhere Vollständigkeit strukturierter Befunde hinweisen. Eine 2021 veröffentlichte Studie zur kontrastmittelverstärkten Ultraschalluntersuchung (CEUS LI-RADS) für die Diagnose von Leberkarzinomen zeigte, dass 31 % der NRs mindestens eine Informationslücke aufwiesen, während dies bei SRs lediglich in 2 % der Fälle vorkam (88). Gassenmaier et al. kamen in einer Untersuchung zur strukturierten Befundung von Schulter-MRTs zu ähnlichen Ergebnissen. Während 80% der SRs vollständig waren, lag dieser Wert bei den NRs

lediglich bei 45 % (89). Auch Marcovici und Taylor belegten in ihrer Studie, dass strukturierte radiologische Befunde eine signifikant höhere Vollständigkeit aufweisen als Freitext-Befunde (3). Darüber hinaus wurde die höhere Vollständigkeit der SRs auch bei der Befundung solider und zystischer Pankreasläsionen in CT- und MRT-Untersuchungen sowie bei MRT-Untersuchungen des Felsenbeins bestätigt (63,83).

Diese Ergebnisse verdeutlichen, dass SRs eine wertvolle Ergänzung in der radiologischen Befundung darstellen. Ihre systematische Struktur hilft, alle relevanten Aspekte eines Befundes zu erfassen und somit die diagnostische Qualität und letztlich die Patientenversorgung zu verbessern.

5.2.3 Informationsextraktion und Nachvollziehbarkeit der Befundreihenfolge

Die Auswertung der Studienergebnisse zeigt, dass die strukturierte Befundung nicht nur inhaltlich überlegen ist, sondern auch eine höhere Effizienz und Benutzerfreundlichkeit aufweist. Während bei 28 % der Freitext-Befunde die Informationsentnahme als zeitaufwendig eingestuft wurde, betraf dies nur 9 % der strukturierten Befunde. Zudem war die Befundreihenfolge bei allen SRs nachvollziehbar, während sie bei 46 % der NRs als unklar empfunden wurde.

Diese Unterschiede lassen sich durch die standardisierte Struktur der SRs erklären. Der Befundende navigiert hierbei durch einen Entscheidungsbaum, wodurch sichergestellt wird, dass alle relevanten Punkte in einer vorgegebenen Reihenfolge abgearbeitet werden. Dies erleichtert die Informationsentnahme erheblich und reduziert den kognitiven Aufwand. Zudem gewährleistet die einheitliche Sprache der SRs eine leichtere Verständlichkeit, da individuelle Schreibstile der Befundenden nicht berücksichtigt werden müssen. Ein weiterer Vorteil dieser Standardisierung besteht darin, dass sich verschiedene Befunde besser miteinander vergleichen lassen, was insbesondere für den klinischen Alltag von Vorteil ist.

Diese Ergebnisse decken sich mit zahlreichen weiteren Studien. So zeigte eine Untersuchung zur strukturierten MRT-Befundung des Felsenbeins, dass bei 97 % der SRs eine einfache Informationsentnahme möglich war, während dies nur bei 17 % der NRs der Fall war (63). Ähnliche Erkenntnisse lieferte eine Studie

von Kim et al. zur Dual-Röntgen-Absorptiometrie, in der ebenfalls ein signifikanter Vorteil der SRs hinsichtlich Befundstruktur und Informationsentnahme festgestellt wurde (73). Schnitzer et al. konnten in einer Untersuchung zur strukturierten Befundung kontrastmittelverstärkter Ultraschalluntersuchungen von Nierenzysten sogar zeigen, dass bei 100 % der SRs die Informationsextraktion als einfach eingestuft wurde, während dies nur bei 82 % der NRs der Fall war (90).

5.2.4 Detaillierte Dokumentation

Die Studie von Ernst et al. bestätigt, dass Pathologien in strukturierten Befunden deutlich detaillierter beschrieben werden als in Freitext-Befunden. In ihrer Untersuchung erstellten neun unabhängige Untersucher NRs und SRs von Ultraschalluntersuchungen des Kopf-Hals-Bereichs bei 43 Patienten. Anschließend wurden die Befunde mittels Fragebogen evaluiert und vergleichend analysiert. Die Ergebnisse zeigten, dass 91,1 % der SRs im Vergleich zu nur 54,5 % der NRs einen höheren Detaillierungsgrad aufwiesen (71).

Diese Resultate stehen im Einklang mit den Ergebnissen der vorliegenden Studie. Während 98 % der SRs als ausreichend detailliert eingestuft wurden, erhielten nur 53 % der NRs diese Bewertung. Dies deutet darauf hin, dass strukturierte Befunde im Vergleich zu Freitext-Befunden eine deutlich höhere Detailgenauigkeit aufweisen. Ein möglicher Grund dafür liegt in der Dokumentationsweise. Während die Detaillierung bei Freitext-Befunden stark von den individuellen Vorlieben und Gewohnheiten des jeweiligen Zahnarztes abhängt, wird der Detaillierungsgrad bei SRs durch das verwendete Template standardisiert und vorgegeben.

Durch die Verwendung einer strukturierten Vorlage wird sichergestellt, dass alle relevanten Details erfasst werden und auch unter Zeitdruck keine wichtigen Informationen ausgelassen werden. Dies hat einen direkten klinischen Nutzen, da ein detaillierter Befund die Grundlage für weitere Diagnostik und Therapie bildet und dazu beitragen kann, Fehldiagnosen zu vermeiden. Zudem kann eine präzise Dokumentation in rechtlichen Auseinandersetzungen als Beweis dienen und ist essenziell für eine korrekte und nachvollziehbare Abrechnung (97).

5.2.5 Vertrauen und Verständlichkeit

Die Studienergebnisse zur Vertrauenswürdigkeit und Verständlichkeit der Befundinhalte zeigen ein klares Bild. Während die Bewertungen für strukturierte Befunde nahezu durchgehend im höchsten Bereich lagen und nur geringe Schwankungen aufwiesen, zeigten sich bei den Freitext-Befunden stark variierende Einschätzungen. Insgesamt vertrauten die beurteilenden Zahnärzte den SRs signifikant mehr und empfanden sie als deutlich verständlicher.

Eine mögliche Erklärung hierfür liegt in der Standardisierung der SRs. Die einheitliche Struktur sorgt für Klarheit, reduziert Unklarheiten und minimiert individuelle Variabilitäten, wodurch das Vertrauen in die Befundinformationen gestärkt wird. Im Gegensatz dazu sind Freitext-Befunde oft sehr variabel und hängen stark vom persönlichen Schreibstil des Verfassers ab, was zu Einschränkungen in der Verständlichkeit führen, und Unsicherheiten hervorrufen kann.

Frühere Studien stützen diese Erkenntnisse. In der bereits erwähnten Untersuchung von Schnitzer et al. bewerteten die Gutachter ihr Vertrauen in SRs signifikant höher als in NRs ($p < 0,001$) (90). Ebenso bestätigte eine Studie von Armbruster et al. ein deutlich größeres Vertrauen der Bewerter in SRs im Vergleich zu NRs (97% vs. 89%) (63).

Bezüglich der Verständlichkeit liegen teils unterschiedliche Ergebnisse vor. Johnson et al. verglichen strukturierte und Freitext-Befunde von Kopf-MRTs. Dabei kamen sie zum Ergebnis, dass sich beide Befundungsarten hinsichtlich Verständlichkeit nicht signifikant voneinander unterscheiden (69). Gegensätzlich dazu konnte in einigen anderen Studien gezeigt werden, dass SRs durchaus die Verständlichkeit von Befunden verbessern können (71,72,76). So belegten beispielsweise Schoeppe et al., dass SRs die Verständlichkeit von Befunden signifikant verbessern können ($p < 0,001$). Ihre Studie untersuchte den klinischen Nutzen strukturierter Befundung im Zusammenhang mit der CT-Stadieneinteilung des diffus großzelligen B-Zell-Lymphoms und zeigte eine deutliche Überlegenheit der SRs in diesem Bereich (98).

5.2.6 Sprachqualität und Gesamtbewertung

Die Ergebnisse der Studie zeigen eine klare Diskrepanz zwischen der Bewertung strukturierter Befunde und Freitext-Befunde. Während SRs sowohl hinsichtlich

der Sprachqualität als auch in der Gesamtbewertung durchwegs exzellente Bewertungen erhielten, war die Varianz bei den NRs erheblich größer. Dies legt nahe, dass strukturierte Befunde in diesem Aspekt den Freitext-Befunden überlegen sind.

Ein wesentlicher Grund hierfür können die Standardisierung der SRs sein. Einheitliche Terminologie und feste Struktur minimieren Tippfehler, inkorrekte Satzstrukturen und uneinheitliche Abkürzungen, was wiederum den Interpretationsspielraum reduziert. Freitext-Befunde hingegen bieten zwar Flexibilität in der Ausdrucksweise, bergen aber das Risiko grammatikalischer und orthografischer Fehler, die sich negativ auf die Sprachqualität und Verständlichkeit auswirken können. Solche Fehler erhöhen das Risiko von Missverständnissen und können sich letztlich nachteilig auf die diagnostische und therapeutische Entscheidungsfindung auswirken.

Diese Erkenntnisse werden durch zahlreiche Studien gestützt. Eine Untersuchung von Vosshenrich et al. zu den Auswirkungen der strukturierten Befundung auf die sprachliche Standardisierung radiologischer Berichte zeigte einen signifikanten Mehrwert von SRs. Insbesondere die Informationsübermittlung an Zuweiser und automatisierte Befundbewertung profitierten von der einheitlichen Sprache (99). Auch Armbruster et al. stellten eine signifikant höhere Sprachqualität und Gesamtbewertung der SRs im Vergleich zu NRs fest. Während strukturierte Befunde meist die Bestnote erhielten, erreichte nur ein kleiner Teil der Freitext-Befunde eine ähnlich hohe Bewertung. Als mögliche Gründe führten die Autoren die hohe grammatikalische Präzision sowie die fachliche und sprachliche Kontrolle der strukturierten Befunde an (63).

Weitere Studien bestätigen diesen Vorteil. Sahni et al. untersuchten den Einfluss von SR-Templates auf die Qualität von MRT-Befunden für die Stadieneinteilung von Rektumkarzinomen. Auch hier konnte eine positive Wirkung der strukturierten Befundung auf die Gesamtbewertung festgestellt werden. Nach der Implementierung des Befundungstemplates stieg die Anzahl an „optimal“ und „zufriedenstellend“ bewerteten Befunde signifikant an (100,101).

5.2.7 Vergleich der Übereinstimmung beider Zahnärzte

Die Analyse der Übereinstimmung zwischen den beiden Zahnärzten zeigt signifikante Unterschiede zwischen den beiden Befundungsarten. Während bei der Bewertung der strukturierten Befunde eine hohe Übereinstimmung festgestellt wurde, wiesen die Freitext-Befunde nur eine mäßige Übereinstimmung auf.

Ein entscheidender Vorteil der SRs liegt in ihrer standardisierten Struktur, die eine einheitliche Befundinterpretation ermöglicht. Durch die vorgegebene Systematik wird der Interpretationsspielraum minimiert, was wiederum zu einer verbesserten Konsistenz der Befundberichte führt. Dies wirkt sich positiv auf die Interrater-Reliabilität aus, da die Befundbewertungen weniger von individuellen Formulierungen oder unterschiedlichen Interpretationen abhängen.

Im Gegensatz dazu enthalten Freitext-Befunde oft subjektive Formulierungen, die je nach Leser unterschiedlich verstanden und bewertet werden können. Dies kann zu Abweichungen in den Bewertungen führen, insbesondere wenn keine klaren Richtlinien für die Befundbeschreibung vorliegen. Auch die Berufserfahrung der Zahnärzte spielt hier eine wesentliche Rolle. Während erfahrene Zahnärzte auch aus weniger detaillierten Befunden relevante Informationen extrahieren und eine fundierte Therapieentscheidung treffen können, könnten weniger erfahrene Kollegen durch fehlende oder unstrukturierte Angaben vor größere Herausforderungen gestellt werden.

5.2.8 Besonderheiten in der Zahnmedizin

Betrachtet man die strukturierte Befundung in der Zahnmedizin, zeigen sich einige spezifische Unterschiede zu anderen Fachgebieten der Radiologie. Die medizinische Radiologie deckt ein sehr breites anatomisches Gebiet ab. Demgegenüber konzentriert sich die zahnmedizinische Radiologie primär auf Zähne, Zahnhalteapparat, Kieferknochen und umliegende Weichgewebe. Diese Spezifizierung birgt sowohl Vorteile als auch Herausforderungen für die Implementierung strukturierter Befundung.

Ein wesentlicher Aspekt ist die Vielfalt der eingesetzten Bildgebungsverfahren. In der Zahnmedizin werden sowohl 2D-Techniken wie Panoramaschichtaufnahme, Bissflügel- und Zahnfilmaufnahmen als auch 3D-Aufnahmen wie die di-

gitale Volumentomographie (DVT) genutzt. Ein einheitliches Befundungstemplate könnte hierbei problematisch sein, da sich die Bildmodalitäten hinsichtlich ihrer Darstellung und Interpretation unterscheiden. Zudem erfordert das breite Spektrum klinischer Fragestellungen, von Routineuntersuchung zu kariösen Läsionen und Parodontitis bis hin zu komplexeren Befunden bei Traumata oder Zahnanomalien, eine adäquate Abdeckung. Eine zu starre Vorgabe könnte die diagnostische Freiheit einschränken, während eine zu flexible Struktur die Vorteile der Standardisierung mindern könnte.

Ein weiterer zentraler Punkt ist die Verwendung einer einheitlichen Terminologie. Während sich in der Medizin die Ontologie RadLex als Standard etabliert hat, könnte in der Zahnmedizin SNODENT (Systematized Nomenclature of Dentistry) die Zukunft für eine standardisierte Terminologie sein. Die Einführung einer solchen einheitlichen Nomenklatur könnte zu einer verbesserten Vergleichbarkeit von Befunden und einer effizienteren Kommunikation zwischen Behandlern führen (102).

Darüber hinaus konnte eine an der Goethe-Universität Frankfurt am Main durchgeführte Studie eine weitere Chance der strukturierten Befundung in der Zahnmedizin aufzeigen. Die Untersuchung befasste sich mit dem Einfluss der strukturierten Befundung von zahnfarbenen indirekten Restaurationen auf die klinische Entscheidungsfindung. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass eine standardisierte Befundung die Entscheidungsfindung verbessert und langfristig zur Haltbarkeit der Restaurationen beitragen könnte (103).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die strukturierte Befundung in der Zahnmedizin sowohl Herausforderungen als auch erhebliche Chancen mit sich bringt. Die Entwicklung spezifischer, an die Fachdisziplin angepasster Templates könnten die Qualität der radiologischen Befundung erheblich verbessern.

5.3 Stärken und Limitationen der Studie

5.3.1 Stärken

Die vorliegende Studie weist mehrere Stärken auf, die ihre Aussagekraft und Relevanz für den klinischen Alltag unterstreichen. Eine der größten Stärken ist die hohe Anzahl an vollständig ausgefüllten Fragebögen. Mit einer Rücklaufquote

von 100 % konnte eine ausgezeichnete Datenqualität sichergestellt werden, wodurch die Aussagekraft der Ergebnisse erheblich gestärkt wurde. Zudem wurde eine retrospektive Methodik angewendet, bei der bereits vorhandene Zahnfilmaufnahmen und zugehörige Befunde genutzt wurden. Dies gewährleistet, dass die Befunderstellung unter realen Praxisbedingungen erfolgte und nicht durch den Studienkontext beeinflusst wurde. Darüber hinaus ermöglichte dieses Studiendesign eine schnelle und kosteneffiziente Datenerhebung, wodurch rasch belastbare Forschungsergebnisse erzielt werden konnten (104).

Die Befundbewertung wurde von zwei unabhängigen, erfahrenen Zahnärzten durchgeführt. Dadurch konnte sichergestellt werden, dass das erforderliche Fachwissen für eine präzise Evaluation vorhanden war und eine gegenseitige Beeinflussung ausgeschlossen wurde. Dies trug dazu bei, subjektive Verzerrungen zu minimieren und eine verlässliche Interrater-Reliabilität zu gewährleisten.

Das Studiendesign erlaubte eine direkte Gegenüberstellung von Freitext- und strukturierten Befunden unter identischen Bedingungen. Dadurch konnten beide Methoden klar miteinander verglichen und ihre jeweiligen Vor- und Nachteile herausgearbeitet werden. Zudem wurde die statistische Analyse mit etablierten Verfahren durchgeführt, was die Verlässlichkeit der Studienergebnisse weiter erhöhte.

Ein weiterer bedeutender Aspekt ist der hohe Praxisbezug der Studie. Die gewonnenen Erkenntnisse können direkt in den klinischen Praxisalltag übertragen werden und helfen, konkrete Verbesserungspotenziale in der Dokumentation von Röntgenbefunden aufzuzeigen.

Insgesamt zeichnet sich die Studie durch ihre methodische Sorgfalt, die hohe Datenqualität und ihre praxisnahe Relevanz aus, was sie zu einer wertvollen Grundlage für zukünftige Entwicklungen in der strukturierten Befundung macht.

5.3.2 Limitationen

Trotz der Stärken weist die vorliegende Studie einigen Limitationen auf, die bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden sollten.

Die Studienpopulation umfasste lediglich 50 Zahnaufnahmen. Obwohl diese Anzahl für die vorliegende Untersuchung ausreichend war, könnte eine größere und multizentrische Studie mit einer höheren Fallzahl die statistische Belastbarkeit

der Ergebnisse weiter erhöhen. Zudem könnten standort- oder zahnarztspezifische Unterschiede besser berücksichtigt werden, insbesondere hinsichtlich Variabilität in der Befundqualität verschiedener Praxen.

Ein weiterer limitierender Faktor ist die Auswahl der Bildgebungsverfahren. Die Studie konzentrierte sich ausschließlich auf Zahnfilmaufnahmen, wodurch unklar bleibt, inwiefern sich die Ergebnisse auf andere zahnmedizinische Röntgenverfahren wie Bissflügel- oder Aufbissaufnahmen übertragen lassen.

Die Fragebogenauswertung wurde nur von zwei nicht randomisiert ausgewählten Zahnärzten durchgeführt. Dies birgt das Risiko, dass persönliche Präferenzen die Ergebnisse beeinflusst haben. Zudem wurden beide Zahnärzte an derselben Universität ausgebildet und haben eine identische Lehre bezüglich der Befundung erhalten. Lehrmeinungen können sich jedoch zwischen verschiedenen Universitäten unterscheiden, was potenziell zu abweichenden Bewertungsergebnissen führen könnte.

Trotz der Verwendung standardisierter Likert-Skalen bleibt eine gewisse Subjektivität bestehen, da individuelle Interpretationen zu unterschiedlichen Bewertungen führen können. Forschung zu standardisierten Umfragen zeigt, dass Befragte dazu neigen, bestimmte Antwortmuster zu bevorzugen, wie etwa eine Zustimmungstendenz oder die Bevorzugung extremer Kategorien in Bewertungsskalen (105).

Die SRs wurden basierend auf einem Template erstellt, das von einem einzigen Zahnarzt entwickelt wurde. Eine Abstimmung mit weiteren Experten zur Validierung des Templates fand nicht statt, ebenso wenig eine Test- und Anpassungsphase. Dies könnte zu unbeabsichtigten Fehlern oder Unklarheiten in der strukturierten Befundung geführt haben.

Die NRs wurden von drei verschiedenen Zahnärzten aus derselben Praxis erstellt, während die SRs nur von einem einzigen Zahnarzt verfasst wurden. Dies führte zu einer erhöhten Variabilität in der Sprache und Struktur der NRs, während die SRs aufgrund des einheitlichen Templates eine konsistente Terminologie und Formulierung aufwiesen. Dadurch könnte der Vergleich zwischen beiden Methoden verzerrt sein.

In der durchgeführten Studie wurde auf bereits vorhandene Zahnaufnahmen und deren Befund zurückgegriffen. Erst zu einem späteren Zeitpunkt wurden die dazugehörigen strukturierten Befunde der Röntgenaufnahmen angefertigt. Hierbei ist es kritisch zu betrachten, dass die Erstellung der beiden Befundarten nicht von derselben Person durchgeführt wurde. Dies könnte einen negativen Einfluss auf die Vergleichbarkeit der NRs mit den SRs haben. Auch der jeweilige Zeitaufwand für die Erstellung der beiden Befundarten konnte in der Studie aus diesem Grund nicht mitberücksichtigt werden. Das Fehlen dieses relevanten Kriteriums führt zu einer nicht ganzheitlichen Bewertung der Effizienz. Ein Studiendesign, bei dem Freitext- und strukturierte Befunde unmittelbar nacheinander und unter identischen Bedingungen vom selben Zahnarzt erstellt werden, könnte hier zu präziseren Ergebnissen führen.

Eine weitere Limitation stellt das verwendete Konzept der strukturierten Befundung dar. Bei der durchgeführten Studie wurden alle SRs mithilfe eines vordefinierten Templates der Online-Plattform „Smart Radiology“ erstellt. Unklar bleibt, ob die Ergebnisse auch für andere Systeme der strukturierten Befundung gelten, da unterschiedliche Softwarelösungen abweichende Terminologien und Strukturen verwenden könnten. Eine breiter angelegte Untersuchung mit mehreren Plattformen könnte die Generalisierbarkeit der Ergebnisse verbessern.

Zusammenfassend bietet die vorliegende Studie wertvolle Erkenntnisse über die Vorteile der strukturierten Befundung in der Zahnmedizin. Aufgrund der genannten Limitationen kann kein endgültiger Nachweis für die Überlegenheit der strukturierten Befundung über Freitext-Befunde erbracht werden.

5.4 Ausblick und zukünftige Forschungsansätze

Die vorliegende Arbeit verdeutlicht das Potenzial der strukturierten Befundung von Zahnaufnahmen im Vergleich zur Freitext-Befundung. Insbesondere in den Aspekten Vollständigkeit, Detailliertheit, Sprachqualität, Befundreihenfolge und Verständlichkeit konnten die SRs überzeugen, was auf eine Verbesserung der Gesamtqualität der Befunde schließen lässt.

Trotz dieser Vorteile sind weitere, insbesondere größere Langzeitstudien erforderlich, um die langfristigen Konsequenzen der Implementierung von strukturier-

ten Befunden in der Zahnmedizin umfassend zu bewerten. Hierbei sollte die Akzeptanz in der Praxis sowie die Auswirkungen auf Diagnostik und Therapieentscheidung untersucht werden.

Ein zukunftsweisender Ansatz ist die Integration von KI in strukturierte Befunde. Erste Studien, wie die von Zhu et al., zeigen vielversprechende Ergebnisse bei der automatisierten Diagnose von Zahnerkrankungen anhand von Panoramaschichtaufnahmen. Besonders retinierte Zähne und Kronenversorgungen wurden mit hoher Sensitivität und Spezifität erkannt, während die Kariesdiagnostik noch Verbesserungspotenzial aufweist. Interessanterweise erreichte das KI-System bereits eine diagnostische Leistung, die mit der von Zahnärzten mit 3 - 10 Jahren Berufserfahrung vergleichbar ist. Dies birgt die Chance, die Arbeitsbelastung von Zahnärzten zu reduzieren (106).

Strukturierte Befunde erleichtern zudem die Datenextraktion für KI-Anwendungen, da sie standardisiert und maschinenlesbare Informationen enthalten. Dadurch können sie für Lehr- oder Forschungszwecke genutzt werden und zur Optimierung von KI-Algorithmen beitragen (56). Eine weitere vielversprechende Möglichkeit besteht darin, KI-gestützte Befunde direkt in strukturierte Vorlagen einzufügen oder bestehende Freitext-Befunde automatisch in eine strukturierte Form zu konvertieren. Dies könnte die Akzeptanz der strukturierten Befundung in der Praxis weiter erhöhen (107).

Im Zuge der Digitalisierung des Gesundheitswesens - insbesondere durch die Einführung der elektronische Patientenakte (ePA) und Telemedizin - wird die strukturierte Befundung zunehmend an Relevanz gewinnen. Eine standardisierte und maschinenlesbare Dokumentation ermöglicht eine effiziente Datenverarbeitung sowie eine verbesserte interdisziplinäre Zusammenarbeit. Besonders relevant ist die Integration strukturierter Befunde in die ePA, da sie eine einheitliche und leicht verständliche Dokumentation ermöglicht. So können Weiterbehandler direkt auf standardisierte Befunde zugreifen, was die Zusammenarbeit zwischen Zahnärzten, Kieferchirurgen und anderen Fachärzten erleichtert (108,109). Um die Akzeptanz zu steigern, wäre eine automatisierte Übertragung der Daten in die ePA wünschenswert, um den administrativen Aufwand für Zahnärzte zu minimieren (110).

Für weniger erfahrene Zahnärzte kann die strukturierte Befundung als eine Art Leitfaden dienen, der durch den gesamten Befundungsprozess führt und eine vollständige und qualitativ hochwertige Dokumentation gewährleistet (59).

Zukünftig könnten strukturierte Befunde zudem für eine automatisierte Leistungsabrechnung genutzt werden. Dies könnte die administrative Belastung in Zahnarztpraxen weiter reduzieren und die Effizienz der Praxisorganisation verbessern (110).

Schlussendlich stellt die strukturierte Befundung eine vielversprechende Weiterentwicklung in der zahnmedizinischen Röntgendiagnostik dar und bietet zahlreiche Vorteile hinsichtlich Qualität, Standardisierung und Effizienz. Ihre Implementierung in den klinischen Alltag sollte daher vorangetrieben werden.

Für eine breite Etablierung in der Praxis könnten weitere Forschungsarbeiten Aufschluss zur technischen Umsetzung, der Akzeptanz unter Zahnärzten sowie den praktischen Auswirkungen auf Diagnostik und Therapieplanung bieten. Eine optimierte Integration von KI und eine bessere Verknüpfung mit digitalen Gesundheitssystemen könnten zudem die Patientenversorgung und Therapieentscheidung weiter verbessern.

Literaturverzeichnis

1. Hackländer T. Strukturierte Befundung in der Radiologie. Radiol. Juli 2013;53(7):613–7.
2. Pinto Dos Santos D, Hempel JM, Mildenerger P, Klöckner R, Persigehl T. Structured Reporting in Clinical Routine. RöFo - Fortschritte Auf Dem Geb Röntgenstrahlen Bildgeb Verfahr. Januar 2019;191(01):33–9.
3. Marcovici PA, Taylor GA. JOURNAL CLUB: Structured Radiology Reports Are More Complete and More Effective Than Unstructured Reports. Am J Roentgenol. Dezember 2014;203(6):1265–71.
4. Larson DB, Towbin AJ, Pryor RM, Donnelly LF. Improving Consistency in Radiology Reporting through the Use of Department-wide Standardized Structured Reporting. Radiology. April 2013;267(1):240–50.
5. Brook OR, Brook A, Vollmer CM, Kent TS, Sanchez N, Pedrosa I. Structured Reporting of Multiphasic CT for Pancreatic Cancer: Potential Effect on Staging and Surgical Planning. Radiology. Februar 2015;274(2):464–72.
6. Rädcl M, Priess HW, Bohm S, Walter M. BARMER Zahnreport 2023: Individuelle Mundgesundheits im Langzeitverlauf: Welche Unterschiede gibt es in Deutschland? 2023;
7. Hellwig E, Schäfer E, Klimek J, Attin T. Einführung in die Zahnerhaltung: Prüfungswissen Kariologie, Endodontologie und Parodontologie. 7th ed. Köln: Deutscher Ärzteverlag; 2018. 1 S.
8. Weber T. Memorix Zahnmedizin [Internet]. 6. Aufl. Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG; 2024 [zitiert 6. November 2024]. Verfügbar unter: <https://eref.thieme.de/10.1055/b-004-140696>
9. Heinrich A, Burmeister U, Lenz JH, Weber MA. Klinisch-radiologische Beurteilung der Zähne –Teil 1: Anatomie und Anomalien. Radiol. Juli 2022;62(7):617–24.
10. Becht S, Bittner RC, Ohmstede A, Pfeiffer A, Roßdeutscher R, Herausgeber. Lehrbuch der radiologischen Einstelltechnik [Internet]. Berlin, Heidelberg:

- Springer Berlin Heidelberg; 2019 [zitiert 7. November 2024]. Verfügbar unter:
<http://link.springer.com/10.1007/978-3-662-56256-7>
11. Heinrich A, Burmeister U, Lenz JH, Weber MA. Klinisch-radiologische Beurteilung der Zähne – Teil 2: Karies, entzündliche Zahnveränderungen und wichtige Differenzialdiagnosen. *Radiol.* August 2022;62(8):701–14.
 12. Marthaler TM. Changes in Dental Caries 1953–2003. *Caries Res.* 2004;38(3):173–81.
 13. Cholmakow-Bodechtel C. Fünfte Deutsche Mundgesundheitsstudie (DMS V). Jordan AR, Micheelis W, Herausgeber. Köln: Deutscher Zahnärzte Verlag DÄV; 2016. 1 S. (Materialienreihe / Institut der Deutschen Zahnärzte).
 14. Yip K, Smales R. Oral diagnosis and treatment planning: part 2. Dental caries and assessment of risk. *Br Dent J.* Juli 2012;213(2):59–66.
 15. Reeves R, Stanley HR. The relationship of bacterial penetration and pulpal pathosis in carious teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* Juli 1966;22(1):59–65.
 16. Molloy S. Tipping the balance. *Nat Rev Microbiol.* 1. Januar 2012;10(1):3–3.
 17. Tonetti MS, Greenwell H, Kornman KS. Staging and grading of periodontitis: Framework and proposal of a new classification and case definition. *J Clin Periodontol.* 2018;45(S20):S149–61.
 18. Hausamen JE, Machtens E, Reuther JF, Eufinger H, Kübler A, Schliephake H, Herausgeber. *Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie.* 4. Aufl. 2012. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2012. 1 S.
 19. Bürklein S, Rathje J, Jöhren P. Quo vadis digitale dentale (Volumen-) Radiografie? *ZWR - Dtsch Zahnärztebl.* April 2012;121(04):154–65.
 20. Schwenzler N, Ehrenfeld M, Herausgeber. *Chirurgische Grundlagen.* 4. vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage. Stuttgart: Thieme; 2008. 1 S. (ZMK-Heilkunde).

21. Rathje J, Rother U, Jöhren P. Die digitale Radiografie in der Zahnheilkunde - Eine Übersicht. ZWR - Dtsch Zahnärztebl. Januar 2007;116(01/02):25–34.
22. Heinrich-Weltzien R, Kühnisch J. Milchzahnendodontie. Zahnmed Up2date. November 2007;2(2):145–68.
23. Staehle H. Re-Insertion zahnärztlicher Werkstücke. Zahnmed Up2date. August 2010;4(04):343–61.
24. Eckelt U. Zahnärztliche Chirurgie. 4., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage. Schwenger N, Ehrenfeld M, Herausgeber. Stuttgart New York: Georg Thieme Verlag; 2009. 320 S. (Zahn-Mund-Kiefer-Heilkunde, Lehrbuchreihe zur Aus- und Weiterbildung).
25. Zäschke C, Schopf PM. Zur metrischen Analyse von Panorama-Röntgenbildern. Fortschritte Kieferorthopädie. 1. Juni 1975;36(2):231–43.
26. Bürklein S, Späth C, Jöhren P. Dreidimensionale Bildgebung in der Zahnheilkunde. Digit Dent News. 1. Januar 2009;
27. Aps JKM, Lim LZ, Tong HJ, Kalia B, Chou AM. Diagnostic efficacy of and indications for intraoral radiographs in pediatric dentistry: a systematic review. Eur Arch Paediatr Dent. 1. August 2020;21(4):429–62.
28. Pasler FA, Visser H. Taschenatlas der Zahnärztlichen Radiologie. 1. Auflage. Stuttgart: Thieme; 2003. 1 S.
29. Haak R, Rosenbohm J, Noack M, Wicht M. Röntgenologische Kariesdiagnostik und Therapieentscheidung. Quintessenz. 1. September 2007;58:927–37.
30. Gesetz zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung (Strahlenschutzgesetz - StrlSchG). 2024.
31. Hackländer T. Standardisierung des radiologischen Befundberichtes - Norm DIN 6827-5. RöFo - Fortschritte Auf Dem Geb Röntgenstrahlen Bildgeb Verfahr. 20. Juli 2004;176(10):1481–4.

32. Qualitätssicherungs-Richtlinie (QS-RL) - Richtlinie zur Durchführung der Qualitätssicherung bei Röntgeneinrichtungen zur Untersuchung oder Behandlung von Menschen nach den §§ 16 und 17 der Röntgenverordnung [Internet]. [zitiert 19. November 2024]. Verfügbar unter: https://www.verwaltungsvorschriften-im-internet.de/bsvwvbund_23062014_RSII3116026.htm
33. Baumann T, Hackländer T, Kotter E. Befundung in der Radiologie heute: Was kommt morgen? *Radiol.* Januar 2014;54(1):45–52.
34. Standards for interpretation and reporting of imaging investigations, Second edition | The Royal College of Radiologists [Internet]. [zitiert 21. November 2024]. Verfügbar unter: <https://www.rcr.ac.uk/our-services/all-our-publications/clinical-radiology-publications/standards-for-interpretation-and-reporting-of-imaging-investigations-second-edition/>
35. European Society of Radiology (ESR). Good practice for radiological reporting. Guidelines from the European Society of Radiology (ESR). *Insights Imaging.* April 2011;2(2):93–6.
36. Wallis A, McCoubrie P. The radiology report — Are we getting the message across? *Clin Radiol.* November 2011;66(11):1015–22.
37. Heilmann HP. Der Röntgenbefund: Stiefkind der Radiologie. *RöFo - Fortschritte Auf Dem Geb Röntgenstrahlen Bildgeb Verfahr.* August 1981;135(08):220–4.
38. Ahrens HJ, Von Bar C, Fischer G, Spickhoff A, Taupitz J. *Medizin und Haftung* [Internet]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2009 [zitiert 25. November 2024]. Verfügbar unter: <http://link.springer.com/10.1007/978-3-642-00612-8>
39. Reiner BI, Knight N, Siegel EL. Radiology Reporting, Past, Present, and Future: The Radiologist's Perspective. *J Am Coll Radiol.* Mai 2007;4(5):313–9.
40. Bürsner S, Schneider B, Seelos HJ, Selbmann HK, Spitzer K, Spreckelsen C, u. a., Herausgeber. *Medizinische Informatik, Biometrie und Epidemiologie.* Berlin: De Gruyter; 2012. 299 S. (De Gruyter Lehrbuch).

41. Persigehl T, Gebauer F, Bruns C, Pinto Dos Santos D. Strukturierte Befundung und standardisiertes Therapiemonitoring. *Onkol.* Januar 2020;26(1):44–52.
42. Hong Y, Kahn CE. Content Analysis of Reporting Templates and Free-Text Radiology Reports. *J Digit Imaging.* Oktober 2013;26(5):843–9.
43. Kotter E, Pinto Dos Santos D. Strukturierte Befundung in der Radiologie: Sicht der deutschen und europäischen Fachgesellschaften. *Radiol.* November 2021;61(11):979–85.
44. Reiser MF, Mildenerger P. Strukturierte Befundung: warum und warum nicht jetzt? *Radiol.* November 2021;61(11):977–8.
45. Hickey P. Standardization of roentgen-ray reports. *AJR Am J Roentgenol.* 1922;9(422):e6.
46. Hong Y, Kahn CE. Content Analysis of Reporting Templates and Free-Text Radiology Reports. *J Digit Imaging.* Oktober 2013;26(5):843–9.
47. Siström CL, Langlotz CP. A framework for improving radiology reporting. *J Am Coll Radiol.* Februar 2005;2(2):159–67.
48. Siström CL, Honeyman-Buck J. Free Text Versus Structured Format: Information Transfer Efficiency of Radiology Reports. *Am J Roentgenol.* September 2005;185(3):804–12.
49. Marwede D, Daumke P, Marko K, Lobsien D, Schulz S, Kahn T. RadLex – deutsche Version: ein radiologisches Lexikon zur Indexierung von Bild- und Befunddaten. *RöFo - Fortschritte Auf Dem Geb Röntgenstrahlen Bildgeb Verfahr.* Januar 2009;181(01):38–44.
50. RadLex Term Browser [Internet]. [zitiert 27. November 2024]. Verfügbar unter: <https://radlex.org/>
51. Kahn CE, Langlotz CP, Burnside ES, Carrino JA, Channin DS, Hovsepian DM, u. a. Toward Best Practices in Radiology Reporting. *Radiology.* September 2009;252(3):852–6.

52. 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*. Oktober 2014;27(5):588–93.
53. Sobez LM, Kim SH, Angstwurm M, Störmann S, Pfürringer D, Schmidutz F, u. a. Creating high-quality radiology reports in foreign languages through multilingual structured reporting. *Eur Radiol*. November 2019;29(11):6038–48.
54. RadReport reporting templates [Internet]. [zitiert 28. November 2024]. Verfügbar unter: <https://www.rsna.org/practice-tools/data-tools-and-standards/radreport-reporting-templates>
55. urbanstudio.de. Befundvorlagen der DRG | Radiologische Befundung [Internet]. [zitiert 28. November 2024]. Verfügbar unter: <https://www.befundung.drg.de>
56. Hempel JM, Pinto Dos Santos D. Strukturierte Befundung und künstliche Intelligenz. *Radiol*. November 2021;61(11):999–1004.
57. Herrmann J, Esser M, Brecht I, Tsiflikas I, Schäfer JF. Ganzkörper-MRT bei Tumorprädispositionssyndromen. *Radiol*. Dezember 2022;62(12):1017–25.
58. Müller-Horvat C, Plathow C, Ludescher B, Lichy M, Canda V, Zindel C, u. a. Befunderstellung bei der Ganzkörperbildgebung mittels einer workflowoptimierten Befundungssoftware - Erste Erfahrungen einer Multireader-Analyse. *RöFo - Fortschritte Auf Dem Geb Röntgenstrahlen Bildgeb Verfahr*. Juli 2007;179(7):721–7.
59. Sigl B, Herold C. Strukturierte Befundung in der Radiologie – Chance für die radiologische Jugend? *Radiol*. Mai 2021;61(5):487–9.
60. Powell DK, Silberzweig JE. State of Structured Reporting in Radiology, a Survey. *Acad Radiol*. Februar 2015;22(2):226–33.
61. Michaely H. Strukturierte Befundung in der Praxis – Status und Ausblick. *Radiol*. November 2021;61(11):1014–9.

62. Kim SH, Mir-Bashiri S, Matthies P, Sommer W, Nörenberg D. Integration der strukturierten Befundung in den radiologischen Routine-Workflow. *Radiol.* November 2021;61(11):1005–13.
63. Armbruster M, Gassenmaier S, Haack M, Reiter M, Nörenberg D, Henzler T, u. a. Structured reporting in petrous bone MRI examinations: impact on report completeness and quality. *Int J Comput Assist Radiol Surg.* Dezember 2018;13(12):1971–80.
64. Rubin DL. Creating and Curating a Terminology for Radiology: Ontology Modeling and Analysis. *J Digit Imaging.* Dezember 2008;21(4):355–62.
65. Hong Y, Zhang J, Heilbrun ME, Kahn CE. Analysis of RadLex Coverage and Term Co-occurrence in Radiology Reporting Templates. *J Digit Imaging.* Februar 2012;25(1):56–62.
66. Panicek DM, Hricak H. How Sure Are You, Doctor? A Standardized Lexicon to Describe the Radiologist's Level of Certainty. *Am J Roentgenol.* Juli 2016;207(1):2–3.
67. Schwartz LH, Panicek DM, Berk AR, Li Y, Hricak H. Improving Communication of Diagnostic Radiology Findings through Structured Reporting. *Radiology.* Juli 2011;260(1):174–81.
68. Ganeshan D, Duong PAT, Probyn L, Lenchik L, McArthur TA, Retrouvey M, u. a. Structured Reporting in Radiology. *Acad Radiol.* Januar 2018;25(1):66–73.
69. Johnson AJ, Chen MYM, Zapadka ME, Lyders EM, Littenberg B. Radiology Report Clarity: A Cohort Study of Structured Reporting Compared With Conventional Dictation. *J Am Coll Radiol.* Juli 2010;7(7):501–6.
70. Mildenberger P. Strukturierte Befundung in der Radiologie: IT-Essentials. *Radiol.* November 2021;61(11):995–8.
71. Ernst BP, Hodeib M, Strieth S, Künzel J, Bischof F, Hackenberg B, u. a. Structured reporting of head and neck ultrasound examinations. *BMC Med Imaging.* Dezember 2019;19(1):25.

72. Nörenberg D, Sommer WH, Thasler W, D'Haese J, Rentsch M, Kolben T, u. a. Structured Reporting of Rectal Magnetic Resonance Imaging in Suspected Primary Rectal Cancer: Potential Benefits for Surgical Planning and Interdisciplinary Communication. *Invest Radiol.* April 2017;52(4):232–9.
73. Kim SH, Sobez LM, Spiro JE, Curta A, Ceelen F, Kampmann E, u. a. Structured reporting has the potential to reduce reporting times of dual-energy x-ray absorptiometry exams. *BMC Musculoskelet Disord.* Dezember 2020;21(1):248.
74. European Society of Radiology (ESR). ESR paper on structured reporting in radiology. *Insights Imaging.* Februar 2018;9(1):1–7.
75. Murray JM, Kaissis G, Braren R, Kleesiek J. Wie funktioniert Radiomics? *Radiol.* Januar 2020;60(1):32–41.
76. Hewer E, Rump A, Langer R. Standardisierte strukturierte Befundberichte gastrointestinaler Tumoren. *Pathol.* Februar 2022;43(1):57–62.
77. Christlein D, Kast J, Baumhauer M. Gegenwärtige Entwicklungen in der Healthcare-Informationstechnologie: Auswirkungen auf die strukturierte Befundung. *Radiol.* November 2021;61(11):986–94.
78. Agrawal P, Nikhade P. Artificial Intelligence in Dentistry: Past, Present, and Future. *Cureus [Internet].* 28. Juli 2022 [zitiert 12. Dezember 2024]; Verfügbar unter: <https://www.cureus.com/articles/104972-artificial-intelligence-in-dentistry-past-present-and-future>
79. Deshmukh S. Artificial intelligence in dentistry. *J Int Clin Dent Res Organ.* 2018;10(2):47.
80. KI Lösung für vollautomatisierte Röntgenbefundung mit dentalXrai [Internet]. 2021 [zitiert 12. Dezember 2024]. Verfügbar unter: <https://www.dentalxr.ai/in-der-praxis/>
81. Schwendicke F, Samek W, Krois J. Artificial Intelligence in Dentistry: Chances and Challenges. *J Dent Res.* Juli 2020;99(7):769–74.

82. Heeser A. Digitalisierung und E-Rezept: Tschüss Wartezimmer, hallo Online-Arzt. *Kma - Klin Manag Aktuell*. Juli 2020;25(07/08):40–1.
83. Persigehl T, Baumhauer M, Baeßler B, Beyer LP, Bludau M, Bruns C, u. a. Structured Reporting of Solid and Cystic Pancreatic Lesions in CT and MRI: Consensus-Based Structured Report Templates of the German Society of Radiology (DRG). *RöFo - Fortschritte Auf Dem Geb Röntgenstrahlen Bildgeb Verfahr*. Juli 2020;192(07):641–56.
84. Lennartz S, Schlemmer HP, Persigehl T. Diagnostische Radiologie: Update 2022. *Onkol*. September 2022;28(9):818–27.
85. Hahnfeldt SM. Reduzierte Strahlenbelastung bei Zahnfilmaufnahmen. *ZWR - Dtsch Zahnärztebl*. 18. Februar 2015;124(01):36–8.
86. Rottke D. Bild - Befund - Bericht: Röntgen und was danach kommt. *Junge Zahnarzt*. Oktober 2019;10(4):10–3.
87. Smart Radiology [Internet]. [zitiert 13. Januar 2025]. Verfügbar unter: https://app.smart-radiology.com/de_de/ui/home
88. Geyer T, Rübenthaler J, Marschner C, Von Hake M, Fabritius MP, Froelich MF, u. a. Structured Reporting Using CEUS LI-RADS for the Diagnosis of Hepatocellular Carcinoma (HCC)—Impact and Advantages on Report Integrity, Quality and Interdisciplinary Communication. *Cancers*. 31. Januar 2021;13(3):534.
89. Gassenmaier S, Armbruster M, Haasters F, Helfen T, Henzler T, Alibek S, u. a. Structured reporting of MRI of the shoulder – improvement of report quality? *Eur Radiol*. Oktober 2017;27(10):4110–9.
90. Schnitzer ML, Sabel L, Schwarze V, Marschner C, Froelich MF, Nuhn P, u. a. Structured Reporting in the Characterization of Renal Cysts by Contrast-Enhanced Ultrasound (CEUS) Using the Bosniak Classification System—Improvement of Report Quality and Interdisciplinary Communication. *Diagnostics*. 15. Februar 2021;11(2):313.

91. Müllner M. Erfolgreich wissenschaftlich arbeiten in der Klinik: evidence based medicine. Zweite, überarbeitete und erweiterte Auflage. Wien New York: Springer; 2005. 1 S. (SpringerLink Bücher).
92. Weiß C, Weiß C. Basiswissen Medizinische Statistik. Berlin: Springer; 2010. 1 S.
93. Ehle B, Windeler J, Trampisch HJ. Medizinische Statistik. 2., überarbeitete und aktualisierte Auflage. Berlin, Heidelberg s.l.: Springer Berlin Heidelberg; 2000. 1 S. (Springer-Lehrbuch).
94. Wirtz M, Kutschmann M. Analyse der Beurteilerübereinstimmung für kategoriale Daten mittels Cohens Kappa und alternativer Maße. Rehabil. Dezember 2007;46(6):370–7.
95. Stellungnahme des Präsidiums der DFG zum Einfluss generativer Modelle für die Text- und Bilderstellung auf die Wissenschaften und das Förderhandeln der DFG [Internet]. Deutsche Forschungsgemeinschaft; 2023 Sep. Verfügbar unter: <https://www.dfg.de/resource/blob/289674/ff57cf46c5ca109cb18533b21fba49bd/230921-stellungnahme-praesidium-ki-ai-data.pdf>
96. Spiro JE, Ceelen F, Kneidinger N, Sommer WH, Schinner R, Dinkel J, u. a. Structured Reporting of Computed Tomography Examinations in Post-Lung Transplantation Patients. J Comput Assist Tomogr. November 2021;45(6):959–63.
97. Lübbers HT, Bergau T, Hoff J, Jackowski J. Dokumentationspflicht in der Zahnarztpraxis. 1. Januar 2012;
98. Schoeppe F, Sommer WH, Nörenberg D, Verbeek M, Bogner C, Westphalen CB, u. a. Structured reporting adds clinical value in primary CT staging of diffuse large B-cell lymphoma. Eur Radiol. September 2018;28(9):3702–9.
99. Vosshenrich J, Nesic I, Boll DT, Heye T. Investigating the impact of structured reporting on the linguistic standardization of radiology reports through natural language processing over a 10-year period. Eur Radiol. 5. August 2023;33(11):7496–506.

100. Sabel BO, Plum JL, Kneidinger N, Leuschner G, Koletzko L, Raziorrouh B, u. a. Structured reporting of CT examinations in acute pulmonary embolism. *J Cardiovasc Comput Tomogr*. Mai 2017;11(3):188–95.
101. Sahni VA, Silveira PC, Sainani NI, Khorasani R. Impact of a Structured Report Template on the Quality of MRI Reports for Rectal Cancer Staging. *AJR Am J Roentgenol*. September 2015;205(3):584–8.
102. Geist JR. Are structured reports in the future for oral and maxillofacial radiology? *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. September 2018;126(3):205–7.
103. Tamara B, Möltner A, Maria G, Obreja K, Parvini P, Stefan R, u. a. Influence of structured reporting of tooth-colored indirect restorations on clinical decision-making. *J Dent Probl Solut*. 12. März 2019;006–10.
104. Bestehorn K. Prospektive und retrospektive Studien – ein Überblick. In: Lenk C, Duttge G, Fangerau H, Herausgeber. *Handbuch Ethik und Recht der Forschung am Menschen* [Internet]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2014 [zitiert 27. Februar 2025]. S. 83–5. Verfügbar unter: https://link.springer.com/10.1007/978-3-642-35099-3_13
105. Bogner K, Landrock U. Antworttendenzen in standardisierten Umfragen (GESIS Survey Guidelines) Antworttendenzen in standardisierten Umfragen (GESIS Survey Guidelines) [Internet]. GESIS - Leibniz Institute for the Social Sciences; 2015 [zitiert 27. Februar 2025]. Verfügbar unter: <http://www.gesis.org/gesis-survey-guidelines/instruments/fragebogenkonstruktion/antworttendenzen/>
106. Zhu J, Chen Z, Zhao J, Yu Y, Li X, Shi K, u. a. Artificial intelligence in the diagnosis of dental diseases on panoramic radiographs: a preliminary study. *BMC Oral Health*. 3. Juni 2023;23(1):358.
107. Jahn J, Weiß J, Bamberg F, Kotter E. Anwendungsspektrum der künstlichen Intelligenz in der Radiologie. *Radiol*. Oktober 2024;64(10):752–7.
108. Frenz W, Herausgeber. *Handbuch Industrie 4.0: Recht, Technik, Gesellschaft* [Internet]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2020 [zitiert

18. März 2025]. Verfügbar unter: <http://link.springer.com/10.1007/978-3-662-58474-3>
109. Marx G, Rossaint R, Marx N, Herausgeber. Telemedizin: Grundlagen und praktische Anwendung in stationären und ambulanten Einrichtungen [Internet]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2021 [zitiert 20. März 2025]. Verfügbar unter: <https://link.springer.com/10.1007/978-3-662-60611-7>
110. Witzsch UKFr, Borkowetz A. Die digitale Patientenakte im Krankenhaus: Welche Veränderungen bewirkt digitale Patientendokumentation? Uro-News. April 2023;27(4):44–9.

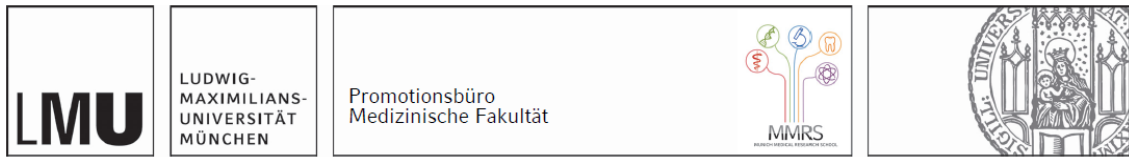
Danksagung

Zunächst bedanke ich mich bei meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. med. Johannes Rübenthaler, für die Möglichkeit, auf dem Gebiet der Radiologie und insbesondere im zahnmedizinischen Bereich promovieren zu dürfen. Vielen Dank für die stets freundliche Kommunikation und immer zeitnahe Beantwortung meiner Fragen.

Den Zahnärztinnen Frau Laura Nadine Leibl und Frau Anna Schoßleitner danke ich herzlichst für ihre Unterstützung bei der Evaluation der Fragebögen.

Zuletzt möchte ich mich noch bei meiner Schwester Christina bedanken, dank der ich die Liebe zur Medizin entdeckt habe. Und auch meinen Eltern und meinem Partner Marcus gilt besonderer Dank für die tagtägliche Unterstützung über das gesamte Studium und darüber hinaus. Vielen Dank für die stets konstruktive Kritik und motivierenden Worte.

Affidavit



Eidesstattliche Versicherung

Forster, Anna-Lisa

Name, Vorname

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Titel:

Strukturierte Befundung von Zahnaufnahmen im Vergleich zu Freitext-Befunden

selbständig verfasst, mich außer der angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient und alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen sind, als solche kenntlich gemacht und nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen habe.

Ich erkläre des Weiteren, dass die hier vorgelegte Dissertation nicht in gleicher oder in ähnlicher Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht wurde.

München, 20.01.2026

Anna-Lisa Forster

Ort, Datum
Doktorand

Unterschrift Doktorandin bzw.

Publikationsliste

Die in dieser Publikation präsentierten Daten wurden als wissenschaftlicher Abstract mit dem Titel „Structured Reporting of Dental Images Compared to Free-Text Reports: A Comparative Study“ zum ECR (Eruopäischer Röntgenkongress) 2026 zur Veröffentlichung eingereicht.