

Aus der Klinik und Poliklinik für Radiologie
des Klinikums Großhadern und Innenstadt
Klinikum der Ludwig-Maximilians-Universität München
Direktor: Prof. Dr. med. Jens Ricke

Strukturierte Befundung von Orthopantomographien im Vergleich zu Freitext-Befunden

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

vorgelegt von
Emilia Schober

aus München

2025

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

Erstes Gutachten: Prof. Dr. med. Johannes Rübenthaler

Zweites Gutachten: PD Dr. Leonie Beyer

Drittes Gutachten: Prof. Dr. Jürgen Scheidler

Dekan: Prof. Dr. med. Thomas Gudermann

Tag der mündlichen Prüfung: 24.03.2025

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
1.1	<i>Der radiologische Befund</i>	<i>1</i>
2.1.1.	Die Geschichte des radiologischen Befundes	1
2.1.2.	Vorgaben für den radiologischen Befund	2
1.2	<i>Die strukturierte Befundung</i>	<i>5</i>
1.2.1	Formen der strukturierten Befundung	9
1.2.2	Diskutierte Aspekte der aktuellen Studienlage	12
1.2.2.1	Vollständigkeit	12
1.2.2.2	Verständlichkeit und Klarheit.....	14
1.2.2.3	Kommunikation	15
1.2.2.4	Lehre.....	17
1.2.2.5	Effizienz, Workflow und Befundungszeit	20
1.2.2.6	Rigidität	23
1.2.2.7	Standardisierung, Übersichtlichkeit und Informationsextraktion	24
1.2.2.8	Klinische Konsequenzen und Patientenversorgung	26
1.2.2.9	Data Mining und statistische Analysierbarkeit.....	28
1.2.2.10	Übersetzung und internationaler Austausch	29
1.2.2.11	Präferenz und Zufriedenheit der zuweisenden Ärzte	30
1.2.2.12	Gesamtqualität	31
1.2.2.13	Einführungsstrategien	32
1.3	<i>Die dentale Bildgebung</i>	<i>33</i>
1.3.1	Die Orthopanthomographie	34
1.3.1.1	Geschichtlicher Hintergrund.....	34
1.3.1.2	Aufnahmetechniken	35
1.3.1.3	Charakteristika.....	35
1.3.1.4	Vorteile	36
1.3.1.5	Nachteile	37
2	Zielsetzung und Fragestellung.....	38
3	Patienten, Material und Methoden	39
3.1	<i>Studienrahmen</i>	<i>39</i>
3.2	<i>Datenerhebung und -erfassung.....</i>	<i>39</i>
3.2.1	Bilderhebung	39
3.2.2	Generierung der Freitextbefunde.....	40
3.2.3	Generierung der strukturierten Befunde	40
3.2.4	Evaluation der Befunde	42
3.3	<i>Statistische Methoden.....</i>	<i>48</i>
4	Ergebnisse.....	51
5	Diskussion.....	52
5.1	<i>Methodendiskussion.....</i>	<i>53</i>
5.2	<i>Ergebnisdiskussion.....</i>	<i>54</i>
5.3	<i>Limitierungen der Studie</i>	<i>55</i>
5.4	<i>Schlussfolgerung und Ausblick</i>	<i>58</i>

6	Zusammenfassung	60
7	Abstract (Englisch).....	62
8	Abkürzungsverzeichnis	64
8.1	<i>Literatur.....</i>	<i>66</i>
9	Abbildungsverzeichnis.....	81
10	Tabellenverzeichnis.....	81
11	Anhang	82
12	Danksagung	89
13	Affidavit.....	90
14	Publikationsliste.....	91

1 Einleitung

1.1 Der radiologische Befund

2.1.1. Die Geschichte des radiologischen Befundes

Zwar gelang Wissenschaftlern wie Lenard, Hertz und Crookes möglicherweise vor Wilhelm Conrad Röntgen die Erzeugung von Röntgenstrahlung, dennoch gilt der Physiker noch heute als der Entdecker der von ihm benannten X-Strahlen durch das Erkennen ihres Mehrwertes für die Medizin (1, 2). Seine Publikation „Über eine neue Art von Strahlen“ aus dem Jahr 1895 revolutionierte die Diagnostik aller ärztlichen Fachrichtungen und kann als Ausgangspunkt für die radiologische Berichterstattung gesehen werden (3). In seinen Anfängen setzte sich der radiologische Befund nach langen Diskussionen über einen sinnvollen Aufbau in seiner Freitext-Form durch. Als eines der ersten bekannten Beispiele eines radiologischen Befundes gilt der handgeschriebene Brief des Arztes Dr. William James Morton aus New York aus dem Jahr 1896, in welchem er einem Kollegen die Befunde einer Abdomen-Radiographie mit allen sichtbaren skelettalen Strukturen und dem Fehlen von Nierensteinen beschrieb (4, 5). Bereits 1899 befürwortete der Radiologe Dr. Preston Hickey, dass die Berichterstattung von Röntgenaufnahmen einem standardisierten Format und einer einheitlichen Sprache folgen sollte (4, 6, 7). Der fehlende klinische Zusatznutzen mangelhafter Befunde für sowohl die Radiologie als auch den Patienten wurde schon damals als Problematik anerkannt. 1923 schrieb der Radiologe Charles Enfield im Journal of the American Medical Association, dass ein Bericht ohne Erläuterung der Bedeutung der aufgeführten Befunde keine große Aussagekraft habe und forderte somit eine Interpretation der beschriebenen Strukturen (6, 8). Die Befunderstellung wurde durch später entwickelte Diktiergeräte und die automatisch erzeugte Spracherkennung erheblich erleichtert (9, 10). Durch die zunehmende Digitalisierung der medizinischen Bildgebung und die technische Weiterentwicklung der Bildanalyse und Informationstechnologie änderte sich fortlaufend das Rollenbild des Radiologen. Im Gegensatz zu Zeiten der herkömmlichen analogen Röntgenaufnahmen konnte durch neue Systeme wie das Picture Archiving and Communicating System (**PACS**) und das radiologische Informationssystem (**RIS**) nun auch der zuweisende Arzt direkt Zugang zu

den Aufnahmen haben. Auf diese Weise konnten frühere Komplikationen wie ein eingeschränkter Zugriff auf Bilddaten für andere Ärzte, die verzögerte Berichtszustellung und ein erschwelter Arbeitsablauf beseitigt werden (10). Über die Jahre kamen viele technologische Innovationen und eine Progression bezüglich neuen Untersuchungstechniken, Bildmodalitäten und Bearbeitungsprogrammen, der Geräteauflösung, vielseitigeren klinischen Fragestellungen der überweisenden Ärzte, allgemeinen Fortschritten in der Wissenschaft und medizinischer Forschung und eine signifikante Weiterentwicklung der Fachrichtung Radiologie. Trotz resultierender Erweiterung des möglichen Inhaltes blieb der radiologische Befund bis heute größtenteils unverändert in seiner klassischen Freitext-Form. Ebenso stagnierte die Gliederung in eine kurze Beschreibung der zu bewertenden Strukturen, eine Befundinterpretation und eine Schlussfolgerung (11, 12). Durch fehlende genaue Vorgaben bezüglich des Inhaltes und Aufbaus, ist diese Freitext-Form allerdings sehr variabel und folglich auch fehleranfällig (13–16).

2.1.2. Vorgaben für den radiologischen Befund

Die radiologische Befundung ist ein Prozess zusammengesetzt aus der Bildinterpretation, der Anfertigung des Befundberichtes und einer abschließenden Signatur (17). Die Interpretation setzt sich dabei aus der Identifizierung auffälliger Strukturen und folgendem Festlegen einer Diagnose sowie Differentialdiagnosen zusammen (5).

Allgemein sollte jeder medizinische Befund der Kommunikation von Daten, Konzepten und Ideen zwischen ärztlichen Kollegen dienen und dies auf eine möglichst klare und eindeutige Art und Weise. Neben diesen funktionalen Anforderungen sollten auch praktische und technische Aspekte berücksichtigt werden, welche die Aktualität, die Sicherheit, das Vertrauen, die Zugänglichkeit, die Übermittlung und die Überprüfung der Daten sicherstellen (10). Um diese Ansprüche an einen Befund erfüllen zu können, müssen dabei gewisse gesetzliche und inhaltliche Vorgaben beachtet werden.

Die gesetzliche Grundlage für den Aufbau des radiologischen Befundes wird in Deutschland durch das seit 31.12.2018 vollständig in Kraft getretene Strahlenschutzrecht gebildet. Dieses setzt sich aus der 2018 veröffentlichten Strahlenschutzverordnung und dem 2017 veröffentlichten Strahlenschutzgesetz

zusammen. Darin wird die Aufzeichnung erhobener Befunde bei medizinischen Untersuchungen im Zusammenhang mit ionisierender Strahlung vorgeschrieben (18–20). Darüber hinaus werden Befundberichte auch in der Gebührenordnung für Ärzte (**GOÄ**) und im Einheitlichen Bewertungsmaßstab (**EBM**) im Abrechnungskatalog der Kassenärztlichen Bundesvereinigung (**KBV**) als essenzielle Komponente der Leistungserbringung gesehen (17, 21, 22). Die Aufzeichnungsrichtlinie des Strahlenschutzrechts legt bezüglich des Inhaltes fest, dass die Dokumentation der Untersuchungsbeschreibung, die medizinische Fragestellung und soweit aus den vorliegenden Bilddaten möglich deren Beantwortung aufgeführt werden muss (17, 18). Zudem wurde seit 2004 eine Orientierung der inhaltlichen Struktur des Befundes an der Deutschen Industrienorm (**DIN**) 6827-5 vorgeschrieben (1, 17, 21, 23). Nach dieser ist eine Gliederung des radiologischen Befundes in fünf Unterpunkte in folgender Reihenfolge vorgeschrieben: Angaben zum Patienten, optionale Angaben im Rahmen der Röntgenverordnung, Angaben zur Untersuchung, Angaben zum medizinischen Inhalt und Angaben zum Befundbericht. Fakultative Ergänzungen sind unter anderem Hinweise bezüglich weiteren und Nachsorgeuntersuchungen (17). 2018 wurde die überarbeitete DIN 25300-1 veröffentlicht, in welcher zusätzlich eine Beschreibung des bildgebenden oder bildgestützten Verfahrens, eine Erläuterung des Befundungsprozesses, eine Integrierung des Befundberichtes in den Befundungsablauf und eine Konkretisierung der Anforderungen an einen Befundbericht ergänzt wurden (24). Die European Society of Radiology (**ESR**) schlägt eine ähnliche Einteilung des Befundes in Grund für die klinische Überweisung, angewendete Technik, Befunde, Schlussfolgerung und Beratung vor. Anschließend muss jeder Befund nach einer Überprüfung elektronisch oder anderweitig signiert werden. Die Berichtlänge sollte sich dabei idealerweise an der Expertise des Zuweisers orientieren (25). Der vom American College of Radiology (**ACR**) empfohlene Aufbau gleicht ebenfalls sehr dem des ESR (26). Die Radiological Society of North America (**RSNA**) forderte zusammenfassend einheitliche, umfassende und verständliche radiologische Befunde (27).

Bereits 1998 legte Armas die fachlichen Inhaltspunkte für einen guten radiologischen Befund genau fest als die sechs „C“, welche für Clarity, Correctness, Confidence, Concision, Completeness und Consistency stehen. Nachträglich wurden Consultation und Communication als zwei weitere C ergänzt (9, 28, 29). Dabei demonstriert Clarity die Klarheit des Befundes, sodass dieser für den Überweiser gut begreiflich und

replizierbar ist. Dies bildet die Grundlage für einen akkuraten Befund mit präziser Beschreibung und Beurteilung, welcher sich eindeutig auf die klinische Fragestellung bezieht (9, 30, 31). Correctness bezeichnet die Richtigkeit des Befundes durch eine möglichst exakte Diagnose und fachliche Korrektheit (26). Confidence verdeutlicht die Sicherheit beziehungsweise die Überzeugung des Radiologen mit der er eine bestimmte Diagnose stellt. Concision steht für die Prägnanz, mit welcher die Befunde wiedergegeben werden müssen und gleichzeitig die Fähigkeit Ergebnisse ohne Einbußen in Kürze darzustellen. Dabei zeigten Untersuchungen, dass die Befundlänge je nach Vorbereitung und Überzeugungsgrad des Radiologen stark variieren kann und mit der Unsicherheit anstieg (32, 33). Eine veröffentlichte Umfrage unter amerikanischen Klinikern von Clinger et al. ergab, dass nur 38% der überweisenden Ärzte die erhaltenen Berichte vollständig las. Dies demonstriert, dass radiologische Befunde einerseits alle relevanten Merkmale enthalten müssen, andererseits jedoch so knapp und präzise wie möglich formuliert werden müssen, um Zuweiser dazu zu motivieren sie vollständig zu lesen (34). Completeness beschreibt die Vollständigkeit des Befundes. Dem Zuweiser soll es ermöglicht werden die maximale Menge an signifikanten klinischen Informationen abzuleiten, um so unter anderem Fehldiagnosen verhindern zu können (35). Consistency drückt die Beständigkeit innerhalb des Befundes aus, um sicherzustellen, dass bestimmte Komponenten wie Größenangaben oder Messwerte im gesamten Befund konstant angegeben werden und folglich Verwirrungen des überweisenden Arztes vermieden werden können. Dies kann unter anderem durch einheitliche Formulierungen unterstützt werden. Die im Nachhinein hinzugefügten Begriffe Communication und Consultation stehen für Kommunikation und Konsultation (9, 29). Durch die erhöhte Aufmerksamkeit auf medizinische Fehler und unerwünschte klinische Ergebnisse, hat die zeitnahe Kommunikation dringender und klinisch unerwarteter Befunde zunehmend an Bedeutung gewonnen und erfordert eine präzise Dokumentation innerhalb des Berichts. Die proaktive Konsultation zwischen überweisenden Ärzten, Radiologen und Patienten kann zu verbesserten klinischen Ergebnissen führen und Mängel bezüglich der medizinisch-rechtlichen Haftung minimieren (36, 37). Reiner ergänzte 2009 zusätzlich die Anforderungen Timeliness und Standardization. Timeliness deskribiert die Pünktlichkeit der Befundübermittlung, welche essenziell für ein zweckmäßiges klinisches Management ist. Durch die weit verbreitete Einführung von computergestützten Bildgebungs- und

Informationssystemtechnologien wie dem PACS ist der Zugriff auf Bilddaten heute von überall und jederzeit möglich. Gleichzeitig wird so aber auch mehr Wert auf die direkte Verfügbarkeit der Befunde von Seiten der Zuweiser gelegt. Standardization gibt die Standardisierung wieder, welche durch ein universell angewendetes Lexikon die Qualität und Akkuratheit der radiologischen Befunde und Kommunikation verbessern soll (29, 38, 39). Keines der bislang veröffentlichten Lexika wie RadLex ist jedoch vollständig und umfasst das gesamte Spektrum der Pathologien, Anatomie und Modalitäten innerhalb der medizinischen Bildgebung.

Hartung et al. forderten 2020 eine klare Differenzierung zwischen einer Befundbeschreibung, Interpretation und Schlussfolgerung. Der erste Abschnitt zu den Befunden sollte kurz und sachlich alle relevanten Strukturen und Veränderungen aufführen, ohne diese bereits zu werten. Die Interpretation beinhaltet anschließend die Deutung der aufgelisteten Beobachtungen für die Stellung einer Diagnose sowie Differentialdiagnosen und eine resultierende Behandlungsempfehlung. Sie dient dabei der direkten Kommunikation mit dem Zuweiser. Jedoch sollte nicht wiederholt eine bloße Aufreihung der Befunde und auch keine Beurteilung klinisch irrelevanter Punkte stattfinden, welche das Vorgehen des behandelnden Arztes nicht beeinflussen würden, um so Verwirrungen zu vermeiden. Schlussendlich leistet der Radiologe durch eine korrekte Berichterstattung einen signifikanten Beitrag zum weiteren klinischen Vorgehen und der Patientenversorgung. Die verwendete Sprache sollte dafür immer verständlich, einprägsam und umsetzbar sein (12).

1.2 Die strukturierte Befundung

Der radiologische Befund in seiner konventionellen Freitext-Form wurde schon zu Beginn des 20. Jahrhunderts kritisch betrachtet (7). Es entstand zunehmend der Wunsch nach einem einheitlicheren standardisierten Befund (7, 9, 40). Die ersten Erfahrungen mit der strukturierten Befundung gehen bereits auf das Jahr 1960 zurück. Die universelle Einführung des Digital-Imaging-and-Communications-in-Medicine(**DICOM**)-Standards zur Verwaltung und zum Austausch radiologischer Bildinformationen wurde im Jahr 2000 von David Clunie durch eine neue DICOM-Entität ergänzt: ein erster Entwurf für die strukturierte Befundung (41). Diese Befundvorlage gliederte und ordnete den Befund in eine Überschrift, demografische Daten der Patienten, spezifische technische

Details zum Untersuchungsablauf, Befunde sowie eine Schlussfolgerung. Des Weiteren entdeckte man die Möglichkeit Bilder direkt im Bericht zu verlinken, um die Diagnosestellung besser begründen zu können und auch die Kommunikation und Interaktion zwischen verschiedenen Computersystemen wie dem RIS, PACS und Krankenhausinformationssystem (**KIS**) sicherzustellen (41, 42). Die ersten Versuche der Etablierung der strukturierten Befundung blieben jedoch trotz technischer Weiterentwicklungen lange Zeit ohne Erfolg (11). Als Grund dafür wurden häufig Komplikationen durch uneinheitliche Ausführungen, Formulierungen und deren folglich inkonsequenten und variablen Auffassungen und Schlussfolgerungen geäußert (39, 43). Diese Problematik wollte die RSNA 2006 durch Einführung eines radiologischen Lexikons namens RadLex beheben. Das große Ziel war die Standardisierung medizinischer Begriffe und somit eine Vereinheitlichung der Terminologie (44). Das RadLex wurde von der Deutschen Röntgengesellschaft (**DRG**) bereits vollständig ins Deutsche übersetzt und auch Übertragungen in andere Sprachen wie Portugiesisch sind momentan in Bearbeitung (45, 46).

Die Etablierung der strukturierten Befundung wurde in den vergangenen Jahren durch zahlreiche Initiativen wie unter anderem der RSNA, des ACR, der ESR und der DRG erheblich unterstützt und gefördert (47, 48). Durch ihre Verwendung anstelle der konventionellen Freitext-Befundung soll eine Standardisierung und Qualitätssteigerung der Berichterstattung erreicht und zudem die interdisziplinäre Kommunikation erleichtert werden (25, 49–51).

Schon 2007 kam man auf einer Konferenz des ACR zum Entschluss, dass die strukturierte gegenüber der Freitext-Befundung die optimierte Methode darstellt, vorausgesetzt, dass das System die Produktivität des Radiologen nicht beeinträchtigt und ein Hybrid aus automatischer Spracherkennung und strukturierter Befundung ermöglicht. Darüber hinaus wurde von Berufsverbänden der Radiologie die Erstellung und Sammlung von Beispielberichten auf Grundlage eines standardisierten Vokabulars gefordert (4). Seitdem hat das ACR an der Entwicklung und erfolgreichen Einführung mehrerer Systeme der strukturierten Befundung in die klinische Routine mitgewirkt. Ein gutes Beispiel ist das bereits in die Brustkrebs-Leitlinien integrierte Breast Imaging Reporting and Data System (**BI-RADS**), welches ein Lexikon mit Beschreibungen von Bildbefunden der Brust mit jeweiligen befundangepassten Vorschlägen zum klinischen Management und der bildgebenden Nachsorge enthält (52–55). Dabei werden die mammografischen

Ergebnisse in sieben Kategorien namens BI-RADS 0 bis 6 eingestuft, durch welche das Karzinom-Risiko und die weitere Vorgehensweise direkt abgeleitet werden kann (56). Zudem umfasst das BI-RADS eine empfohlene Berichtstruktur und einen Rahmen für die Datenerfassung und -prüfung (53). Nach dem gleichen Prinzip entstanden das Liver Imaging Reporting and Data System (**LI-RADS**), Prostate Imaging Reporting and Data System (**PI-RADS**) und Coronary Artery Disease Imaging Reporting and Data System (**CAD-RADS**), welche ebenfalls ein strukturiertes Befundungsschema auf Basis empfohlener Leitlinien bieten (57–60). Laut Basset et al. wurde das BI-RADS 2003 so bereits von 93% der befragten Radiologen immer bei der Brustbildgebung und nur von 1% nie verwendet (61).

Die RSNA deklarierte die strukturierte Befundung als die ideale Technik für eine klare und organisierte Kommunikation von radiologischen Befunden (50). Zu diesem Zweck gründete die RSNA eine Befund-Initiative, welche auf der Website RadReport hunderte online abrufbare, frei zugänglichen Templates zur Verfügung stellt. Die Befund-Vorlagen werden dabei sowohl in Textformat, welches den Sprachmakros von Diktiersystemen ähnelt, als auch in Extensible Markup Language (**XML**) für die Interoperabilität mit Informationssystemen angeboten (62). Ziel ist eine Standardisierung, höhere Verständlichkeit und Befundqualität, eine einheitliche Terminologie, eine vereinfachte Datenanalyse und Kommunikation und daneben soll der Wert der radiologischen Dienstleistung für Patienten und zuweisende Ärzte demonstriert werden (63). Entgegen der von Expertengremien entwickelten und vom ACR-Rat geprüften Praxisrichtlinien des ACR, erfüllen jedoch nicht alle RSNA-Befundvorlagen automatisch die nationalen Standards. Sie können von Radiologen individuell angepasst werden, um ihre klinischen Anforderungen in der Praxis zu erfüllen (62). Die Erstellung von Templates sollte idealerweise aktuelle Leitlinien und Empfehlungen radiologischer Fachgesellschaften berücksichtigen und vor ihrer Veröffentlichung einem mehrstufigen Review-Prozess unterliegen (64).

Deshalb werden Befundvorlagen des im Jahr 2017 gegründeten Arbeitskreis Strukturierte Befundung innerhalb der Arbeitsgemeinschaft Informationstechnologie (**AGIT**) der DRG im Zuge eines fachübergreifenden Konsensprozesses erstellt. Dafür legen pathologie- und organspezifische Arbeitsgemeinschaften als ersten Schritt den medizinischen Inhalt unter Berücksichtigung internationaler Konsensempfehlungen und Leitlinien fest. Diese vorläufigen Muster werden im Anschluss in Zusammenarbeit mit

anderen medizinischen Fachgebieten evaluiert, um die Wünsche der Zuweiser weitgehend berücksichtigen zu können. Erst nach Durchlauf dieses Prozesses werden die Templates kostenlos auf der Website der DRG zur Verfügung gestellt. Momentan wird an der weiteren Integrierung der übersetzten RadLex-Terminologie in die Befundvorlagen gearbeitet (46).

Bereits Anfang des 21. Jahrhunderts erklärte die ESR zusammen mit dem eHealth and Informatics Subcommittee das Thema strukturierte Befundung zu einem der Schwerpunkte der radiologischen Informationstechnologie (**IT**). Zusammen mit der RSNA organisierte die ESR die RSNA/ ESR Structured Reporting Initiative sowie das gemeinsame Komitee Template Library Advisory Panel (**TLAP**). Dieser Ausschuss ist an der Entwicklung und Bereitstellung multilingualer Befundvorlagen auf der von der RSNA betriebenen Website RadReport sowie deren Überprüfung auf Mindestanforderungen beteiligt. Bei Bestehen des Testes erhält das jeweilige Template im Anschluss den Status „TLAP endorsed“, was 2021 bereits 263 englisch- und 5 deutschsprachige Vorlagen erreicht hatten. Doch schon im Jahr 2015 machte die RSNA/ ESR Structured Reporting Initiative darauf aufmerksam, dass eine weite Einführung der strukturierten Befundung und das Nutzen ihrer Vorzüge nur unter der Voraussetzung einer Mitwirkung und Unterstützung durch die Industrie möglich wäre. Diese muss Systeme und Tools ausarbeiten, welche die Produktivität, Effizienz und gewohnte Arbeitsweise der Radiologen nicht negativ beeinträchtigen. So versuchen heute mehrere Anbieter die strukturierte Befundung durch Softwares und Websites wie Smart Reporting neben klinischen Studien auch für den praktischen Alltag zugänglich zu machen, wobei diese häufig noch keine vollständige Erfüllung der Standards der bereitgestellten Befundvorlagen der DRG, ESR oder RSNA erreichen können (46).

Trotz allgemeiner Befürwortung der strukturierten Befundung, konnte sie sich heute noch nicht weitläufig durchsetzen. Laut Faggioni et al. verwendeten 2006 in Italien 56% der befragten 1159 Radiologen bei der Arbeit nie die strukturierte Befundung, obwohl 87% ihrer Einführung gegenüber grundsätzlich nicht abgeneigt wären (65). Eine Studie von 2015 aus den Vereinigten Staaten zeigte durch eine bundesweite Umfrage unter 265 Radiologen, dass nur 51% die strukturierte Befundung regelmäßig und 33% sie selten einsetzten (66). Zukünftig kann dennoch eine zunehmende Etablierung erwartet werden (67, 68). In Fachgebieten wie der Onkologie, Gastroenterologie, Angiographie und Kardiologie ist die strukturierte Befundung beispielsweise bereits weiter verbreitet

(38, 67, 69). Aufgrund der heterogenen Studienlage und Schwierigkeiten bezüglich eines optimalen Studiendesigns besteht derzeit allerdings durch einen Mangel an hochqualitativen Forschungen auf diesem Gebiet die Notwendigkeit für weitere Untersuchungen zur Analyse der langfristigen Auswirkungen und Vorteile der strukturierten Befundung (70).

1.2.1 Formen der strukturierten Befundung

Je nach Autor wird die strukturierte Befundung und ihre verschiedenen Formen unterschiedlich definiert. Der Begriff strukturierte Befundung demonstriert bereits, dass die Befunde strukturierter als konventionelle Freitext-Befunde aufgebaut sein sollen, jedoch nicht zu welchem Ausmaß.

Laut ESR basiert die strukturierte Befundung auf einer einheitlichen Sprache und Struktur. Sie definiert allerdings nicht die strukturierte Befundung an sich, sondern greift lediglich auf die Einstufung nach Weiss et al. zurück (71, 72). Diese Aufschlüsselung in drei Grade wird auch offiziell auf der Website der DRG empfohlen (73). Weiss et al. unterscheiden drei Level der strukturierten Befundung (38). Das erste beschreibt eine systematische und thematische Strukturierung in verschiedene Abschnitte, welche in sich wiederum nicht organisiert sind (73). Dabei wird ein Freitext-Befund durch Absätze, Überschriften und Unterüberschriften gegliedert, welche die schnelle Informationsextraktion erleichtern sollen. Diese Form wird bereits von den meisten erstellten Befunden durch eine Unterteilung in klinische Daten, Untersuchungsparameter, radiologische Befunde und eine Schlussfolgerung erfüllt, allerdings in der Praxis heute weiterhin größtenteils als Freitext-Befund eingestuft (38). Das zweite Level greift daneben auf vordefinierte Textbausteine zurück und verwendet kategorisierte Diagnosen zum Gewährleisten einer konsequenten Organisation. Das durch die Textelemente zusammengesetzte Basisdokument kann auf dieser Stufe zusätzlich durch Freitextpassagen ergänzt werden. Diese Form wird häufig im Sinne eines standardisiert gegliederten Templates umgesetzt, bei welchem Informationen konsistent in einer sinnvollen Reihenfolge angeordnet werden, um so relevante Aspekte direkt hervorzuheben (38, 72, 73). Templates sind baumartig-verzweigte, strukturierte Befundvorlagen, welche eine Orientierung bezüglich des Aufbaus und Inhalts bei der Befunderstellung bieten sollen und konnten bereits mehrfach erfolgreich sowohl im

Rahmen von Studien als auch im klinischen Alltag praktisch eingesetzt werden (74, 75). Die standardisierte Struktur dient dabei als Leitfaden oder Checkliste, sodass keine relevanten Inhaltspunkte übersehen werden (72). Bei Stufe drei wird die Wortwahl auf kontrollierte standardisierte Vokabularien mit abrufbaren Datenelementen aus Lexika oder Ontologien eingeschränkt (17, 38). Über eine vordefinierte, klassifizierte Terminologie gelingt eine deutliche Präzisierung der Befunde. Ein gutes Beispiel hierfür ist das RadLex Projekt mit einer Datenbank von über 45000 radiologischen und medizinischen Begriffen mit jeweiliger Begriffsdefinition, eindeutigem Identifikationscode und teils auch Akronymen sowie Synonymen (44, 45, 73). Dieses Level gilt derzeit als die empfohlene Form der strukturierten Befundung (76).

Diese Unterteilung nach Weiss et al. trifft jedoch sowohl auf die standardisierte als auch die strukturierte Befundung zu, welche klar voneinander abgegrenzt werden müssen. Bereits über hundert Jahre zuvor forderte Hickey eine Vereinheitlichung der radiologischen Berichterstattung und Nomenklatur zur Verbesserung der klinischen Wertigkeit und wissenschaftlichen Genauigkeit der Befunde (77). Diese Standardisierung konnte bezogen auf die Terminologie, das Format und den medizinischen Inhalt bereits zum Teil umgesetzt werden. Die standardisierte Befundung kann als Mittel zur Rationalisierung des medizinischen Inhaltes eines radiologischen Befundes definiert werden. Sie stellt somit allerdings kein Mittel zur Vereinfachung des Befundungsprozesses an sich, sondern eine Vereinbarung zur Vereinheitlichung des Inhaltes dar. Demnach ist sie eine wichtige Voraussetzung, um den klinischen Nutzen durch die strukturierte Befundung zu maximieren (71). Die strukturierte Befundung hingegen soll dem Radiologen die Befundung durch prädefinierte Vorlagen wie Templates oder Checklisten erleichtern. Die Reduktion der Variabilität und die Erhöhung des klinischen Nutzens formaler radiologischer Interpretationen gelingt dabei durch den Einsatz von Computer-Tools (78). So definieren Nobel et al. die strukturierte Befundung als Verwendung eines durch Informationstechnologie gestützten Mittels, mit dessen Hilfe medizinische Inhalte in den Befund importiert und angeordnet werden können. Dabei wird die strukturierte Befundung als der Prozess der Berichterstellung mittels IT gesehen (71). Nach Nobel et al. ergibt das erste Level nach Weiss et al. durch die Verwendung von Makros oder Templates lediglich ein strukturiertes Layout, welches Befunde in einer vordefinierten Anordnung präsentiert. Das zweite Level stellt durch einen strukturierten Inhalt die strukturierte Befundung im eigentlichen Sinne dar,

welcher auf bestimmte Art und Weise arrangiert und angezeigt wird. Dies kann beispielsweise in Form von Dropdown-Menüs, Point-and-Click-Systemen oder Auswahllisten geschehen. Das IT-basierte Computer-Tool unterstützt dabei beim ersten Level die Gestaltung des Befundes nach einem bestimmten Layout und beim zweiten Level konstruiert es den Befund durch Einfügen von vordefiniertem medizinischen Inhalt (71).

Derzeitig haben sich hauptsächlich vier Formen der strukturierten Befundung etabliert. Die erste und simpelste Form sind Checklisten, bei welchen Ärzte eine vorgegebene Aufreihung mit zu inkludierenden Elementen für den Befund folgen. Dies sichert die Beinhaltung aller relevanten Informationen ab und minimiert folglich Fehler und Auslassungen (78, 79). Templates sind die zweite Form, welche prädefinierte Vorlagen mit verschiedenen auswählbaren Optionen und wahlweisen Freitext-Feldern für verschiedene Informationsarten darstellen. Die Layouts können dabei so angepasst werden, dass sie jeweils nur die relevanten Punkte für einen bestimmten Befundtyp oder eine spezifische Untersuchungsart aufführen (63, 80). Als dritte Form gelten standardisierte Terminologien, welche zu einer einheitlichen, verständlicheren Sprache zur Beschreibung von Strukturen und Pathologien führen. So resultierte beispielsweise das RadLex der RSNA in homogenen Befunden (44). Die letzte Form sind Softwares, welche oftmals Elemente der drei anderen Formen enthalten. Die Computerprogramme können dabei einen Rahmen für die Berichterstellung durch beispielsweise Checklisten, Templates und vereinheitlichte Terminologien erzeugen und somit die Effizienz des Befundungsprozesses der Kliniker steigern. Softwarebasierte Befundungssysteme können darüber hinaus auch Sprecherkennungssysteme mit Befundvorlagen im Sinne interaktiver Entscheidungsbäume vereinen und somit den Umstieg von der Freitext- zur strukturierten Befundung erleichtern (64).

Die Kombination von klinischen Datensystemen und radiologischen Befunden gewinnt zunehmend an Bedeutung und ermöglicht die Ergänzung radiologischer strukturierter Befunde mit klinischen Daten, technischen Parametern, Messwerten, spezifischen diagnostischen Kriterien, wissenschaftlich evaluierten Skalen, relevanten Bildern oder anderen Multimedia-Dateien. Dadurch können diagnostische und therapeutische Entscheidungen und Empfehlungen basierend auf radiologischen, die Prognose beeinflussenden Kriterien und dem Stadium der Erkrankung selbst gefällt werden (25, 52, 54, 55, 58–60). Umgekehrt könnten Angaben zur Bildmodalität und untersuchten

Körperregion durch Kopplung mit dem PACS oder dem RIS der direkten Auswahl geeigneter Befundvorlagen dienen. Momentan sind webbasierte Befundungssysteme jedoch noch häufig vollständig von klinischen Informationssystemen getrennt, sodass deren Informationen nicht automatisch eingefügt werden können. (64). Voraussetzung für eine Vereinigung der Systeme wäre ein zugängliches universelles Format, um die Informationen aus den Befunden analysierbar und in andere Softwares integrierbar zu machen (50).

1.2.2 Diskutierte Aspekte der aktuellen Studienlage

1.2.2.1 Vollständigkeit

Die strukturierte Befundung kann zu vollständigeren Befunden führen, da der Radiologe durch den Aufbau im Sinne eines Templates mit möglichen Pflichtfeldern oder einer interdisziplinär abgestimmten Checkliste systematisch durch die Befundung geführt wird und dabei angehalten ist alle enthaltenen Punkte nacheinander zu überprüfen und bewerten. Eine Befund-Vorlage dient dem Radiologen als Leitfaden, wodurch die Wahrscheinlichkeit wichtige Deskriptoren zu übersehen gesenkt wird und es zu einer effektiven Minimierung von Fehlerquellen kommt (13, 14, 78). Der Befundungsprozess wird dadurch unabhängiger vom emotionalen und geistigen Zustand durch beispielsweise Stress, Müdigkeit und Schlafentzug, da sich durch die vorgegebenen Auswahlmöglichkeiten weniger auf das Gedächtnis verlassen werden muss (79). Das Aufzählen auch unauffälliger, negativer Befunde dabei wird von zuweisenden Ärzten präferiert, da dies ihnen eine vollständige, konsistente und gründliche Arbeitsweise des Radiologen versichert (14, 30, 81, 82). Ohne ein strukturiertes Vorgehen neigen Radiologen häufig dazu, sobald sie eine Pathologie gefunden haben, welche mit den klinischen Symptomen des Patienten vereinbar ist, aufzuhören nach weiteren möglichen Ursachen zu suchen (83). Dadurch kann es zum Übersehen des eigentlichen Auslösers oder anderen zusätzlichen Läsionen in der Aufnahme kommen (79).

Zahlreiche Studien demonstrieren die Überlegenheit von strukturierten Befunden (von englisch: Structured Reports (**SRs**)) gegenüber Freitext-Befunden (von englisch: Non-Structured Reports (**NRs**)) bezüglich der Vollständigkeit. So zeigte 2021 eine Publikation von Geyer et al. eine signifikant höhere Vollständigkeit durch die strukturierte Befundung bei der kontrastmittelverstärkten Ultraschalluntersuchung von

hepatozellulären Karzinomen. Dabei fehlten bei nur 2% der SRs und dem gegenüber bei 31% der NRs mindestens ein relevantes Schlüsselmerkmal (57). Eine Untersuchung von Lin et al. verglich SRs und NRs von Halswirbelsäulen-Computertomographien (**CT**) und konnte dabei eine statistisch signifikante Reduktion der übersehenen Befunde von 17,6% auf 11,9% und auch insbesondere der übersehenen Nicht-Fraktur-Befunde von 28,3% auf 9,3% durch Verwendung einer checklistartigen Befund-Vorlage feststellen (15). Ebenso entdeckten Quattrocchi et al. bei der Analyse von 3000 Magnetresonanztomographien (**MRT**) der Lumbalwirbelsäule bei 68,6% der SRs extraspinale Befunde, von welchen 17,6% klinisch relevant waren oder eine weitere Abklärung erforderten (84). Und auch Künzel et al. konnten für Hals- und Kopfsonographien eine Steigerung der Dokumentationsvollständigkeit von 77% auf 88,5% durch SRs erfassen (85).

Eine ältere Publikation von 2010 von Johnson et al. resultierte hingegen in weniger vollständigen und akkuraten Befunden durch die strukturierte Befundung. Die Vollständigkeit wurde bei SRs mit nur 54,3/100 gegenüber 68,7/100 Punkten bei NRs bewertet. Daraus lässt sich schließen, dass nicht jede Form der strukturierten Befundung automatisch zu einer höheren Vollständigkeit führt und jede Methode einzeln untersucht werden muss (74). Denn obwohl durch strukturierte Befundung komplettere, präzisere, einheitlichere, verständlichere und korrektere Befunde generiert werden können, kann eine falsche Umsetzung auch zu verringerter Akkuratheit und Vollständigkeit führen (67, 74).

Darüber hinaus besteht oftmals die Befürchtung einer exzessiven Simplifizierung mit einer falschen Annahme von Korrektheit und Vollständigkeit beim Bearbeiten der Auswahlmöglichkeiten eines Templates, welches eventuell nicht optimal auf den individuellen Fall abgestimmt wurde und wichtige Unterpunkte wie eine seltenere Pathologie nicht aufführen könnte. Auch komplexe Sachverhalte könnten so im ungünstigsten Fall mit einer vermeintlichen Leichtigkeit ohne wirkliches Verständnis für die dahinterstehende Radiologie bearbeitet werden und folglich zu fehlenden relevanten Informationen führen (49, 86, 87). Begleitende Hinweise und Erklärungen innerhalb der Befundvorlagen und Programme könnten dieser Problematik jedoch teilweise entgegenwirken.

1.2.2.2 Verständlichkeit und Klarheit

Von zuweisenden Ärzten werden strukturierte gegenüber Freitext-Befunden überwiegend aufgrund einer besseren Verständlichkeit bevorzugt, was durch zahlreiche neuere Studien belegt werden konnte (53, 88–91). Diese Präferenz wird unter anderem damit argumentiert, dass durch die strukturierte Herangehensweise mithilfe von Templates und Checklisten auch negative Befunde dokumentiert werden und folglich durch das Ansprechen von sowohl pathologischen als auch nicht pathologischen Punkten der Inhalt der Befunde verbessert und die Klarheit des Lesers erhöht wird (92–94). Eine weitere Begründung ist die standardisierte vorgegebene Terminologie ohne undefinierte Abkürzungen, mit reduzierter Zweideutigkeit und letztendlich schlüssigeren Befunden (49, 72, 95). Zudem ist man eher dazu angehalten sich durch die vorgeschriebenen Auswahlmöglichkeiten unmissverständlich festzulegen, was Unschärfen reduzieren kann (96). Die Eindeutigkeit des Befundes ist dabei gleichzeitig eine essenzielle Voraussetzung für eine akkurate interdisziplinäre Kommunikation (5).

Sowohl bezüglich der Verständlichkeit als auch der Klarheit existieren bereits zahlreiche Publikationen, wobei NRs sowohl einzeln betrachtet als auch im Vergleich mit SRs im Schnitt erheblich schlechter abschneiden. So ergab eine ältere Studie aus dem Vereinigten Königreich eine Bewertung der Klarheit konventioneller Freitext-Befunde mit nur 6.7/10 Punkten (94). In einer anderen internationalen Umfrage unter Klinikern und Allgemeinärzten hatten 22,5% der Teilnehmer bei NRs Probleme zu verstehen, was genau der Radiologe vermitteln wollte und 26,8% gaben an, dass einfache Befunde häufig zu kompliziert ausgedrückt werden. Nur 50,1% der Befragten empfanden die verwendete Sprache der konventionellen Freitext-Befunde als klar (97). Und auch bei einer Untersuchung von Clinger et al. gaben 40% der teilnehmenden Zuweiser an, dass die erhaltenen Berichte gelegentlich verwirrend seien (34).

Bezüglich strukturierter Befundung zeigte eine Publikation von Ghoshhajra et al. hingegen eine signifikant bessere Verständlichkeit von SRs gegenüber NRs, wodurch eine präzisere Einschätzung des Ausmaßes der Koronararterien-Stenosen durch die zuweisenden Ärzte ermöglicht wurde (91). Im Rahmen einer Untersuchung von Buckley et al. sollten 148 Mitglieder von zwei nationalen Ärztevereinigungen nach dem Lesen verschiedener CT- und MRT-Befunde Multiple-Choice-Bögen mit aufgelisteten möglichen Diagnosen zu den Befunden ausfüllen, ohne sie jedoch nochmals anschauen

zu dürfen, um zu testen wie viele relevante Informationen aus SRs und NRs jeweils in Erinnerung bleiben. Dabei führten 4,5% der SRs und 16,7% der NRs zu fehlerhaft angekreuzten Diagnosen. Die durchschnittliche Erinnerungsrate an kritische Diagnosen lag bei SRs bei 82,7% und bei NRs nur bei 65,1%. Außerdem lag der durchschnittliche Prozentsatz der Erinnerung an alle relevanten Diagnosen im Befund bei SRs mit 64,3% höher als bei NRs mit nur 59,0%. Die bessere Verständlichkeit eines strukturierten Befundformates und einer standardisierten Terminologie kann demnach auch die Erinnerungsrate an relevante Befundinhalte signifikant beeinflussen (90).

Doch auch in puncto Klarheit und Verständlichkeit existieren insbesondere ältere Veröffentlichungen, welche das Gegenteil belegen. So die Studie von Johnson et al. von 2010, bei welcher SRs mit einer Klarheit von 4,9 und NRs mit 5,1 von 6 bewertet wurden und somit keine signifikante Differenz festgestellt werden konnte. Begründet wurde dies mit einer verwirrenden Syntax sowie unbekannten Begriffen in den SRs. Daneben spielen individuelle Präferenzen der Kliniker bezüglich des Formates eine große Rolle (98).

Häufig werden auf Seiten der Kritiker zudem Bedenken geäußert, dass durch strukturierte Befund-Vorlagen die Notwendigkeit einem klaren Denkprozess zu folgen verloren geht und folglich die Klarheit des Denkens beeinträchtigt werden könnte, welche für die Erstellung eines sinnvollen Befundes erforderlich ist. Diese Vorbehalte sind allerdings nur gerechtfertigt, wenn man davon ausgeht, dass alle Freitext-Befunde in klarer, geordneter Sprache und Struktur verfasst werden. In der Realität hat der Befundungsprozess in der Lehre jedoch an Bedeutung und Aufmerksamkeit verloren, wodurch insbesondere angehende Radiologen gegenüber älteren, erfahreneren Kollegen weniger Befähigungen haben schlüssige, eindeutige diktierter Freitext-Befunde zu erstellen. Durch Templates generierte Befunde von auszubildenden Radiologen hingegen sind durch den gegebenen Leitfaden beim Befundungsprozess konsistenter und vollständiger als je zuvor (4).

1.2.2.3 Kommunikation

Laut Physician Insurers Association of America gehören Kommunikationsfehler zu den fünf häufigsten Gründen, weshalb Radiologen für Behandlungsfehler angeklagt werden (99, 100). Es wurde wiederholt festgestellt, dass eine unzureichende Übermittlung von Untersuchungsergebnissen eine der Hauptursachen für Patientenschäden und infolgedessen Rechtsstreitigkeiten gegen Radiologen ist (35, 83, 101, 102). Eine

landesweite Umfrage im Jahr 2013 in den Vereinigten Staaten von Amerika ergab, dass die ungenügende Mitteilung von Ergebnissen durch fehlerhafte Kommunikation nach Fehlern bei der Diagnosestellung und Verfahrenskomplikationen die dritthäufigste Ursache für Kunstfehler-Klagen gegen Radiologen darstellte (102). Bereits 1997 war in den Vereinigten Staaten das Versagen des Informationsaustausches der vierthäufigste Grund für Anklagen gegen Radiologen, wobei 60% aus der versäumten Übertragung dringender oder unerwarteter abnormaler Befunde resultierte (103). Dies zeigt, dass die unzureichende Kommunikation in der Radiologie eine seit Jahrzehnten bestehende Problematik widerspiegelt. Durch die zunehmende Komplexität und Menge an klinischen Daten steigt das Potenzial für Kommunikationsfehler immer weiter (10). Umso wichtiger ist daher eine suffiziente Methode für radiologische Abteilungen zur sicheren Übermittlung dringender Befunde an Überweiser, ebenso wie eine Aufzeichnung und Bestätigung dieses Austausches (104).

Die Arbeit eines Radiologen inkludiert neben der Bildbefundung auch die effektive interdisziplinäre Interaktion. Da der radiologische Befund das Hauptkommunikationsmittel zwischen Radiologen und zuweisenden Ärzten beziehungsweise Patienten darstellt, besteht die Notwendigkeit ihn an die spezifischen Bedürfnisse der jeweiligen Zielgruppe anzupassen (29, 80, 95). Dabei kann eine organisierte Gliederung und einheitliche Sprache in Systemen der strukturierten Befundung leichter umgesetzt werden und somit zu einer verbesserten fachübergreifenden Kommunikation wichtiger und auch seltenerer Auffälligkeiten führen (92). Im Bereich der Onkologie wurden in Zusammenarbeit von Radiologen, Chirurgen und Onkologen Templates entwickelt, wodurch die damit generierten Befunde direkt alle relevanten Details für das Tumor-Staging, die Resektabilität des Karzinoms, die nachfolgende Therapieentscheidung und die Prognose enthielten. Die anschließende Kommunikation zwischen verschiedenen Disziplinen und Gesundheitsdienstleistern konnte durch die eindeutigen und präzisen SRs deutlich vereinfacht und somit auch indirekt die Patientenversorgung erheblich verbessert werden, da verzögerte Diagnosestellungen aufgrund von Unklarheiten und Kommunikationsfehlern signifikant reduziert werden konnten und die Wahl des optimalen weiteren therapeutischen Vorgehens leichter und mit größerer Sicherheit getroffen werden konnte (105–108).

Darüber hinaus brachte das Einfügen der strukturierten Befundung in Informationssysteme wie das PACS deutliche Vorteile im Austausch mit Zuweisern insbesondere in Bildungszentren mit sich, da dadurch leicht Links mit beispielsweise relevanten Bilddaten oder Laborbefunden in die SRs integriert werden können. Die Multimedia-Befunde werden folglich begreiflicher, klarer und die resultierende Notwendigkeit von Abklärungen zwischen Ärzten und Radiologen kann auf ein Minimum reduziert werden (76). Doch auch die Interaktion mit den Patienten wird durch integrierte Aufnahmen erleichtert, da der Arzt dadurch das Krankheitsbild in Zusammenspiel mit den Inhalten des Berichtes anschaulicher und nachvollziehbarer erläutern kann (95). Dabei kann das Zeigen eines Bildes die relevanten Informationen häufig begreiflicher vermitteln als eine lange Beschreibung mit für den Patienten unbekannten medizinischen Begriffen (109). Bei der Kommunikation zwischen Arzt und Patient wird die direkte Übermittlung von Befunden und Auffälligkeiten noch kontrovers diskutiert (103). Sie wird zukünftig aber sehr wahrscheinlich an Bedeutung gewinnen, da Patientenvertretungen zunehmend den direkten Zugriff auf Daten und eine unmittelbare Beratung durch medizinische Anbieter inklusive der Radiologen fordern (10). Leichtfertige Formulierungen und unangebrachte Sprache sollten daher vermieden werden und stattdessen Befunde korrekt, präzise und verständlich ausgedrückt werden (110).

1.2.2.4 Lehre

Einer Untersuchung zufolge erhielten Ende des 20. Jahrhunderts 98% der in den USA ansässigen Radiologen im Rahmen ihrer Ausbildung keine formelle Unterweisung in der radiologischen Befundung bezüglich Inhalt und Struktur (4). Als Hauptgrund der unzureichenden Instruktion in diesem Bereich wurde die Uneinigkeit darüber, was einen guten Befund ausmacht, gesehen (32). Zudem wurde im Fall einer Instruktion oftmals nur der Inhalt und nicht ein angemessener Stil der Berichterstattung angesprochen, welcher jedoch maßgeblich für die Klarheit, Kürze und Lesbarkeit eines Befundes ist (32, 111). 2004 ergab eine Umfrage in den Vereinigten Staaten, dass 86% der Auszubildenden in radiologischen Facharztpraxen jährlich im Schnitt nicht mehr als eine Stunde didaktische Einweisung bezüglich der radiologischen Befundung erhielten (112). Trotz der großen Bedeutung des Befundes als medizinisch-rechtliches Dokument und dem Bedarf an formaler Schulung erwirbt der Großteil der angehenden Radiologen ihre Arbeitsweise bei der Berichterstattung überwiegend passiv und unbewusst, indem sie

Befunde ihrer älteren Kollegen in ihrer Ausbildung lesen, die dabei verwendete Sprache und Struktur mit kleinen Anpassungen übernehmen und überwiegend deren Stil imitieren. Dieser Prozess wird teils durch gelegentlich gegebenes Feedback von erfahreneren Radiologen am Arbeitsplatz beeinflusst (12). Die optimale Ausbildung eines Radiologen sollte allerdings eine didaktische Anleitung, beaufsichtigtes Üben und die strenge Bewertung der generierten Befunde in einem umfassenden Befundungsprogramm umfassen, um so die Berichterstellungsfähigkeiten verbessern zu können (78). Die Überarbeitung von durch auszubildenden Radiologen erstellten Befunden durch erfahrenere Kollegen konnte die Klarheit, Kürze, Lesbarkeit und Gesamtqualität des Befundungsstiles maßgeblich steigern. Daraus lässt sich schließen, dass dessen Elemente grundsätzlich erworben und auch sinnvoll gelehrt werden können. Zudem legt es nahe, dass während der Ausbildung mehr Wert auf stilistische Aspekte der radiologischen Befundung gelegt werden sollte, um die Qualität der Ausdrucksweise verbessern zu können (113).

Laut einer Untersuchung von 2011 fordern 92% der Kliniker und 95% der Radiologen, dass die strukturierte Befundung ein obligatorischer Bestandteil der Facharztausbildung sein sollte (97). Die strukturierte Befundung kann beim Lernprozess der radiologischen Befundung eine große Hilfe darstellen. Templates und checklisten-basierte Vorlagen stellen sicher, dass alle relevanten Inhaltspunkte bewertet werden. Dies resultiert nicht nur in einer höheren Vollständigkeit, sondern kann gleichzeitig junge unerfahrene Radiologen durch die vorgegebene Struktur beim Befundungsprozess unterstützen. Darüber hinaus kann es ihnen gegenüber der Freitext-Befundung erleichtern klar zwischen Befundbeschreibung und deren Interpretation zu differenzieren und somit einen einheitlichen Aufbau einzuhalten (12). So konnten mehrere Publikationen bestätigen, dass insbesondere bei unerfahreneren Klinikern die strukturierte Befundung zu vollständigeren, gründlicheren und verständlicheren Befunden führte, da während der Berichterstellung automatisch auf die Dokumentation aller bedeutsamen Inhalte und die korrekte Benennung und Beschreibung anatomischer Strukturen und Pathologien durch ein vordefiniertes Vokabular geachtet wird (29, 72, 114, 115).

Des Weiteren kann die Verwendung von Befundvorlagen zum schnelleren Erwerb wesentlicher Kenntnisse in der medizinischen Lehre führen und die Lernkurven der Auszubildenden optimieren. Im Rahmen einer Studie von Ernst et al. resultierte die Verwendung eines Templates bei Kopf- und Nacken-Ultraschall-Untersuchungen in

einem beschleunigten Prozess der Aneignung von Sonografie-Fachwissen (116). Collard et al. konnten zeigen, dass auszubildende Radiologen mithilfe der strukturierten Befundung durch eine schrittweise Herangehensweise an den Befund und Vorgaben bezüglich Struktur und Inhalt, ihre Befundqualität maßgeblich steigern konnten (115).

Doch neben den Radiologen können auch die Bildbewertungsfähigkeiten des Zuweisers durch SRs verbessert werden. Insbesondere Echokardiografie- und Sonografie-Aufnahmen werden häufig nicht mit dem Befund versendet und sind durch Ärzte mit weniger Ultraschall-Kenntnissen und -Erfahrungen nur schwer auszuwerten. Durch die strukturierte Befundung kann an jedes im Template ausgewählte pathologische Merkmal direkt ein korrelierendes Schlüsselbild angehängt werden, sodass die Kommunikation mit Kollegen durch die bessere Anschaulichkeit und Verständlichkeit deutlich vereinfacht werden könnte (117). Während Bilder parallel entziffert und direkt ins Langzeitgedächtnis übernommen werden, werden Wörter nacheinander verarbeitet und zunächst im Kurzzeitgedächtnis abgespeichert. Zudem kamen Untersuchungen zum Schluss, dass Menschen visuelle Daten 60000-mal schneller verarbeiten können als Textinformationen. Durch in Befunde eingefügte Bildaufnahmen werden die Berichte somit nicht nur begreiflicher und verbessern die Kommunikation, sondern bleiben auch länger in Erinnerung (118). Die von Zuweisern präferierten Multimedia-Berichte mit idealerweise zugleich integrierten Bildgebungs-, Befund- und klinischen Daten können die Vermittlung des Gesamteindrucks und der zeitlichen Veränderung einer Pathologie stark vereinfachen (119, 120). So belegte eine Publikation von Nayak et al. ein großes Interesse der überweisenden Ärzte an in Textbefunden eingebetteten Bildern durch eine infolgedessen vereinfachte Interaktion mit dem Radiologen, eine gesteigerte Verständlichkeit, eine verbesserte Patientenversorgung und letztendlich einer höheren Zufriedenstellung (119).

Die strukturierte Befundung unterstützt durch die Standardisierung von Gliederung, Inhalt und Terminologie das Data Mining und folglich neben der Forschung auch die Lehre durch eine erleichterte Recherche nach spezifischen Begriffen und gemeinsamen Datenelementen von Berichten innerhalb von Datenbanken (121). Dies bildet eine ausgezeichnete Lehrmöglichkeit für beginnende Radiologen, welche somit Zugriff auf alle möglichen Befunde mit zugehörigen Bilddaten zu den verschiedensten Untersuchungsarten, Pathologien und anatomischen Strukturen erhalten und innerhalb dieser Datenmengen Dokumentationen zu bestimmten Pathologien schneller auffinden

können. Somit können Auszubildende beispielsweise das Erkennen seltenerer Krankheitsbildern üben und ihre diagnostischen Kenntnisse erweitern (117).

1.2.2.5 Effizienz, Workflow und Befundungszeit

Zu den häufigsten genannten Argumenten gegen die strukturierte Befundung zählen die verminderte Effizienz, die Befundrigidität und die zeitintensive Berichterstellung (29, 38, 49, 66, 67, 74).

Die Workflow-Effizienz ist sehr individuell und abhängig von der Art der Einführung der strukturierten Befundung. Insbesondere für ältere Radiologen stellt sich die Anpassung an neue Systeme und Technologien als komplizierter dar und verändert den von ihnen über Jahre erworbenen Arbeitsablauf. Die Etablierung der strukturierter Befundung stellt einen von guter Führung und Organisation abhängigen Prozess dar, damit diese Neuerung für betroffene Radiologen so einfach wie möglich gestaltet werden kann (29, 122, 123). Die Produktivität ist neben individuellen Faktoren zudem stark abhängig vom Design und Aufbau des Befundsystems. Die Vereinigung einer benutzerfreundlichen Oberfläche und der gleichzeitigen möglichen Interaktion mit anderen Systemen und Programmen wie dem PACS erschweren die Umsetzung (45, 51, 122–124). Allgemeine Aussagen über die Effizienz der strukturierten Befundung sind nicht leicht zu treffen, da sie je nach System, Plattform und Template durch unterschiedliche Software-Benutzerfreundlichkeit, Inhalt und Aufbau stark variieren kann (74, 125).

Der bisher gängige Workflow wird oftmals als gefährdet betrachtet, da neue Formen der Befundung durch Templates oder Computerprogramme zu einer zu großen Ablenkung des Radiologen führen und somit die Befundqualität und Produktivität senken und die Anzahl übersehener Pathologien erhöhen könnten (74, 83). Bei MRT-Untersuchungen des Gehirns ergab eine Studie von Johnson et al. eine reduzierte Genauigkeit und Vollständigkeit der SRs gegenüber den NRs bei gleichzeitig höherer Befundungszeit und Umständlichkeit. Als Grund hierfür wurde die enge Interaktion mit dem Computer mit daraus resultierender Ablenkung verglichen zur automatischen Spracherkennung bei NRs genannt (74). Durch zu rigide Templates im Checklisten-Stil kann die Aufmerksamkeit zu stark auf die Befund-Vorlage als das eigentlich zu befundende Bild gelenkt werden. Dies führt zu mehr übersehenen Pathologien und reduzierter Produktivität (83). In der Vergangenheit konnte bei der Implementierung des PACS eine anfangs ebenfalls erhöhte Ablenkung durch die vielen Bildschirmsymbole und die

Computer-Maus festgestellt werden (126). Und auch bei der Einführung der automatischen Spracherkennung ergab sich zu Beginn eine ähnliche Problematik. Letztendlich führten diese Innovationen jedoch zur einer maßgeblichen Produktivitätssteigerung in der Radiologie, weshalb man auch der strukturierten Befundung eine Eingewöhnungsphase im Arbeitsablauf gewähren sollte (9, 74, 127, 128).

Die wenigen Veröffentlichungen, welche den Zeitverbrauch von SRs und NRs verglichen, bezogen sich meist auf die Zeit für die Befunderstellung, da diese in der Radiologie häufig als das Maß der Produktivität gesehen wird und die dadurch resultierende Pünktlichkeit der Befundübermittlung einen besonders hohen Wert für die zuweisenden Ärzte hat (129–131). Kurze Bearbeitungszeiten durch schnelle Berichterstellung und -übermittlung stellen heute das Merkmal für eine leistungsstarke Abteilung dar, wobei der enorme Zeitdruck der Radiologen dabei oftmals zu einer verminderten Befundqualität führen kann (10).

Mehrere Publikationen wie von Bell et al. und Ernst et al. belegten bezogen auf Ultraschalluntersuchungen einen höheren Zeitverbrauch für die strukturierte Berichterstellung (81, 132). Ernst et al. stuften die Zeitdifferenz jedoch als akzeptabel ein in Anbetracht des klinischen Mehrwertes durch die höhere Klarheit und Qualität der Befunde, wodurch die Workflow-Effizienz letztendlich nicht negativ beeinflusst werde. Zudem veröffentlichten Ernst et al. im selben Jahr ebenfalls zu Kopf- und Nacken-Sonografie-Untersuchungen eine andere Studie, bei welcher die SRs diesmal durch Medizinstudenten statt Ärzten evaluiert wurden und in einer niedrigeren Befundungszeit als NRs resultierten. Argumentiert wurde dies damit, dass diese gegenüber erfahrenen Klinikern noch nicht an die Freitext-Befundung gewöhnt seien und somit keine Umstellung auf eine neue Methode erforderlich war, wodurch sie direkt ohne Eingewöhnungsphase von der Produktivitätssteigerung der strukturierten Befundung profitieren konnten (116). Andere Arbeiten wiederum ergaben keine signifikanten Differenzen bezüglich der Zeitökonomie (133, 134). Die ersten Veröffentlichungen zum Zeitbedarf für die Generierung von SRs gegenüber NRs verglichen dabei allerdings häufig die erforderliche Zeit zum Diktieren eines Befundes mit der Zeit zum Erstellen eines SRs. Dies war keine korrekte Vorgehensweise, da die Audiodatei zusätzlich noch eigenhändig in eine schriftliche Form transkribiert werden muss. Bei Beachtung dessen in neueren Studien konnten SRs gegenüber NRs so bei

Betrachtung des gesamten Prozesses teils ähnliche oder sogar bessere Ergebnisse erreichen (93, 135, 136). Es muss jedoch beachtet werden, dass in der Klinik heute neben Diktiergeräten auch automatische Spracherkennungssoftwares zur Generierung konventioneller Freitext-Befunde eingesetzt werden, durch welche die Zeit für die Transkription entfällt. 2004 gaben in den Vereinigten Staaten noch 79% der befragten radiologischen Abteilungen an, ausschließlich mit Diktiergeräten und anschließender eigenständiger Niederschrift zu arbeiten und nur 19% verwendeten die automatische Spracherkennung, wobei geschätzt wurde, dass diese in 38% der Fälle zumindest teilweise verwendet wurde (112). Mittlerweile dürfte der Anteil an Radiologen, welche Gebrauch von Spracherkennungssoftwares machen, erheblich gestiegen sein. Allerdings liegen dazu derzeit keine genaueren Zahlen vor. Als großer Nachteil der Spracherkennung muss dabei jedoch die deutlich erhöhte Fehlerrate erwähnt werden (137–140).

Die meisten aktuelleren Untersuchungen zeigten signifikant kürzere Befundungszeiten für SRs verglichen mit NRs. Dies spricht für eine Produktivitätssteigerung durch die strukturierte Befundung (141). Begründet werden kann die zeitökonomische Erstellung dadurch, dass einzelne Textbausteine nur ausgewählt und nicht vollständig neu formuliert werden müssen (133). Es wurde zudem festgestellt, dass insbesondere bei Untersuchungen, welche häufig nach einem ähnlichen Schema ablaufen oder mit einem hohen Anteil an unauffälligen Befunden, Templates mit vorgegebenen Standardformulierungen und -werten zu relevanten Zeitersparnissen führen (142).

Im Rahmen einer neueren Studie von Kim et al. erstellten zwei Radiologen und zwei Medizinstudenten retrospektiv NRs und SRs zu Dual-Energy-X-ray-Absorptiometry(**DXA**)-Aufnahmen. Im Anschluss evaluierten zwei unabhängige Ärzte die Befundqualität. Die strukturierte Befundung ergab dabei erheblich niedrigere Befundungszeiten für sowohl Radiologen als auch Medizinstudenten mit im Schnitt 2,7 Minuten pro SR verglichen mit 6,1 Minuten pro NR. Die Differenz von 5,0 zu 7,5 Minuten pro NR bei Radiologen verglichen mit Medizinstudenten kann nicht als besondere Produktivitätssteigerung für unerfahrenere Auszubildende gewertet werden, da die Radiologen Diktier-Softwares verwendeten, während die Studenten ihre Freitextbefunde manuell am Computer tippten. Die SRs erhielten von den zwei evaluierenden Ärzten bezüglich der Gesamtqualität bei 96% die Bewertung hoch oder sehr hoch, wohingegen dies nur 79% der NRs erreichten. Auch in den Punkten

Informationsgewinn und Beantwortung der klinischen Fragestellung konnten die SRs deutlich besser abschneiden (143). Dies demonstriert, dass durch die Zeitersparnis durch die strukturierte Befundung die Qualität nicht zwingend Einbußen erleiden muss.

Neben einer schnelleren Berichterstellung durch die strukturierte Befundung kann die Produktivität durch die systematische Auswertung von Untersuchungen zudem durch niedrigere Überarbeitungszeiten effektiv gesteigert werden, da durch Templates Fehlerquellen durch Radiologen wie Tippfehler und auch Fehler der Spracherkennungssoftwares durch vorgegebene Textbausteine minimiert werden können. So wurden teils um bis zu 50% reduzierte Überarbeitungsraten bei SRs gegenüber NRs erfasst (144).

Darüber hinaus kann die Workflow-Effizienz neben dem Radiologen auch für den zuweisenden Arzt durch eine verbesserte Kommunikation durch die strukturierte Befundung gesteigert werden. SRs führen zu einer Reduktion der Lesezeit, Zeit zur Extraktion relevanter Informationen und notwendigen Nachfragen zum Abklären unklarer Inhalte (92, 95). Im Zuge einer Publikation von Gassenmaier et al. wurde die Informationsentnahme bei 50% der NRs und nur 10% der SRs zu MRT-Felsenbein-Untersuchungen als zeitintensiv bewertet (145). Begründet werden kann dies durch die verständliche einheitliche Terminologie und den standardisierten Aufbau der SRs, wodurch Informationen bezüglich einer spezifischen Struktur immer im selben Abschnitt des Berichts aufzufinden sind.

1.2.2.6 Rigidität

Oftmals führen Radiologen das Argument der fehlenden Flexibilität und zu großen Rigidität der strukturierten Befundung durch Templates und andere Befundvorlagen auf (75). Dies kann allerdings nicht für alle Formen der strukturierten Befundung verallgemeinert werden, da beispielsweise Freitext-Felder innerhalb eines Templates größere Freiheiten in der Gestaltung des Befundes ermöglichen können. Ein zu starr gestaltetes Template, um die Bildbefunde des Radiologen exakt wiederzugeben, kann die Genauigkeit, den Inhalt, die Klarheit und letztendlich die Qualität des Befundes stark negativ beeinflussen. Bell et al. zeigten bereits 1994, dass bei 25,2% der mit dem System UltraSTAR generierten strukturierten Befunde zusätzliche Freitext-Anmerkungen nötig waren, um die Vollständigkeit zu gewährleisten (132). Diese Notwendigkeit ist jedoch

stark abhängig von der Form und dem System der strukturierten Befundung, der Bildmodalität und der Untersuchungsart.

Templates für simple Untersuchungsarten, deren Ablauf und Therapie meist nach einem ähnlichen Schema mit nur kleinen sich ändernden Details wie verwendete Materialien erfolgen, lassen sich einfacher gestalten. Ein gutes Beispiel ist die Herzdiagnostik mit einem umschriebenen Untersuchungsobjekt, meist verhältnismäßig klar formulierter durch Bildbefundung beantwortbarer klinischen Fragestellung und eindeutiger Therapiekonsequenz (96). Die Erstellung eines adäquaten Templates für komplexere Pathologien und Fälle wie für ein Polytrauma-CT mit stark variierenden Befunden und klinischen Vorgehensweisen hingegen wird eher als kritisch betrachtet (67, 74).

1.2.2.7 Standardisierung, Übersichtlichkeit und Informationsextraktion

Konventionelle Freitext-Befunde haben eine hohe Variabilität zwischen verschiedenen Radiologen, Bildmodalitäten sowie verwendeter Terminologie und häufig werden relevante Inhaltspunkte übersehen. Dies stellt eine potenzielle Fehlerquelle dar und kann zu fehlender Beantwortung der klinischen Fragestellung des zuweisenden Arztes führen (13, 14, 16, 146). Bereits 1992 konnte eine Publikation von Sierra et al. die Problematik der Heterogenität durch Analyse von über 10000 Freitext-Befunden aus den Bereichen der Radiographie, Mammographie, Magnetresonanztomographie und Sonographie aufdecken. Dabei wurden signifikante Diskrepanzen bezüglich der durch einen Lesbarkeit-Index gemessenen linguistischen Komplexität der Befunde sowohl zwischen verschiedenen Radiologen, als auch den unterschiedlichen Bildmodalitäten festgestellt (146). Eine Standardisierung durch strukturierte Befundung kann diese Mängel beseitigen und folglich nachvollziehbare und konsensbasierte Befunde mit erhöhter Qualität und Vollständigkeit gewährleisten (13, 136). Dabei kann die Vereinheitlichung der radiologischen Befundung beispielsweise durch eine standardisierte Terminologie umgesetzt werden. Die Verwendung eines Lexikons soll das Vertrauensniveau der Zuweiser durch eine verwirrend große Anzahl an möglichen Begriffen senken, Mehrdeutigkeiten minimieren und zu einer klareren Kommunikation mit anderen Radiologen, zuweisenden Ärzten und Patienten führen (147). Derzeitig belegen bereits zahlreiche Publikationen die höhere sprachliche Qualität von SRs gegenüber NRs durch ein prädefiniertes Vokabular (57, 145). Das bereits von mehreren Systemen verwendete RadLex konnte zur einer Vereinheitlichung und einer signifikant

gesteigerten Verständlichkeit führen (44, 63, 148). Eine Untersuchung von 2012 ergab, dass bereits 67% der verwendeten Begriffe in 70 zufällig selektierten damaligen RSNA-Templates exakt oder zumindest teilweise mit dem RadLex-Vokabular überlappten (148). Dieser Prozentsatz sollte durch den weiteren Ausbau und Verbesserungen des Lexikons und seiner zunehmenden Implementierung seitdem heute signifikant höher liegen.

Von Zuweisern werden detaillierte strukturierte Befunde insbesondere in tabellarischer Form bevorzugt, da diese mit ihrer Klarheit und Prägnanz die Informationsextraktion erheblich vereinfachen. Dabei ist der Kommentar des Radiologen am Ende des Befundes meist zusätzlich erwünscht (29, 93–95). 2005 untersuchten Sistrom et al. den Einfluss des Formates des Befundes auf die Fähigkeit der Informationsextraktion des Lesers. Ihre Hypothese war, dass kontant formatierte und somit auch strukturierte Befunde einfacher zu lesen und verständlicher wären und die Beantwortung inhaltspezifischer Fragen im Nachhinein ohne erneute Betrachtung der Befunde erleichtern würden. Obwohl alle Probanden SRs gegenüber NRs bevorzugten, konnten allerdings keine signifikanten Differenzen bezüglich der Lesegeschwindigkeit, des genauen Verständnisses des Inhaltes oder der Effizienz der Informationsextraktion festgestellt werden. Die Begründung der Autoren war, dass übermäßig strukturierte Berichte zu einem Verlust des kognitiven Fokus und der Übersicht führen können (133). Neuere Publikationen hingegen wiesen die Vorzüge der strukturierten Befundung durch eine erleichterte Lesbarkeit, Informationsentnahme und Erinnerungsrate an den Inhalt durch die erhöhte Verständlichkeit und den strukturierten Aufbau nach. Buckley et al. zeigten die signifikant bessere Erinnerungsrate der Leser an den korrekten Inhalt und relevante Informationen bei SRs gegenüber NRs (90). In einer Studie zur strukturierten Befundung von Schulter-MRTs wurde die Informationsextraktion bei 92% der SRs und nur bei 63% der NRs als leicht eingestuft (149). Und auch bei kontrastmittelverstärkten Ultraschalluntersuchungen von hepatozellulären Karzinomen lag dieser Prozentsatz bei SRs bei 98% gegenüber nur 86% bei NRs (57). Durch die erleichterte Entnahme der für die Behandlung des Patienten entscheidenden Informationen wird die Therapiewahl und -planung maßgeblich vereinfacht und kann somit das klinische Endergebnis des Patienten positiv beeinflussen (105).

Der Befund stellt die „Kernkompetenz der radiologischen Diagnostik“ dar (150). Als negative Seite der Standardisierung durch die strukturierte Befundung befürchten viele

Radiologen eine mangelnde Individualität und folgende Austauschbarkeit, wodurch sie sich nicht mehr im selben Maße von Konkurrenten abheben können (38, 75). Bei einer Umfrage von 2009 schätzten 37% der befragten Radiologen ihre Befunde und somit auch Dienstleistung besser als die ihrer Kollegen ein (94). Nach einer Vereinheitlichung der Befunde in Format und Sprache wären diese Diskrepanzen der Befundqualität zwischen einzelnen Radiologen deutlich niedriger. Dieses von einzelnen Ärzten unabhängige einheitlichere Qualitätsniveau kann auf der anderen Seite natürlich auch als ein großer Fortschritt der Berichterstattung betrachtet werden (69).

1.2.2.8 Klinische Konsequenzen und Patientenversorgung

Die strukturierte Befundung hat einen großen Einfluss auf das klinische Vorgehen und die Patientenversorgung. So konnte insbesondere in der Onkologie bereits eine erhebliche Erleichterung der Einschätzung der Resektabilität und des Tumor-Staging beispielsweise von Pankreas- und Rektum-Karzinomen und diffusen großen B-Zell-Lymphomen belegt werden (45, 86, 105, 151). Der klinische Mehrwert von SRs gegenüber NRs wurde daneben auch in zahlreichen anderen Bereichen wie bei Schulter-Radiographien, der Videofluoroskopie und der CT-Angiografie unterer Extremitäten gezeigt (87, 88, 114, 152).

Eine retrospektive Studie von Brook et al. resultierte in einer besseren Evaluation von CT-Staging-Untersuchungen bei Pankreaskarzinomen durch Verwendung eines Templates bei der Befundung. Darüber hinaus wiesen die SRs eine bessere Verständlichkeit auf, enthielten alle relevanten Informationen für die chirurgische Planung und vereinfachten Entscheidungen bezüglich der Resektabilität durch einen höheren Überzeugungsgrad der ausführenden Chirurgen. Die strukturierte Befundung konnte so den weiteren Therapieverlauf maßgeblich beeinflussen (105). Ähnliche Ergebnisse erhielten Nörenberg et al. in einer Publikation bezogen auf MRT-Untersuchungen von Rektumkarzinomen, bei welcher in 96% der SRs und nur 60% der NRs Entscheidungen bezüglich des weiteren klinischen Vorgehens getroffen werden konnten. Im Falle eines chirurgischen Vorgehens waren in 94% der SRs und in nur 38% der NRs die enthaltenen Informationen auch ausreichend für eine chirurgische Planung (153). Demgegenüber ergab eine alleinige Analyse von Freitextbefunden zur Pankreas-Bildgebung durch Marcal et al., dass durch die uneinheitliche, zweideutige Sprache in 36,9% der Fälle eine erneute Betrachtung der radiologischen Aufnahmen für die genaue

Beurteilung der Gefäßbeteiligung nötig war und der Resektabilitätsstatus in 20,3% allein durch den Befund nicht bestimmt werden konnte (151). Diese Untersuchungen demonstrieren insbesondere im Fachgebiet der Onkologie, dass durch die signifikante Verbesserung der Befundqualität, Verständlichkeit und Klarheit durch die strukturierte Befundung die klinische Entscheidungsfindung deutlich erleichtert und die Planungsgenauigkeit erhöht werden können (25, 49, 50).

Ein weiterer Vorteil der strukturierten Befundung liegt darin, dass Templates so angepasst werden können, dass sie automatisch größtenteils von Expertenausschüssen erstellt und durch wissenschaftliche Gesellschaften genehmigte radiologische Praxisrichtlinien berücksichtigen und somit ein optimales klinisches Vorgehen anstreben (62). Umgekehrt konnten von Radiologen, Onkologen, Viszeralchirurgen und anderen Experten erstellte Befundvorlagen beispielsweise für Pankreaskarzinome auch schon in die S3-Leitlinien und Erhebungsbögen der Deutschen Krebsgesellschaft integriert werden (154).

Darüber hinaus können in Templates und Computer-Programmen Tools eingefügt werden, welche zu weiteren nützlichen Informationen für den behandelnden Arzt führen. Ein Beispiel wäre ein Instrument zum Erfassen und Dokumentieren der radiologischen Dosis einer spezifischen Untersuchungsart und ihrer automatischen Addition im Falle von weiteren Aufnahmen. Die generierten Werte, welche bei konventionellen Freitext-Befunden meist fehlen, gewährleisten eine höhere Sicherheit für den Patienten und können das therapeutische Vorgehen des Arztes positiv beeinflussen (155). Durch neue Software-Entwicklungen besteht zudem die Möglichkeit die exakte Progression spezifischer pathologischer Läsionen quantitativ festzuhalten und die Ergebnisse direkt mit Voraufnahmen zu vergleichen, beispielsweise bei der Ermittlung der Größe eines Tumors mithilfe bestimmter PACS-integrierter Tracking-Tools (154, 156). Zukünftig könnte die Bestimmung dieser Messwerte und das Einfügen in den Befund automatisch erfolgen. Bereits in der Klinik etablierte strukturierte Bildbewertungs- und Datensysteme konnten die Vorteile im Patientenmanagement belegen. Das PI-RADS und LI-RADS ermöglichen beispielsweise einen stark positiven Vorhersagewert des Verlaufes für Prostata- bzw. hepatozelluläre Karzinome und durch das BI-RADS können besser Aussagen bezüglich des Rezidivrisikos des Brustkrebs getroffen werden (54, 157, 158).

Die strukturierte Befundung erleichtert durch den standardisierten Aufbau und Inhalt des Weiteren die Auswertung der Befunde durch bestimmte Softwares. Dies kann auch für das Patientenmanagement Vorteile bieten. So könnten spezielle Programme durch Herausfiltern aller Patienten mit einer spezifischen ausgewählten Option wie einer malignen Läsion in einem Template automatisch eine Planung für Nachfolgetermine generieren und Erinnerungsmitteilungen erstellen, um so keinen Termin zu verpassen und den Pflegestandard der Patienten erheblich zu verbessern (45, 159, 160).

1.2.2.9 Data Mining und statistische Analysierbarkeit

Seit den 1980ern verdoppelte sich im Schnitt alle 40 Monate die Pro-Kopf-Kapazität zum Speichern digitaler Daten und auch die globale technologische Leistungsfähigkeit. Umso wichtiger werden verschiedene Formen des Data Mining und der digitalen Kommunikation, Dokumentation und Datenanalyse (161, 162). Die strukturierte Befundung ermöglicht die Generierung einer großen Menge an Befunden, unterstützt damit die systematische Datenauswertung und bietet große Lehr- und Forschungsmöglichkeiten (72, 117, 163). Dabei kann durch das Sammeln von Daten und das Teilen von Informationen im großen Umfang die Entwicklung von Big Data gefördert werden, welche wiederum spezielle Methoden der Datenverarbeitung erfordert (50, 124, 164). Durch Standardisierung von Gliederung, Inhalt und Terminologie wird die Suche nach spezifischen gemeinsamen Datenelementen, sogenannten Common Data Elements (**CDE**), von Befunden innerhalb von Datenbanken erleichtert (121). CDE werden studien- und institutionsübergreifend einheitlich erhoben und gespeichert und unterstützen durch ihre Computerlesbarkeit die Forschung durch Ansammlung von Daten aus einer größeren Menge an Berichten und Einrichtungen (5). Lexika wie das RadLex können einzelnen Begriffen zudem direkt einen eindeutigen Identifikationscode zuordnen, wodurch deren Auffinden innerhalb eines Berichtes ermöglicht wird. Dies bildet die Grundlage des Data Mining im Sinne einer automatisierten Auswertung des Gesamtbefundes (73). Bei Freitext-Befunden hingegen stellt sich der Vergleich und die Analyse der stark variablen Inhalte als viel komplexer dar (69). Templates mit interaktiven Entscheidungsbäumen, welche auswertbare vollständige Datenmengen zu bestimmten Untersuchungen ergeben, können neben einer standardisierten Sprache den Fortschritt im Bereich des Data Mining unterstützen (165). Flexible Datenbanken mit SRs können Computern die Untersuchung tausender von Befunden erleichtern, um unter anderem die Krebserkennung und Screening-Algorithmen zu verbessern (166). So

konnte im Bereich der Brust-Bildgebung und des Brustkrebs-Screenings bereits vor einiger Zeit ein standardisiertes Befundungssystem mit einer strukturierten Befund-Vorlage und die Verwendung des BI-RADS-Lexikons etabliert werden, durch welches die statistische Auswertung von Millionen von Berichten zu Brust-Bildgebungen und damit eine Fortentwicklung der Screening-Algorithmen ermöglicht wurde (166). Unterstützt werden könnte dieser Prozess zukünftig auch durch künstliche Intelligenz (**KI**), deren Anwendung in der Radiologie in den vergangenen Jahren bereits zu einem Progress in der Bildinterpretation und Klassifikation von Krankheiten führte (76, 96). Die Entwicklung der KI-Algorithmen benötigt allerdings immense Trainings-Datenmengen, welche idealerweise hochspezifisch, korrekt referenziert und in möglichst strukturierter Form bereitgestellt werden sollten. Eine der größten Herausforderungen für die Entwicklung von KI-Lösungen ist derzeit noch die unstrukturierte Natur der in elektronischen Patientenakten und Krankenhausinformationssystemen gespeicherten Daten (167).

Um die Vorzüge der Informationstechnologie in der Medizin voll auszuschöpfen, sollten radiologische Befunde laut RSNA gleichermaßen für Menschen als auch Maschinen lesbar sein (27). Dies erfordert ein einheitliches Datenformat, da sonst nur Daten von medizinischen Institutionen mit dem gleichen Format gesammelt und analysiert werden können oder sie müssten zuvor zusätzlich umständlich in ein anderes Format konvertiert werden (45, 168). Dies ist ein wichtiger Aspekt, der bei der strukturierten Befundung und Generierung von Datenbanken beachtet werden muss, um dem Konzept des Data Mining in der radiologischen Diagnostik näher zu kommen. Zukünftig kann eine zunehmend automatisierte Berichterstellung, verbesserte Bildanalyse-Algorithmen durch KI und vorausgefüllte strukturierte Befunden durch von Bildviewern selbstständig generierten Messwerten zur Unterstützung der Entscheidungsfindung erwartet werden (169, 170).

1.2.2.10 Übersetzung und internationaler Austausch

In der strukturierten Befundung liegt das Potential multilinguale, semantisch identische Berichte zu generieren. Der länderübergreifende Zugriff auf radiologische Befunde gewinnt durch die grenzüberschreitende medizinische Versorgung zunehmend an Bedeutung (73). Durch Templates werden die Eingabemöglichkeiten eingeschränkt, da bei Anklicken eines bestimmten Punktes automatisch ein korrelierender Satz erzeugt

wird. Bei entsprechender Einstellung könnte dieser direkt in einer anderen Sprache eingefügt werden, indem im Template alle möglichen erzeugbaren Sätze einmalig korrekt in der anderen Sprache voreingestellt werden. Dies kann Fehlerquellen wie unpassende Terminologie und Syntax gegenüber Freitext-Befunden mit anschließender separater maschineller Übersetzung durch ein externes Programm reduzieren.

In den vergangenen Jahren konnte die Nützlichkeit multilingualer strukturierter Befundung bereits in den Bereichen der internationalen Teleradiologie und Forschungs-Kooperation gezeigt werden (171, 172). Insbesondere die weltweite Bereitstellung von Bildbefunden seltenerer Pathologien kann die Wissenschaft auf diesem Gebiet enorm voranbringen und so letztendlich auch die Patientenversorgung verbessern. Ein gutes Beispiel hierfür ist eine Studie von Stramare et al., in welcher durch multilinguale strukturierte Befundung italienische Befunde zu seltenen Weichgewebs-Sarkomen übersetzt werden konnten und die Daten folglich durch Integration in das Medical Imaging Resource Center (**MIRC**) international der Forschung und Analyse zur Verfügung standen (172). Bislang gibt es nur wenige Publikationen zu dieser Thematik, welche dabei häufig nicht alle wichtigen zu untersuchenden Aspekte ausreichend inkludieren. So wurde beispielsweise die Vollständigkeit von Hauptauffälligkeiten zwischen konventionellen übersetzten und durch multilinguale strukturierte Befundung generierten Befunden verglichen, jedoch ohne gleichzeitiger Beachtung der Befundqualität und Zufriedenheit des zuweisenden Arztes (171, 172). In einer neueren Veröffentlichung von Sobez et al. konnte gezeigt werden, dass durch multilinguale strukturierte Befundung erstellte deutsche Befunde durch englisch-sprachige Radiologen eine ebenso hohe oder sehr hohe Befundqualität aufwiesen wie auch die deutschen SRs durch deutsche Radiologen. Dabei konnten bezüglich Verständlichkeit und dem klinischen Mehrwert keine signifikanten Differenzen zwischen den beiden Gruppen festgestellt werden (173).

1.2.2.11 Präferenz und Zufriedenheit der zuweisenden Ärzte

Multiple Studien belegen die deutliche Präferenz der zuweisenden Ärzte aus verschiedenen Fachgebieten für detaillierte strukturierte gegenüber den konventionellen Freitext-Befunden bei unterschiedlichen Bildmodalitäten (75, 93, 97, 174, 175). Das gewünschte Ausmaß an Details der Kliniker wird dabei vom klinischen Szenario und der Untersuchungsart beeinflusst, ist jedoch unabhängig vom

akademischen Status, der persönlichen Erfahrung und der Spezialisierung des Zuweisers (30). Die strukturierte Befundung wird insbesondere in Form von Templates und Vorlagen mit tabellarischem oder checklisten-artigem Aufbau als positiv bewertet (15, 94, 95). Eine Publikation von Plumb et al. ergab, dass überweisende Ärzte selbst bei negativen Befunden längere und ausführlichere Berichte vorziehen (94). Während konventionelle Befunde oftmals nur offensichtliche Pathologien aufführen, werden in Befund-Vorlagen alle möglichen bewertbaren Strukturen und Befunde aufgelistet und somit auch unauffällige Strukturen und das Fehlen von Läsionen dokumentiert. Dies versichert dem Zuweiser, dass der jeweilige Aspekt nicht einfach übersehen wurde und erhöht folglich sein Vertrauen in den Befund (69).

Allgemein ergaben strukturierte Befunde deutlich höhere Zufriedenheitswerte bei überweisenden Ärzten (92–95, 97, 176). Als Gründe werden meist die bereits in den letzten Unterkapiteln diskutierten Punkte wie eine bessere Übersichtlichkeit, eine schnellere computerbasierte Generierung und somit Übermittlung und eine höhere Vollständigkeit der strukturierten Befunde genannt (93). Siström et al. zeigten bereits bei Medizinstudenten eine deutliche Präferenz für SRs, da diese als vollständiger und übersichtlicher gewertet wurden. In dieser Studie konnte jedoch kein Unterschied bezüglich der Genauigkeit und Aussagekraft zwischen SRs und NRs getroffen werden (133). Eine neuere Publikation von Schwartz et al. hingegen konnte nicht nur den Vorzug der strukturierten Befundung von sowohl Zuweisern als auch Radiologen, sondern gleichzeitig auch eine höhere Genauigkeit und Klarheit der Aussagen feststellen (92).

Bei einer Untersuchung von Johnson et al. sollten Radiologen und zuweisende Ärzte mit einer 5-Punkte-Likert-Skala bestimmte Befund-Charakteristika für einen hochqualitativen Befund anhand ihrer Relevanz bewerten. Akkuratheit wurde mit 4,92 Punkten als wichtigster Aspekt angesehen. Vollständigkeit, Klarheit und Pünktlichkeit kamen als nächstes mit Werten zwischen 4,73 und 4,79. Als Hauptproblem der radiologischen Befundung wurde am häufigsten die mangelnde Pünktlichkeit genannt (130). Diese Ergebnisse machen es gut nachvollziehbar, dass SRs zu höheren Zufriedenheitswerten der Ärzte führen, welche diese Anforderungen wie in den vorherigen Unterkapiteln erläutert besser erfüllen können als NRs.

1.2.2.12 Gesamtqualität

Multiple Studien der letzten Jahre ergaben durch die bereits diskutierten Aspekte wie die höhere Akkuratheit, Klarheit und Vollständigkeit insgesamt eine signifikant höhere Gesamtqualität für SRs gegenüber NRs (81, 89, 143, 149, 153). Dies gilt auch im Rahmen komplexerer Untersuchungen wie dem Tumor-Staging hepatozellulärer Karzinome (114, 177). So erforschten Sahni et al. 2015 den Einfluss strukturierter Befundung auf das Staging von Rektumkarzinomen bei MRT-Untersuchungen. Nach Einführung eines Templates stieg die Rate an Befunden, welche insgesamt als optimal oder zufriedenstellend bewertet wurden, von 38,5% auf 70,4%. 40,8% der SRs wurden als optimal beurteilt, was zuvor keiner der NRs erreichen konnte. Dies ist ein gutes Beispiel von vielen zur Demonstration der höheren Gesamtqualität von strukturierten gegenüber Freitext-Befunden (86).

1.2.2.13 Einführungsstrategien

Die Ausführung und Auswirkung der strukturierten Befundung hängen stark von der jeweiligen Form und Indikation der Verwendung ab. In einer Studie von Larson et al. konnte ein System der strukturierten Befundung erfolgreich erarbeitet und in eine radiologische Abteilung eingeführt werden. Dabei wurden die Radiologen in die Entwicklung und anschließende Überprüfung stark miteinbezogen und konnten eigene Vorschläge einbringen (142). Obwohl eine derartige Umsetzung mit Mitsprache aller beteiligten Ärzte auf nationaler Ebene nicht möglich ist, konnte damit demonstriert werden, dass eine vorherige Prüfung und Anpassung durch Spezialisten im Vorhinein schon viele Probleme abklären kann und eine Einführung auf großer Ebene vereinfachen würde. Insbesondere bei konkreten Anfragen ist es wichtig Zuweiser aus dem jeweiligen Fachgebiet in den Entstehungsprozess des Templates mit einzubeziehen, um sicherzustellen, dass alle therapiebeeinflussenden Kriterien inkludiert werden (80). Schlussendlich wäre die Gründung von Komitees mit Experten aus unterschiedlichen medizinischen Bereichen empfehlenswert, da diese exakt beurteilen können bei welchen Untersuchungsarten die strukturierte Befundung sinnvoll und realistisch umgesetzt werden könnte. Die beteiligten Parteien wie Radiologen und Zuweiser sollten dabei auch nach Einführung des Templates noch die Möglichkeit haben notwendige Anpassungen durchzuführen und Feedback zu geben (142). Eine Beachtung dieser organisatorischen Schritte sollte ein hochqualitatives Befundungssystem mit hoher Akzeptanz bei allen betroffenen Parteien sicherstellen.

Die Voraussetzung für eine erfolgreiche Implementierung der strukturierten Befundung ist letztendlich die Entwicklung entsprechender Technologien ohne Kompromisse bezüglich Genauigkeit, Vollständigkeit, Arbeitsablauf und Kosten-Nutzen-Verhältnis eingehen zu müssen (75). Dabei müssen neben der Abneigung einiger Radiologen auch technische und finanzielle Hürden überwunden werden. Beim Abwägen der Möglichkeiten durch die strukturierte Befundung muss das derzeit noch nicht voll entfaltete Potential und mögliche neue Optionen durch fortschreitende Software- und Hardware-Entwicklungen bedacht werden.

1.3 Die dentale Bildgebung

Laut Bundesamt für Strahlenschutz wurden im Jahr 2018 130 Millionen Röntgenuntersuchungen in Deutschland durchgeführt, wovon etwa 40% auf die dentale Bildgebung zurückzuführen sind (178). Die zahnärztliche Bildgebung ist ein wichtiges Werkzeug bei der Diagnose, Behandlungsplanung und Überwachung zahlreicher dentaler Erkrankungen. Sie umfasst verschiedene Techniken wie die intraorale und extraorale Radiographie, die Computertomographie, die digitale Volumentomographie (**DVT**) und die Cone-Beam-Computertomographie (**CBCT**). Erste Wahl sind allerdings weiterhin das Orthopantomogramm (**OPG**) und intraorale Zahnfilme (179, 180). Deutschlandweit werden jährlich Millionen von OPGs aufgenommen, so im Jahr 2013 beispielsweise ca. 9,3 Millionen (181). Bei limitierten, kleinen zu untersuchenden Bereichen bieten sich die intraoralen Röntgenaufnahmen wie periapikale oder Bissflügelaufnahmen an. Um einen guten Überblick über den gesamten Kiefer zu bekommen oder eine relative Lokalisation einer Struktur und größere Läsionen wie Tumore zu erfassen, empfiehlt sich jedoch die Aufnahme eines OPGs (182). Die Übereinstimmung von intraoralen und Panoramaschichtaufnahmen ist nicht ausreichend, um alleinig das OPG zur Diagnose und Therapieplanung von beispielsweise periapikalen Läsionen, Karies und dem marginalen Knochenverlust zu verwenden (183). Durch die unterschiedlichen Aufnahmetechniken sind die Detailschärfe und Auflösung bei Orthopantomogrammen reduziert und es können Überlagerungen von Strukturen in verschiedenen Bildbereichen auftreten. Die diagnostische Nützlichkeit beschränkt sich somit auf die Erkennung von Anomalien, für welche kleinere Details nicht notwendig sind (184). Folglich besteht der Kompromiss in der Praxis häufig aus einem OPG zur

Fokussuche und zusätzlichen Zahnfilmen, um Details einzelner relevanter Areale darzustellen.

1.3.1 Die Orthopanthomographie

Das Orthopantomogramm, auch Panoramaschichtaufnahme genannt, gehört zu den zweidimensionalen Röntgenaufnahmen und wird heute nicht mehr den Tomographien sondern den linearen Zonographien zugeordnet (185). Das Aufnahmegerät wird als Orthopantomograph (**OPT**) oder auch als OPT-Gerät bezeichnet.

Es bestehen zahlreiche Indikationen, welche die Aufnahme eines OPGs rechtfertigen. Diese umfassen unter anderem Zahnbeschwerden wie Karies und Pulpaerkrankungen, Traumata der Zähne oder Kiefer, Infektionen wie periapikale Abszesse, Parodontitis oder Sinusitis, Tumore, Zysten, Fokussuchen, Kiefergelenkserkrankungen, -dislokationen und -frakturen, Speichelstein- und Fremdkörperlokalisationen, Knochenerkrankungen, Entwicklungsüberwachung bei Kindern und Erst- sowie Nachfolgeuntersuchungen bei Kieferorthopädie und chirurgischen Eingriffen (186, 187).

1.3.1.1 Geschichtlicher Hintergrund

Der gesamte Gesichtsschädel und Zahnbogen sind aufgrund ihrer Anatomie mit vielen runden, ovalen oder gebogenen Strukturen röntgenologisch schwer darzustellen. Die ersten Aufnahmen von Zähnen entstanden bereits 1896 (188). Lange Zeit war die intraorale Radiographie die einzige Möglichkeit Zähne abzubilden. Mehrere zahnärztliche Wissenschaftler hatten das Ziel mit einer Übersichtsaufnahme alle Zähne oder sogar den gesamten Gesichtsschädel wiedergeben zu können. Die Grundidee der Panoramaaufnahme war die vollständige Darstellung beider Kiefer mitsamt Zähnen bis zu den Kiefergelenken und den basalen Kieferhöhlenanteilen unter Berücksichtigung der anatomisch vorgegebenen rund-ovalen Formen. Die erste schriftliche Beschreibung einer Panoramaaufnahme für nur den Zahnbereich wurde in einem Patent von A. F. Zulauf von 1922 gefunden. 1933 begründete Numata unter Verwendung einer Schlitzblende die Pantografie und konnte ebenso wie 1946 Paatero die Generierung von Panoramabildern erreichen, jedoch mit Fokus auf die Zähne. Während Zulauf, Numata und Paatero ein Verfahren mit intraoraler Lage des Röntgenfilms entwickelten, veröffentlichte Heckmann 1939 eine Arbeitsweise mit extraoraler Lage des Filmes, durch welches er panoramaartig die oberflächlichen Strukturen des gesamten

Gesichtsschädels darstellen konnte. Der entscheidende Schritt von der Panorama- zur Panoramaschichtaufnahme gelang Paatero durch Weiterentwicklung seines Verfahrens im Jahr 1948, wodurch er 1949-1952 die Panoramatomographie beziehungsweise Pantomographie vorstellen konnte (188). Dabei rotierten der nun extraorale Film und der Patient zeitgleich um einen festen Drehpunkt bei fixierter Röntgenröhre. Schon 1955 konnte so in London nach mehreren technischen Verbesserungen der erste sogenannte Pantomograf in Betrieb genommen werden (189). Anschließend folgten zahlreiche Veränderungen wie 1959-1961 die Entwicklung von der Pantomographie zur Orthopantomographie, 1961 die Panoramavergrößerungsaufnahme und 1982 eine Verbesserung der Ablaufbahnen des Gerätes (188). All diese Schritte führten schlussendlich durch Optimierung der Technik zum aktuellen Stand der Orthopantomographie.

1.3.1.2 Aufnahmetechniken

Im Laufe der Zeit entwickelten sich drei Techniken zur Aufnahme eines OPGs. Bei der ersten Methode wurde eine intraorale Strahlungsquelle verwendet, um auf einen extraoral um den Kiefer fixierten Film zu projizieren. Sie wurde auch als Reverse-Radiographie nach dem Mikrofokus-Prinzip bezeichnet. Bei der zweiten Verfahrensweise, der rotierenden Panoramaaufnahme, wurden sowohl Strahlungsquelle als auch der Film extraoral positioniert. Die letzte und neuste Methode ermöglichte die Aufzeichnung und Anzeige digitaler Bilder am Computer-Bildschirm durch die Charge-coupled-Device(CCD)-Sensor-Technologie. Diese filmlose digitale Variante hat sich in den vergangenen Jahren weitgehend durchgesetzt (190).

1.3.1.3 Charakteristika

Durch eine Schichtstärke von über 4mm wird die Orthopantomographie nach gebräuchlicher Nomenklatur der medizinischen Radiologie als Zonographie beziehungsweise Dickschichtaufnahme eingestuft. Charakteristisch für das OPG ist eine große wechselnde Schichtdicke je nach Bereich von 9-20mm von den Frontzähnen bis zum Kiefergelenk. Bei der Aufnahme werden eine Röntgenröhre und ein Bildempfänger im Sinne einer digitalen Zeilenkamera oder früher einer Filmkassette mehr als halbkreisförmig und gegenläufig bewegt. Es handelt sich zudem um eine Schichtaufnahme, bei der das in einer bestimmten Schicht des Objektes zu untersuchende Detail durch die koordinierte Bewegung des OPT-Gerätes scharf

dargestellt werden kann. Außerhalb der jeweiligen Schicht liegende Strukturen werden abhängig von der Größe des Schichtwinkels und dem von Strahler und Bildempfänger zurückgelegten Weg verwischt und sollen nicht mit dem darzustellenden Level interferieren (1, 190).

Bei diesem Standardverfahren der dentalen Radiographie können der Ober- und Unterkiefer mitsamt Zähnen, die Kiefergelenke, die kaudalen Anteile der Kieferhöhlen und der laterale Halsbereich dargestellt werden. Eine gute Aufnahmetechnik ist beim OPG essenziell, um eine hohe Befundqualität und demnach einwandfreie Auswertbarkeit zu gewährleisten. Die Einhaltung strikter Richtlinien soll Positionierungsfehler mit infolgedessen fehlerhafter Interpretation oder vermeidbare erneute Strahlenexpositionen des Patienten umgehen (191). Beim OPG muss der Kopf somit immer korrekt und zentral ausgerichtet werden, um den Unterkieferkorpus symmetrisch bis zum Kondylarprozess ohne uneinheitliche Objektvergrößerungen durch unterschiedliche Objekt-Fokus-Abstände darzustellen. Zudem sollten die Oberkiefer- und Unterkieferfrontzähne ohne Überlagerungen erfasst werden. Auch eine korrekte Graustufendifferenzierung durch eine korrekte Einstellung ist erforderlich. Allerdings ist das OPG durch die halbkreisförmige Aufnahme anfällig für Artefakte wie unscharfe Areale durch Bewegungen des Patienten, verzerrte Projektionen auf der kontralateralen Seite durch Fremdmaterialien wie Schmuck oder auch Überlagerungen mit anderen Strukturen wie dem Os hyoideum oder der Halswirbelsäule (1, 179, 185, 190).

1.3.1.4 Vorteile

Ein großer Vorteil der Orthopantomographie liegt in der Übersichtlichkeit durch den großen abgebildeten Bereich inklusive der Mandibula beidseits bis zu den Kondylen und der Maxilla bis zum mittleren Drittel der Orbita (184). Die Darstellung des Zahnsystems mitsamt umliegenden Gewebe ermöglicht dabei häufig den Nachweis unerwarteter pathologischer Befunde, welche bei intraoralen Aufnahmen möglicherweise nicht sichtbar gewesen wären (191). Zudem ist die Aufnahme simpel und erfordert durch die extraorale Arbeitsweise keine große Kooperation des Patienten, wodurch sie auch bei Patienten mit eingeschränkter Mundöffnung, Würgereflex, Angstpatienten und Kindern leicht durchführbar ist. Positiv ist auch die Zeit zum korrekten Einstellen und Aufzeichnen und somit die Zeit, welche der Patient stillhalten muss, gegenüber mehreren intraoralen Aufnahmen zu erwähnen. Die effektive Dosis für ein OPG beträgt

je nach Gerät und Aufnahmeart im Schnitt etwa 19 Mikrosievert (μSv). Dies kann je nach digitaler beziehungsweise analoger Aufnahmeart zur Darstellung aller Zähne weniger sein als ein kompletter Zahnfilm-Status mit 14 Aufnahmen mit jeweils etwa 0,2-1 beziehungsweise 2,1-5,5 μSv (191, 192). OPGs bieten darüber hinaus eine gute Illustrationsmöglichkeit, um dem Patienten bestimmte Pathologien und Therapiemöglichkeiten anschaulich erklären zu können und somit besser verständlich zu machen (190).

1.3.1.5 Nachteile

Nachteilig ist die Bildqualität durch die schlechtere Auflösung und die geometrische Vergrößerung und Verzerrung gegenüber intraoralen Röntgenaufnahmen zu beachten (184). Die uneinheitliche Vergrößerung entsteht dabei durch unterschiedliche Objekt-Fokus-Abstände und verhindert direkte metrische Analysen. So sind Details wie der marginale Alveolarknochenverlust und initiale kariöse Läsionen schlechter beziehungsweise erst später zu erkennen. Außerdem sind OPGs anfällig für Überlappungen von Zähnen insbesondere im Prämolaren-Bereich und auch Überlagerungen der Halswirbelsäule mit dem Frontzahnbereich (190). Die Darstellung von Strukturen außerhalb der Schichtebene ist häufig nicht oder nur unzureichend möglich. Bei Untersuchung einzelner Zähne oder eines kleinen Kieferabschnittes übersteigt die effektive radiologische Dosis eines OPGs zudem die von einzelnen intraoralen Zahnfilmen (192). Finanziell sind schließlich die hohen Investitions- und eventuellen Wartungskosten und technisch ein hoher Speicher -und Systembedarf zu bedenken (191).

2 Zielsetzung und Fragestellung

Die dentale Bildgebung macht in Deutschland etwa 40% aller Röntgenaufnahmen aus (179). Dennoch beziehen sich bisherige Studien zum Thema strukturierte Befundung bislang größtenteils auf Röntgen-Thorax- und onkologische Untersuchungen und es konnten auch nach umfangreicher Literaturrecherche keine Veröffentlichungen zu zahnärztlichen Radiographien gefunden werden. Während ältere Publikationen teils in einer heterogenen Studienlage bezüglich der strukturierten Befundung resultierten, belegen Aktuellere hingegen große Vorteile wie eine höhere Vollständigkeit, Lesbarkeit, sprachliche Qualität, Zufriedenheit der Zuweiser und eine erleichterte klinische Entscheidungsfindung für SRs gegenüber NRs (81, 145). Deshalb stellt sich die Frage, ob diese neueren positiven Ergebnisse auch auf die dentale Bildgebung und dabei insbesondere auf die häufig eingesetzte Orthopantomographie übertragen werden können. Im Rahmen dieser Dissertation soll diese Fragestellung anhand der retrospektiv erhobenen Untersuchungsdaten aus der Klinik und Poliklinik für Radiologie der Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) München erarbeitet und beantwortet werden.

Dabei soll ermittelt werden, welchen Einfluss die strukturierte Befundung auf die Beantwortung der klinischen Fragestellungen der überweisenden Ärzte hat und ob auf ihrer Basis die Entscheidungsfindung hinsichtlich des weiteren klinischen Vorgehens wie zusätzliche Bildgebungen und der Therapie erleichtert werden kann. Zudem wird evaluiert, inwiefern die gegebenen Informationen, soweit aus einem OPG ableitbar, für die Planung der gewählten Therapieform ausreichen. Auch fehlende relevante Informationen in den Befunden werden angegeben. Anschließend wird beurteilt, wie leicht beziehungsweise schnell die Informationsextraktion gelingt und ob der Aufbau des Befundes dabei hilfreich ist. Zuletzt wird das Vertrauen der Leser in die gegebenen Informationen der Berichte und sowohl die linguistische als auch die Gesamtqualität bewertet.

3 Patienten, Material und Methoden

3.1 Studienrahmen

In der vorliegenden Arbeit wurde eine klinisch-retrospektive Studie an der Klinik und Poliklinik für Radiologie der LMU München durchgeführt. Dabei wurden Freitextbefunde von 50 zufällig selektierten Orthopantomogrammen aus einem Zeitraum von über 13 Jahren (12/2008 – 02/2022) von unterschiedlichen Radiologen untersucht. Ziel der Studie ist es, den potenziellen Nutzen einer strukturierten Befundung von OPGs zu bewerten durch die Erstellung von entsprechenden strukturierten Befunden zu den 50 ausgewählten OPGs mithilfe eines auf der Website Smart Radiology generierten Templates mit anschließendem Vergleich der SRs mit den vorliegenden NRs durch Anfertigung eines passenden Fragebogens und Evaluation durch zwei unabhängige approbierte Zahnärzte.

Durch die Ethikkommission der LMU München liegt zu dieser retrospektiven Studie ein positives Votum vor (Ethikkommission, Medizinische Fakultät, Ludwig-Maximilians-Universität München; 23-0172) und sie folgt den ethischen Leitlinien für Veröffentlichungen im Bereich der Diagnostik. Alle erhobenen Daten entsprechen den Vorgaben der Deklaration von Helsinki.

3.2 Datenerhebung und -erfassung

3.2.1 Bilderhebung

Die Bilderhebung im Sinne der Orthopantomogramme an der der Klinik und Poliklinik für Radiologie der LMU München fand über einen Zeitraum von über 13 Jahren (12/2008 – 02/2022) durch verschiedene Radiologen statt. Eingesetzt wurde dabei das Sirona Orthophos XG 3D Ready. Die Auswahl der 50 zufällig selektierten OPGs erfolgte anschließend über das an der Radiologie der LMU verwendete RIS Nexus/ Chili und das PACS Visage Imaging. Die OPGs wurden dabei zufällig aus dem Archiv des LMU Klinikums zu unterschiedlichen klinischen Fragestellungen selektiert, welche dabei in vier Gruppen unterteilt wurden. 29 der 50 OPGs (58%) wurden vor geplanter Listung vor Transplantationen erstellt, 8 (16%) vor geplanter Medikation wie Bisphosphonaten, 5

(10%) vor onkologischen Therapien wie einer Radio- und Chemotherapie und 8 (16%) aus sonstigen Gründen wie beispielsweise zur Fokussuche nach einem paravalvulären Abszess an einer Aortenklappe.

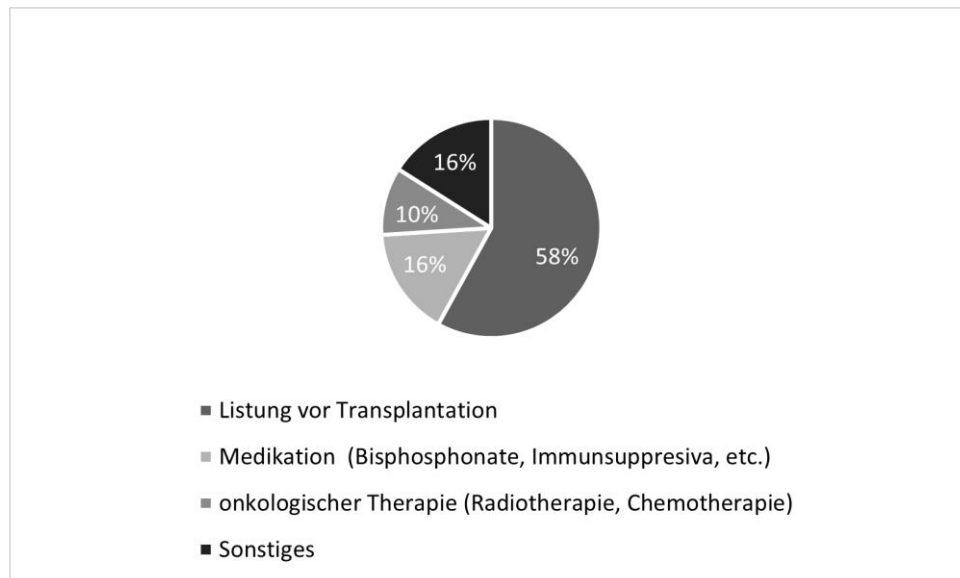


Abbildung 1 Prozentuale Aufteilung der klinischen Fragestellungen der 50 OPGs.

3.2.2 Generierung der Freitextbefunde

Die Freitextbefunde zu den 50 OPGs aus dem radiologischen Informationssystem Nexus/Chili vom Zeitraum 12/2008 bis 02/2022 wurden durch verschiedene Radiologen im klinischen Alltag mithilfe eines Spracherkennungs-Software-Systems ohne vordefinierte Textbausteine oder strukturierte Templates erstellt (Philips SpeechMagic 6.1., Build 543 SP1 (7/2007, Philips Speech Recognition Systems GmbH, Wien, Österreich)) (57, 193). Alle Freitextbefunde wurden dabei final fachärztlich validiert. Dies bedeutet, dass alle Freitextbefunde durch einen Facharzt der Radiologie supervidiert beziehungsweise direkt freigegeben und archiviert wurden.

3.2.3 Generierung der strukturierten Befunde

Alle SRs wurden nachträglich durch einen approbierten Zahnarzt erstellt. Dabei wurde unter Zuhilfenahme der Online-Software Smart Radiology (Smart Reporting GmbH, München, Deutschland, <http://www.smart-reporting.com>; zuletzt aufgerufen: 10.02.2023) ebenfalls von ihm ein Template mit anklickbarem Entscheidungsbaum mit Auswahllisten, Ja-Nein-Fragen und zusätzlichen Freitext-Feldern generiert (Abbildung 1,

Abbildung 2, Anhang). Durch das Aktivieren entsprechender Punkte und Unterpunkte im Entscheidungsbaum generiert die Online-Software automatisch semantische Sätze basierend auf vordefinierten Textbausteinen. Durch die Freitext-Felder können bei Bedarf manuell Informationen ergänzt werden. Der erzeugte Befund kann anschließend exportiert und gespeichert werden (57).

Abbildung 2 Screenshot vom Template für die strukturierte Befundung mit der Software Smart Radiology. Auf der linken Seite bietet das Programm zahlreiche anklickbare Punkte und Unterpunkte. Auf der rechten Seite werden bei entsprechender Auswahl automatische vollständige semantische Sätze generiert (57). Teils können durch Freitextfelder noch zusätzliche notwendige Informationen ergänzt werden.

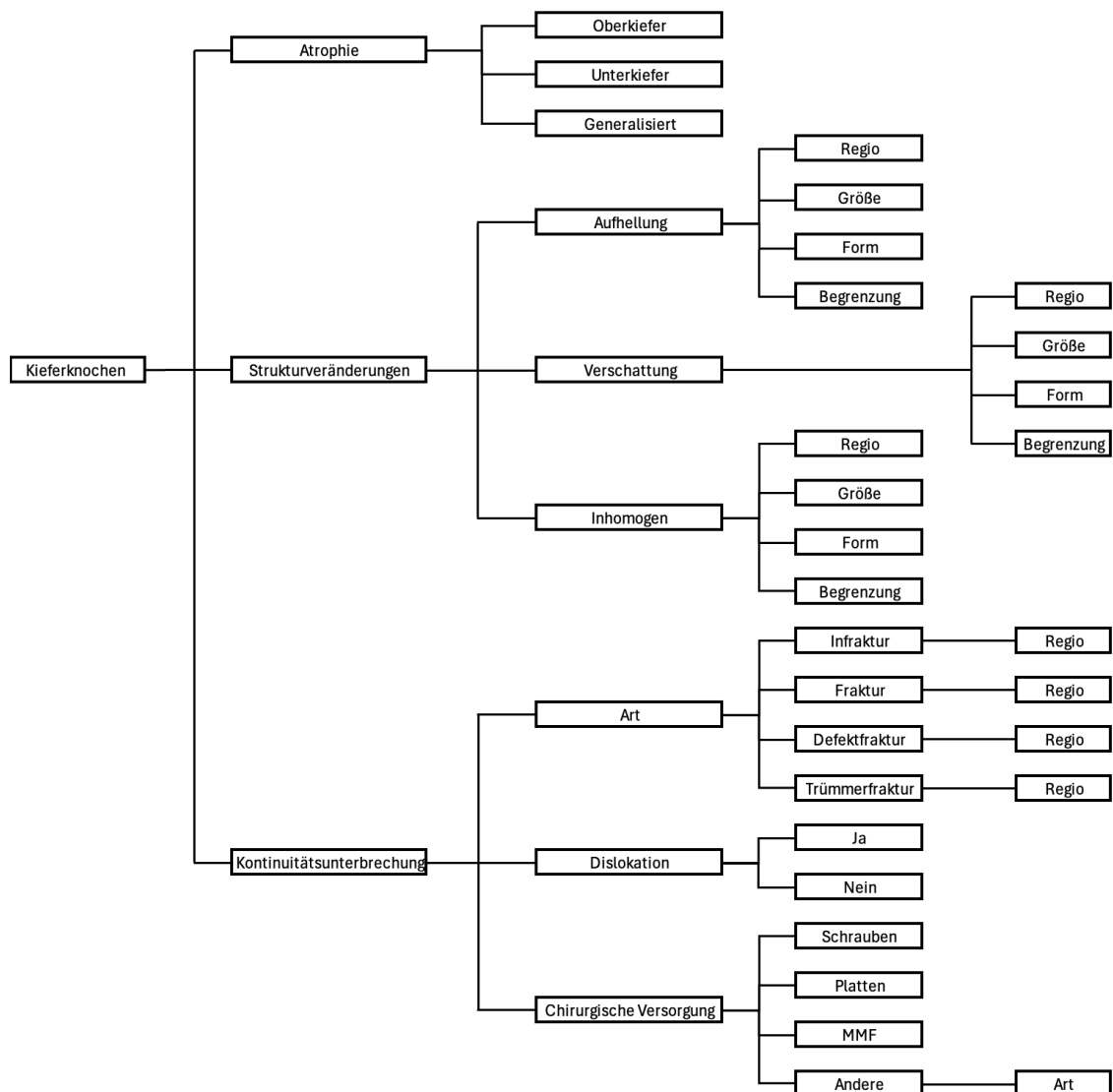


Abbildung 3 Schematischer Entscheidungsbaum zum Befund-Unterpunkt “Kieferknochen” im Template für die strukturierte Befundung von OPGs mit der Software Smart Radiology. Dabei wurden Auswahllisten, Ja-Nein-Fragen und Freitextfelder zur Reduktion der Rigidität eingebaut.

3.2.4 Evaluation der Befunde

Sämtliche SRs und NRs der Studie wurden von zwei zusätzlichen approbierten Zahnärzten mithilfe eines spezifisch angefertigten Fragebogens evaluiert, um die Befundqualität und den Nutzen für den zuweisenden Arzt zu bewerten. Der Fragebogen wurde basierend auf zuvor durchgeführten Studien vom dritten Zahnarzt erstellt, welcher auch die SRS und das dazugehörige Template generierte (57, 149, 153, 193). Es war anzugeben, inwiefern die Fragestellung des zuweisenden Arztes beantwortet wurde, ob mithilfe des Befundes das weitere klinische Vorgehen festgelegt werden konnte und ob die Informationen soweit aus einem OPG ableitbar ausreichend für die gewählte Therapieform waren. Zusätzlich wurden fehlende relevante Informationen

aufgeführt. Dabei wurden als nicht angegebene relevante Schlüsselmerkmale alle möglichen wichtigen zu erwähnenden Befunde definiert wie Angaben zu den Zähnen wie Anzahl, Anomalien und Versorgungen, zu kariösen Läsionen, dem Parodontium, apikalen Veränderungen, dem Kieferknochen, den Kiefergelenken und den Nasennebenhöhlen. Im Zuge dessen wurde sowohl die Auflistung positiver als auch negativer Befunde bewertet, um so zu gewährleisten, dass beispielsweise die Kieferhöhlen befundet wurden und tatsächlich keine pathologischen Auffälligkeiten vorliegen und diese nicht nur übersehen wurden. Es wurde evaluiert, wie einfach beziehungsweise schnell die Informationsextraktion erfolgen konnte und ob der Aufbau des Befundes dabei hilfreich war. Zuletzt sollte mithilfe einer 6-Punkte-Likert-Skala (1=mangelhaft; 6=exzellent) das Vertrauen in die gegebenen Informationen, sowie die sprachliche und Gesamtqualität des Befundes bewertet werden. Nach Anonymisieren und Randomisieren der 100 Befunde (50 NRs, 50 SRs), wurden diese von zwei erfahrenen Zahnärzten gelesen, welche direkt im Anschluss jeweils den Fragebogen ausfüllten. Dabei bekamen sie zu jedem der 50 OPGs jeweils das Röntgenbild mit klinischer Fragestellung und dem zugehörigem NR und SR gestellt. Die Zahnärzte waren dabei unvoreingenommen und die Evaluation fand unabhängig voneinander statt (57).



Fragestellung: OPG zum zahnmedizinischen Konsil vor Listung Befund: Teilsanierter und teilerhaltener Zahnstatus. V.a. partiellen Verlust einer röntgendichten Füllung von D37. Kein Anhalt für Karies. Kein Nachweis von Wurzelspitzengranulomen. Geringe Parodontose D31. V.a. partiellen Verlust einer röntgendichten Füllung von D37 im linken Unterkiefer. Kein Anhalt für Karies. Kein Nachweis von Wurzelspitzengranulomen. Geringe Parodontose D31. Zahnärztliches Konsil empfohlen.	Fragestellung: OPG zum zahnmedizinischen Konsil vor Listung Prozedur: Die Röntgenaufklärung ist erfolgt. Es besteht kein Verdacht auf eine Schwangerschaft. Klinische Angaben: Es sind keine zusätzlichen klinischen Angaben vorhanden. Voruntersuchung: Es haben keine Voruntersuchungen im Vorfeld stattgefunden. Befund: OPG: Das Orthopantomogramm wurde aufgenommen am: 21.02.2021 Die Qualität ist als gut einzustufen. Die zu untersuchenden Strukturen sind gut beurteilbar. Zähne: Vorhandene Zähne im 1. Quadranten: 11 12 13 14 15 16 17 Vorhandene Zähne im 2. Quadranten: 21 22 23 24 25 26 27 Vorhandene Zähne im 3. Quadranten: 31 32 33 34 35 36 37 Vorhandene Zähne im 4. Quadranten: 41 42 43 44 45 46 47 Es bestehen konservierende Versorgungen im Sinne von: Füllung an: 17, 16, 15, 14, 24, 26, 27, 37 (insuffizient), 36, 46, 47 Wurzelkanalbehandlung an: 24 Kariöse Läsionen: Im 3. Quadranten an: 34 mesial, 36 distal, 37 mesial, Parodontium: Es zeigt sich ein horizontaler Knochenabbau generalisiert Es zeigt sich ein vertikaler Knochenabbau in Regio: 37 distal Es zeigt sich ein erweitertes PA-Spalt an: 16, 26, 47 mesial Kieferknochen: Es besteht eine generalisierte Atrophie der Alveolarfortsätze. Kiefergelenke: Die Kiefergelenke erscheinen seitengleich und unauffällig. Nasennebenhöhlen: Die Nasennebenhöhlen weisen keinen pathologischen Befund auf.
---	---

Abbildung 4 OPG eines Patienten zum zahnmedizinischen Konsil vor Listung mit zugehörigem NR (links) und SR (rechts).



Fragestellung:
Zahnmedizinische Untersuchung vor HTx-Listung

Befund:
Fokale Aufhellung zwischen Zahn 16 und 17 und am mesialen Zahn 22. Freistehende Zahnwurzeln von Zahn 16, im Übrigen kein Nachweis einer Parodontose. Kein Nachweis einer apikalen Aufhellung.
Verschattete Sinus maxillaris beidseits und Sinus frontalis.
HNO-Vorstellung empfohlen.
Verdacht auf Interdentalkaries 16/17 sowie Karies Zahn 22 mesial.
Zahnärztliches Konsil empfohlen.
Zu 2011 unverändert partiell freistehende Wurzeln von Zahn 17

Fragestellung:
Zahnmedizinische Untersuchung vor HTx-Listung

Prozedur:
Die Röntgenaufklärung ist erfolgt.
Es besteht kein Verdacht auf eine Schwangerschaft.
Klinische Angaben:
Es sind keine zusätzlichen klinischen Angaben vorhanden.
Voruntersuchung:
Es haben keine Voruntersuchungen im Vorfeld stattgefunden.

Befund:
OPG:
Das Orthopantomogramm wurde aufgenommen am: 05.07.2021
Die Qualität ist als mäßig einzustufen.
Die zu untersuchenden Strukturen sind nur eingeschränkt beurteilbar.
Zähne:
Vorhandene Zähne im 1. Quadranten: 11 12 13 14 15 16 17
Vorhandene Zähne im 2. Quadranten: 21 22 23 24 25 26 27
Vorhandene Zähne im 3. Quadranten: 31 32 33 34 35 36 37
Vorhandene Zähne im 4. Quadranten: 41 42 43 44 45 46 47
Es bestehen konservierende Versorgungen im Sinne von:
Füllung an: 26
Defekte Zahnkrone an: 23
Kariöse Läsionen:
Im 1. Quadranten an: 15 distal, 16 mesial+distal, 17 mesial+distal
Im 2. Quadranten an: 22 mesial+distal
Im 3. Quadranten an: 34 distal
Parodontium:
Es zeigt sich ein horizontaler Knochenabbau: generalisiert
Kieferknochen:
Es besteht eine generalisierte Atrophie der Alveolarfortsätze.
Kiefergelenke:
Die Kiefergelenke erscheinen seitengleich und unauffällig.
Nasennebenhöhlen:
Die Nasennebenhöhlen weisen eine Verschattung auf.
Beschreibung: generalisiert links und rechts, inhomogen verschattet

Abbildung 5 OPG eines Patienten zur zahnmedizinischen Untersuchung vor Listung mit zugehörigem NR (links) und SR (rechts).



Fragestellung:
Fokussuche vor Bisphosphonattherapie aufgrund ossärer Metastasierung

Befund:
Eingeschränkte Beurteilbarkeit bei Bewegungsartefakten sowie links nicht vollständig erfasstem Kiefergelenk. Zustand nach Exaktion der Zähne 18 und 28. Teilsanierter Zahnstatus. Verdacht auf kariöse Veränderungen bei umschriebenen Aufhellungsbezirken mehrere Zähne der Ober- und Unterkieferfront. Kein Nachweis umschriebener periapikaler Aufhellungsbezirke im Sinne von Granulomen soweit einsehbar. Keine höhergradige Parodontopathie oder Alveolarkammatrophy. Regelrechte Artikulation im rechten Kiefergelenk. Verdacht auf kariöse Veränderungen mehrere Zähne der Ober- und Unterkieferfront. Soweit beurteilbar kein Nachweis umschriebener Granulome. Zahnärztliche Vorstellung und Sanierung empfohlen.

Fragestellung:
Fokussuche vor Bisphosphonattherapie aufgrund ossärer Metastasierung

Prozedur:
Die Röntgenaufklärung ist erfolgt.
Es besteht kein Verdacht auf eine Schwangerschaft.
Klinische Angaben:
Es sind keine zusätzlichen klinischen Angaben vorhanden.
Voruntersuchung:
Es haben keine Voruntersuchungen im Vorfeld stattgefunden.

Befund:
OPG:
Das Orthopantomogramm wurde aufgenommen am: 12.11.2019
Die Qualität ist als mäßig einzustufen.
Die zu untersuchenden Strukturen sind nur eingeschränkt beurteilbar.
Zähne:
Vorhandene Zähne im 1. Quadranten: 11 12 14 15 16 17 18
Vorhandene Zähne im 2. Quadranten: 21 22 23 24 25 26 27
Vorhandene Zähne im 3. Quadranten: 31 32 33 34 35 36 37 38
Vorhandene Zähne im 4. Quadranten: 41 42 43 44 45 46 47 48
Es bestehen konservierende Versorgungen im Sinne von:
Füllung an: 17, 16, 25, 28, 38, 37, 36, 34, 46, 47
Wurzelkanalbehandlung an: 16, 26, 34
Es bestehen prothetische Versorgungen im Sinne von:
Krone/ Teilkrone/ Inlay an: 27, 35
Kariöse Läsionen:
(soweit beurteilbar)
Im 1. Quadranten an: 11 12 13
Im 2. Quadranten an: 21 22 24 25 26
Im 3. Quadranten an: 31 32 35
Im 4. Quadranten an: 41 42
Parodontium:
Es zeigt sich ein horizontaler Knochenabbau: generalisiert
Es besteht eine Furkationsbeteiligung an: 17, 16, 38, 37, 36, 46
Kieferknochen:
Es besteht eine generalisierte Atrophie der Alveolarfortsätze.
Kiefergelenke:
Die Kiefergelenke erscheinen soweit beurteilbar seitengleich und unauffällig. Das linke Kiefergelenk ist jedoch nicht vollständig erfasst.
Nasennebenhöhlen:
Die Nasennebenhöhlen weisen keinen pathologischen Befund auf.

Abbildung 6 OPG eines Patienten zur Fokussuche vor Bisphosphonattherapie mit zugehörigem NR (links) und SR (rechts).

Befundnummer:

Fragebogen zur Evaluation

1. Wurde die Fragestellung des überweisenden Arztes beantwortet?
 - ☐ Ja
 - ☐ Nein
 - ☐ Nicht ganz, Rücksprache mit untersuchendem Radiologen erforderlich.
2. Konnte eine Entscheidung bezüglich des weiteren Vorgehens (zusätzliche Bildgebung, Therapie, ...) getroffen werden?
 - ☐ Ja
 - ☐ Nein
 - ☐ Nicht vollständig, Rücksprache mit untersuchendem Radiologen erforderlich.
3. Sind die gegebenen Informationen ausreichend für die gewählte Therapie?
 - ☐ Ausreichend
 - ☐ Nicht ausreichend
 - ☐ Nicht ganz, Rücksprache mit untersuchendem Radiologen erforderlich.
4. Gibt es Informationen, die fehlen?
 - ☐ Lokalisation
 - ☐ Größe
 - ☐ Karies
 - ☐ Parodontitis
 - ☐ Zysten
 - ☐ Versorgungen: konservativ, prothetisch, chirurgisch
 - ☐ Frakturen
 - ☐ Veränderungen des Kieferknochens
 - ☐ Nasennebenhöhlen
 - ☐ Kiefergelenke
 - ☐ Andere: _____
5. Wie gut ließen sich die Informationen aus dem Befund entnehmen?
 - ☐ Einfach/ schnell
 - ☐ Mit Aufwand
 - ☐ Sehr zeitaufwendig
6. War der Aufbau des Befundes hilfreich zur Informationsentnahme?
 - ☐ 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 den Befund insgesamt? (1 = mangelhaft; 6 = exzellent)

1 2 3 4 5 6

Abbildung 7 Fragebogen zur Evaluation der strukturierten und Freitext-Befunde durch zwei approbierte Zahnärzte (57).

3.3 Statistische Methoden

Die statistischen Berechnungen erfolgten mithilfe einer proprietären statistischen Software (IBM SPSS Statistics Version 25, Armonk, New York, NY, USA). Zum Vergleich binomialer Daten wurde dabei für die Fragen 1-6 der McNemar-Test angewandt, um auf die statistische Signifikanz zu prüfen. Für gepaarte Daten der Fragen 7-9 wurde der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test eingesetzt. Dabei wurde mit einem Konfidenzintervall (CI) von 95% gearbeitet. Die Mittelwerte der Likert-Skalen der Fragen 7-9 wurden für die Ergebnisse der beiden Bewerter jeweils kombiniert berechnet. Dabei wurde das Signifikanzniveau auf $\alpha = 0,05$ gesetzt (193). Es fand eine zweiseitige Prüfung und keine Dichotomisierung statt. Zudem wurde durch den Cohens-Kappa-Test die Übereinstimmung beider Gutachter bezüglich der NRs evaluiert, wobei bei den Fragen 7-9 der gewichtete Cohens Kappa eingesetzt wurde. Da bei den Fragen 1, 2, 3, 5, 6 und 8 bei den SRs bei der selben Berechnung für Cohens Kappa jeweils 1.0 rauskommen würde, was durch fehlende Variabilität kein sinnvolles Ergebnis für den Test wäre, wurde für die Fragen 1, 2, 3, 5, und 6 zusätzlich Krippendorff's Alpha und für die Frage 8 der Mann-Whitney U-Test berechnet.

Bewerter1	NR-F1	NR-F2	NR-F3	NR-F4	NR-F5	NR-F6	NR-F7	NR-F8	NR-F9
OPG 1	0	0	1	5	0	0	4	4	4
OPG 2	2	2	2	5	0	1	3	5	4
OPG 3	2	2	2	4	1	1	4	4	4
OPG 4	0	0	0	1	0	0	5	6	5
OPG 5	2	2	2	5	1	1	4	4	4
OPG 6	0	0	0	5	1	0	3	5	4
OPG 7	0	0	0	3	0	0	5	6	5
OPG 8	0	0	0	2	1	1	4	6	5
OPG 9	2	0	0	3	1	1	5	6	5
OPG 10	2	2	2	3	1	1	4	6	4
OPG 11	2	2	2	4	1	1	4	5	4
OPG 12	0	0	0	2	0	0	5	6	5
OPG 13	2	2	2	2	1	1	5	5	4
OPG 14	2	2	2	2	1	1	4	5	4
OPG 15	2	2	2	4	1	1	4	5	4
OPG 16	2	2	1	5	1	1	3	4	4
OPG 17	2	2	2	4	1	1	4	6	4
OPG 18	0	0	0	2	0	0	5	6	5
OPG 19	0	2	2	3	0	1	4	6	5
OPG 20	2	2	2	5	1	1	4	5	4
OPG 21	0	2	2	4	0	1	4	6	5
OPG 22	2	2	2	5	0	1	4	5	4
OPG 23	0	2	2	3	0	0	4	6	5
OPG 24	0	0	0	2	0	0	5	6	5
OPG 25	0	0	0	3	0	0	5	6	5
OPG 26	0	2	2	3	0	1	4	5	4
OPG 27	0	2	0	5	0	1	4	6	5
OPG 28	2	2	2	4	1	1	4	5	4
OPG 29	2	2	2	1	0	0	5	6	5
OPG 30	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 31	0	0	2	4	0	0	5	6	5
OPG 32	2	2	2	4	1	1	4	5	4
OPG 33	1	1	1	4	2	1	3	5	4
OPG 34	0	0	0	1	0	0	5	6	5
OPG 35	0	0	0	1	0	0	5	6	5
OPG 36	2	2	2	4	1	1	4	5	4
OPG 37	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 38	2	2	2	4	2	1	4	5	4
OPG 39	0	2	2	4	0	0	5	6	5
OPG 40	0	2	2	4	0	0	4	4	4
OPG 41	2	2	2	5	0	0	4	6	5
OPG 42	2	2	2	4	1	1	4	4	4
OPG 43	2	2	2	6	0	0	4	5	4
OPG 44	2	2	2	3	1	1	4	4	4
OPG 45	2	2	2	6	1	1	3	5	4
OPG 46	2	2	2	4	1	1	4	4	4
OPG 47	2	2	2	3	2	1	4	4	4
OPG 48	1	1	1	5	1	1	4	3	3
OPG 49	2	2	2	4	0	1	4	4	4
OPG 50	1	1	1	6	1	1	3	4	3

Tabelle 1 Einzelbeurteilungen des ersten Bewerter nach Ausfüllen der Fragebögen zu den 50 NRs.

Bewerter1	SR-F1	SR-F2	SR-F3	SR-F4	SR-F5	SR-F6	SR-F7	SR-F8	SR-F9
OPG 1	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 2	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 3	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 4	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 5	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 6	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 7	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 8	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 9	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 10	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 11	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 12	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 13	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 14	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 15	0	0	0	1	0	0	5	6	5
OPG 16	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 17	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 18	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 19	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 20	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 21	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 22	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 23	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 24	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 25	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 26	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 27	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 28	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 29	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 30	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 31	0	0	0	1	0	0	5	6	5
OPG 32	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 33	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 34	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 35	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 36	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 37	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 38	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 39	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 40	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 41	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 42	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 43	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 44	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 45	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 46	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 47	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 48	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 49	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 50	0	0	0	0	0	0	6	6	6

Tabelle 2 Einzelbeurteilungen des ersten Bewerter nach Ausfüllen der Fragebögen zu den 50 SRs.

Bewerter2	NR-F1	NR-F2	NR-F3	NR-F4	NR-F5	NR-F6	NR-F7	NR-F8	NR-F9
OPG 1	0	0	1	5	1	1	4	6	5
OPG 2	2	2	1	4	0	1	4	5	4
OPG 3	2	2	2	2	1	1	4	6	5
OPG 4	0	0	0	1	0	0	5	6	5
OPG 5	2	2	2	4	1	1	4	5	5
OPG 6	0	0	0	5	0	0	4	6	5
OPG 7	0	0	0	3	0	0	5	6	5
OPG 8	0	0	0	2	1	1	5	6	5
OPG 9	0	0	0	3	1	1	5	6	5
OPG 10	2	2	1	3	1	1	4	6	4
OPG 11	2	2	2	4	1	1	4	6	4
OPG 12	0	0	0	1	0	0	5	6	5
OPG 13	2	2	2	2	1	1	4	6	5
OPG 14	2	2	2	2	1	1	4	6	4
OPG 15	2	2	2	4	1	1	4	6	4
OPG 16	2	2	2	4	1	1	3	6	4
OPG 17	2	2	1	4	0	1	4	5	4
OPG 18	0	0	0	1	0	0	5	6	5
OPG 19	0	2	2	3	0	0	5	6	5
OPG 20	2	2	2	4	1	1	4	6	4
OPG 21	0	2	2	4	0	0	4	6	5
OPG 22	2	2	2	5	0	0	4	6	5
OPG 23	2	2	2	3	0	0	5	6	5
OPG 24	0	0	0	1	0	1	5	6	5
OPG 25	0	0	0	3	0	0	5	6	5
OPG 26	2	2	2	3	0	1	4	6	5
OPG 27	0	2	2	5	0	0	4	6	5
OPG 28	2	2	2	4	1	1	5	5	5
OPG 29	2	2	2	1	0	0	5	6	5
OPG 30	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 31	0	2	2	3	0	0	4	6	5
OPG 32	2	2	2	5	1	1	4	5	4
OPG 33	2	2	2	4	1	1	3	5	4
OPG 34	0	0	0	1	0	0	5	6	5
OPG 35	0	0	0	1	0	0	5	6	5
OPG 36	2	2	2	4	1	1	4	6	5
OPG 37	0	0	0	0	0	1	6	6	6
OPG 38	2	2	2	3	1	1	4	6	5
OPG 39	0	2	2	3	0	0	5	6	5
OPG 40	0	2	2	5	0	0	4	5	4
OPG 41	2	2	2	5	0	0	4	6	5
OPG 42	0	2	2	4	1	1	4	5	5
OPG 43	2	2	2	5	0	0	4	5	4
OPG 44	2	2	2	4	1	1	4	5	4
OPG 45	2	2	2	6	1	1	4	5	4
OPG 46	2	2	2	4	1	1	4	5	4
OPG 47	2	2	2	3	0	1	4	5	4
OPG 48	2	2	1	5	1	1	4	4	4
OPG 49	2	2	2	3	0	1	4	5	4
OPG 50	2	2	1	5	1	1	3	5	4

Tabelle 3 Einzelbeurteilungen des zweiten Bewerter nach Ausfüllen der Fragebögen zu den 50 NRs.

Bewerter 2	SR-F1	SR-F2	SR-F3	SR-F4	SR-F5	SR-F6	SR-F7	SR-F8	SR-F9
OPG 1	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 2	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 3	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 4	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 5	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 6	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 7	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 8	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 9	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 10	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 11	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 12	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 13	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 14	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 15	0	0	0	1	0	0	5	6	5
OPG 16	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 17	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 18	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 19	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 20	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 21	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 22	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 23	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 24	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 25	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 26	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 27	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 28	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 29	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 30	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 31	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 32	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 33	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 34	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 35	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 36	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 37	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 38	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 39	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 40	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 41	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 42	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 43	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 44	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 45	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 46	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 47	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 48	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 49	0	0	0	0	0	0	6	6	6
OPG 50	0	0	0	0	0	0	6	6	6

Tabelle 4 Einzelbeurteilungen des zweiten Bewerter nach Ausfüllen der Fragebögen zu den 50 SRs.

4 Ergebnisse

Beide Zahnärzte beantworteten zu den 50 zufällig selektierten OPGs retrospektiv jeweils 50 Fragebögen zu den NRs und jeweils 50 zu den generierten SRs. Die Übereinstimmung zwischen beiden Zahnärzten war erheblich. Die Ergebnisse sind in Prozentsätzen oder als Mittelwerte mit CI dargestellt.

Alle SRs (100%) beantworteten die Fragestellung des überweisenden Arztes gegenüber 42% der NRs ($p < 0.05$). Alle SRs (100%) ermöglichten eine Entscheidungsfindung bezüglich des weiteren klinischen Vorgehens gegenüber 29% der NRs ($p < 0.05$). Dabei waren die gegebenen Informationen für die gewählte Therapie bei allen SRs (100%) ausreichend gegenüber 27% bei den NRs ($p < 0.05$).

Darüber hinaus fehlten bei den SRs in 3% mindestens ein wichtiges Schlüsselmerkmal, wohingegen dieser Wert bei den NRs bei 96% lag ($p < 0.05$). Die Informationsextraktion wurde bei 100% der SRs und 52% der NRs als „einfach/ schnell“ eingestuft ($p < 0.05$). Unter den NRs war die Informationsextraktion bei 45% „mit Aufwand“ zu bewältigen und bei 3% „sehr zeitaufwendig“. Bei 100% der SRs wurde der Aufbau des Befundes dabei als hilfreich für die Informationsentnahme wahrgenommen gegenüber 39% bei den NRs ($p < 0.05$).

Die evaluierenden Zahnärzte vertrauten den vorliegenden Informationen bei den SRs signifikant mehr mit einem Mittelwert von 5.97 (CI: 5.94-6) auf der Likert-Skala gegenüber 4.27 (CI: 4.14-4.40) bei den NRs ($p < 0.05$). Die SRs erhielten zudem signifikant höhere Bewertungen bezüglich der sprachlichen Qualität mit einem Mittelwert von 6.0 auf der Likert-Skala gegenüber 5.42 (CI: 5.28-5.56) bei den NRs ($p < 0.05$). Die Gesamtqualität des Befundes konnte durch die strukturierte Befundung signifikant verbessert werden. Während NRs mit 4.53 (CI: 4.41-4.65) bewertet wurden, lag dieser Wert bei den SRs bei 5.97 (CI: 5.94-6) ($p < 0.05$).

Cohens Kappa betrug für die Übereinstimmung beider Bewerter bezüglich der NRs für die Frage 1 0.73, für Frage 2 0.82, für Frage 3 0.77, für Frage 4 0.58, für Frage 5 0.77, und für Frage 6 0.71. Der gewichtete Cohens Kapp ergab für Frage 7 0.80, für Frage 8 0.47 und für Frage 9 0.66. Bei den SRs wurde für die Frage 4 ein Cohens Kappa von 0.66 und für die Fragen 7 und 9 ein gewichteter Cohens Kappa von 0.66 festgestellt. Für die Fragen

1, 2, 3, 5 und 6 kam für Cohens Kappa jeweils der für den Test nicht sinnvolle Wert von 1.0 raus, da bei Cohens Kappa immer eine zufällige Übereinstimmung berücksichtigt wird und der Nutzen des Tests bei fehlender Variation somit nicht gegeben ist. Deshalb wurde stattdessen Krippendorff's Alpha hinzugezogen, wobei jeweils eine perfekte Übereinstimmung mit dem Wert von 1.0 ermittelt wurde. Aus demselben Grund wurde für Frage 8 der Mann-Whitney U-Test angewendet und ergab 1.0.

Frage	NR: median	SR: median	p
1. Wurde die Fragestellung des überweisenden Arztes beantwortet?	42%	100%	< 0.05
2. Konnte eine Entscheidung bezüglich des weiteren Vorgehens (zusätzliche Bildgebung, Therapie, ...) getroffen werden?	29%	100%	< 0.05
3. Sind die gegebenen Informationen ausreichend für die gewählte Therapie?	27%	100%	< 0.05
4. Gibt es Informationen, die fehlen? Mindestens 1 fehlendes Schlüsselmerkmal	96%	3%	< 0.05
5. Wie gut ließen sich die Informationen aus dem Befund entnehmen? Als „einfach“ eingestuft	52%	100%	< 0.05
6. War der Aufbau des Befundes hilfreich zur Informationsentnahme?	39%	100%	< 0.05
7. Haben Sie Vertrauen in die Informationen?	4,27	5,97	< 0.05
8. Wie bewerten Sie die sprachliche Qualität?	5,42	6,0	< 0.05
9. Wie bewerten Sie den Befund insgesamt?	4,53	5,97	< 0.05

Tabelle 5 Ergebnisse dargestellt in Prozentsätzen für Frage 1-6 und Mittelwerten für die Frage 7-9 nach statistischer Auswertung mit der Software IBM SPSS Statistics.

5 Diskussion

Mit der vorliegenden Dissertation konnte erstmals an der Klinik und Poliklinik für Radiologie am Klinikum Innenstadt der Mehrwert der strukturierten Befundung bezogen auf Orthopantomogramme und somit die dentale Bildgebung untersucht werden. Dabei wurden retrospektiv 50 OPGs mit entsprechenden Freitext-Befunden von unterschiedlichen Radiologen aus einem Zeitraum von 12/2008 bis 02/2022 zufällig aus dem klinischen Informationssystem selektiert. Ein approbierter Zahnarzt erstellte auf der Website Smart Radiology ein passendes Template und generierte damit 50 entsprechende strukturierte Befunde. Zusätzlich erstellte er einen speziell angefertigten Fragebogen zur Bewertung der Befunde. Die SRs und NRs wurden anschließend von zwei zusätzlichen approbierten unabhängigen Zahnärzten getrennt voneinander durch Ausfüllen des Fragebogens evaluiert. Letztendlich konnten so die Vorzüge von SRs gegenüber NRs auch bei dieser Bildmodalität bestätigt werden.

5.1 Methodendiskussion

Die Studie erfolgte im Rahmen einer klinisch-retrospektiven Datenanalyse. Der Vorteil eines retrospektiven Studiendesigns ist dabei, dass die notwendigen Daten im Sinne von OPGs und den Freitext-Befunden bereits vorliegen und die Auswertung somit zeitnah und kostengünstig durchgeführt werden kann. Zudem können positive Ethikvoten durch die zuständigen Ethikkommissionen bei retrospektiven Arbeiten eher erwartet werden. Nachteilig ist eine nicht beeinflussbare, häufig schlechtere Qualität der vorliegenden Daten zu beachten. Dies kann auf der anderen Seite auch als Vorteil betrachtet werden, da die OPGs und Freitext-Befunde somit wiederum die klinische Realität und Arbeitsweise besser wiedergeben. Zudem würden bei einem prospektiven Vorgehen die Ergebnisse zu den NRs durch eine möglicherweise sorgfältigere Arbeitsweise der Radiologen als in der stressigen klinischen Routine eventuell fälschlicherweise besser ausfallen. Das Ändern des natürlichen Verhaltens unter Beobachtung wird auch als Hawthorne-Effekt bezeichnet (194). Ein weiterer wichtiger negativer Aspekt der retrospektiven Arbeitsweise ist, dass sich im Nachhinein nicht mehr die Zeiten für den Befundungsprozess bei den Freitext-Befunden erfassen lassen, wobei die Bewertung der Zeitökonomie und Effizienz der Befundung beim Vergleich der SRs und NRs relevante Diskussionspunkte darstellen, welche bislang nur unzureichend für die meisten Bildmodalitäten erforscht wurden.

Nebstdem sind durch Selektion der Orthopantomogramme alleinig aus der Datenbank der Radiologie der LMU diese nicht zu allen möglichen klinischen Fragestellungen, Pathologien und Befunden wie chirurgischen Frakturversorgungen vorhanden. Das Spektrum könnte durch Inkludierung von Daten aus anderen Fachbereichen wie der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie und Zahnmedizin erweitert werden. Die häufigste Fragestellung der Überweiser bezog sich auf einen Ausschluss von dentalen Erkrankungen mit notwendiger zeitnaher Therapie vor Listung vor Transplantationen, vor geplanter onkologischer Therapie wie Chemo- oder Strahlentherapie aufgrund von Karzinomen oder vor geplanter Medikation wie vor einer Bisphosphonattherapie. Ebenso nachteilig an der Analyse rein monozentrisch gesammelter Daten im Sinne einer Monocenter-Studie ist der limitierte zur Verfügung stehende Datenumfang zu erwähnen.

Zukünftige Studien sollten somit idealerweise multizentrisch und prospektiv aufgebaut sein, um sowohl die Datenmenge als auch deren Qualität steigern zu können.

5.2 Ergebnisdiskussion

In dem vergangenen Jahre erfolgten multiple Publikationen, welche die Einflüsse der strukturierten Befundung in der Radiologie auf die Befundqualität, die interdisziplinäre Kommunikation und die Patientenversorgung evaluierten. Es wird erwartet, dass die strukturierte Befundung zukünftig weiter etabliert wird. Obwohl die dentale Bildgebung einen großen Anteil der Radiologie ausmacht, gab es bislang noch keine Studien, welche dabei die Vorzüge der SRs gegenüber NRs bewerten. Daher zielte diese Arbeit darauf ab, die Übertragbarkeit der potenziellen Vorteile der strukturierten Befundung auf die häufig eingesetzten Orthomantomographie als diagnostische Standardmethode der Zahnmedizin zu überprüfen.

Diese Studie belegte, dass SRs gegenüber NRs die klinische Fragestellung des überweisenden Arztes besser beantworten und die Entscheidungsfindung bezüglich des weiteren klinischen Vorgehens erleichtern. Die gegebenen Informationen waren dabei bei den SRs gegenüber den NRs deutlich häufiger ausreichend für die Auswahl einer spezifischen Therapieform. Zudem fehlten bei den SRs signifikant weniger relevante Schlüsselmerkmale. Die Informationsextraktion konnte bei den SRs deutlich effizienter erfolgen, was durch den strukturierten Aufbau unterstützt wurde. Schlussendlich konnten SRs das Vertrauen der Zuweiser in die vorliegenden Informationen der Befunde erhöhen und die sprachliche sowie die Gesamtqualität erheblich verbessern.

Das Befolgen und Abarbeiten des Entscheidungsbaumes des Templates konnte die fehlenden relevanten Informationen deutlich senken, da der befundende Zahnarzt oder Radiologe automatisch an alle wichtigen Inhaltspunkte des Befundes erinnert wird. Durch die erhöhte Vollständigkeit der SRs wurde automatisch auch die klinische Fragestellung besser beantwortet und die gegebenen Informationen erleichterten die Planung des weiteren diagnostischen und therapeutischen Vorgehens. Dies erhöht automatisch auch das Vertrauen der Zuweiser in die Informationen der Berichte. Befund-Vorlagen wie Templates bieten insbesondere Medizinstudenten und unerfahrene Radiologen einen Leitfaden zur Orientierung bezüglich des Aufbaus und Inhaltes eines Befundes, von welchem sie stark profitieren können (29, 72, 114, 115). Allerdings kann sich die Anpassung an neue Systeme und Technologien für ältere

Radiologen als schwierig gestalten und durch Veränderung des von ihnen über Jahre antrainierten Arbeitsablaufes zu Beginn zu einer reduzierten Produktivität führen (29, 122).

Der einheitliche Aufbau der SRs unterstützt bei einer schnelleren Informationsextraktion gegenüber NRs und führt somit zu einer Zeitersparnis für den überweisenden Arzt, was durch zahlreiche frühere Publikationen bereits belegt werden konnte (90, 105, 149). Die Studienlage bezüglich der notwendigen Zeit zur Befunderstellung für SRs gegenüber NRs ist derzeit bei anderen Bildmodalitäten teils noch heterogen und konnte im Rahmen dieser Arbeit durch die retrospektive Vorgehensweise nicht evaluiert werden (81, 132, 142, 143).

Die Studie konnte insgesamt und linguistisch gesehen eine höhere Qualität der strukturierten Befunde zeigen. Durch Auswahl eines Punktes innerhalb des Templates wird automatisch ein präformierter Textbaustein in den Befund eingefügt. Dadurch wird eine einheitliche, fachlich korrekte Sprache mit folglich hoher Klarheit und Verständlichkeit sichergestellt. Bei Freitext-Befunden werden unter Zeitdruck des klinischen Alltags hingegen häufig zweideutige, unklare Formulierungen verwendet, welche zu Verwirrungen, notwendigen Abklärungen der Zuweiser mit den Radiologen und schlimmstenfalls einer fehlerhaften Patientenversorgung führen können (88, 89, 93–95). Die signifikant erhöhte Gesamtqualität für SRs gegenüber NRs konnte in den vergangenen Jahren auch durch multiple andere Studien belegt werden. Als Gründe dafür wurden häufig die höhere Akkuratheit, Klarheit und Vollständigkeit angegeben (81, 89, 143, 149, 153).

Bezüglich der Vorzüge der strukturierten Befundung gegenüber Freitext-Befunden liegt derzeit noch eine teils widersprüchliche Studienlage vor. Deshalb besteht die Notwendigkeit weiterer individueller Untersuchungen für die verschiedenen Bildmodalitäten und einzelnen Templates.

5.3 Limitierungen der Studie

Diese Studie weist einige Limitationen auf. Erstens wurden sowohl das Template als auch die strukturierten Befunde alleinig durch einen Zahnarzt generiert und nicht wie die Freitext-Befunde durch unterschiedliche Radiologen. Dadurch kann beispielsweise

die besser bewertete sprachliche Qualität der SRs auch nur individuell auf den einen spezifischen und nicht den durchschnittlichen Zahnarzt zurückzuführen sein. Dem gegenüber beeinflussten bei den NRs variable linguistische Befundungsstile durch verschiedene Radiologen die Ergebnisse. Dementsprechend können die positiven Ergebnisse der SRs nicht zwingend für alle befundenden Ärzte verallgemeinert werden.

Zudem wurden die SRs durch einen Zahnarzt erstellt und durch zwei zusätzliche andere Zahnärzte evaluiert. Diese haben in ihrer Ausbildung durch einen vorgegebenen Lehrplan vermutlich eine ähnliche Herangehensweise an die Befundung von OPGs und auch Vorgaben bezüglich des Inhaltes und Aufbaus gelernt. Dabei ist es möglich, dass hierbei Differenzen gegenüber den Radiologen bestehen, welche die Freitext-Befunden erstellten. Somit könnten die NRs aufgrund eines abweichenden Schemas von ihrem gewohnten Befundungsstil und Struktur oder auch individueller Präferenzen der Zahnärzte bei der linguistischen und Gesamtqualität und auch bei der Informationsextraktion als schlechter eingestuft worden sein. Durch das Studiendesign besteht allerdings allgemein immer eine gewisse Subjektivität bei der Evaluation. Dennoch konnte die Studie auch zahlreiche positive Aspekte der strukturierten Befundung belegen, welche unabhängig von den individuellen Faktoren wie den sprachlichen Präferenzen sind wie die ausreichende Beantwortung der klinischen Fragestellung, genügend Informationen für die Entscheidungsfindung bezüglich des weiteren klinischen Vorgehens und der gewählten Therapieform. Zudem wurde eine deutliche Reduktion der fehlenden Schlüsselmerkmale festgestellt.

Weiterhin ist zu bedenken, dass die Befunde von nur zwei Zahnärzten bewertet wurden. Um den limitierenden Einfluss dieses Umstandes zu minimieren, waren beide Zahnärzte, welche die Fragebögen freiwillig und unabhängig voneinander evaluierten, erfahren und mit hoher Expertise bezüglich der Befundung von OPGs zur Diagnosestellung und Therapieplanung. Ihr Bewertungsprozess fand ohne Beeinflussung durch vorherige Mitteilung von erwarteten potenziellen Ergebnissen der Studie statt.

Eine weitere Einschränkung ist, dass die SRs und NRs durch das retrospektive Studiendesign jeweils nicht vom selben Arzt erstellt wurden und somit Einflüsse durch verschiedene individuelle Arbeitsweisen der Ärzte eine Rolle spielen. Der Zahnarzt, welcher die SRs erstellte, war durch seine Arbeit im Rahmen der Studie dazu verleitet eventuell sorgfältiger und achtsamer zu arbeiten als die Radiologen bei den NRs im

klinischen Alltag unter Zeitdruck. Ein retrospektives Studiendesign kann grundsätzlich die Aussagekraft einer Studie limitieren, da die Datenqualität häufig geringer als bei prospektiven Ansätzen ausfällt. Die vorliegenden OPGs und NRs bilden somit jedoch besser den stressigen klinischen Alltag ab. Ein weiterer Nachteil des retrospektiven Vorgehens ist, dass nicht bewertet werden kann, inwiefern SRs die Befundungszeit gegenüber NRs reduzieren und somit die Produktivität steigern können. Im Rahmen dieser Studie konnte so nur eine erleichterte und schnellere Informationsextraktion für die Zuweiser unterstützt durch den einheitlichen Aufbau bei der strukturierten Befundung festgestellt werden.

Das radiologische Informationssystem an der Klinik und Poliklinik für Radiologie der LMU enthält in seiner Datenbank darüber hinaus größtenteils OPGs zur Abklärung dentaler Erkrankungen vor geplanten Radio- und Chemotherapien bei Tumoren oder auch vor iatropher Immunsuppression durch Transplantationen. Zu beispielsweise Karzinomen oder Frakturen nach Traumata im Kieferbereich lagen häufig nur MRTs und CTs und keine OPGs vor, da die Erstdiagnose anhand von OPGs oftmals in anderen Abteilungen gestellt wurde und die Patienten erst anschließend für die weitere Bildgebung überwiesen wurden. Dadurch konnten bei den 50 zufällig selektierten OPGs keine Indikationsstellungen aus allen Bereichen wie der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Kieferorthopädie und Zahnmedizin mit allen möglichen Befunden, Pathologien und klinischen Fragestellungen abgedeckt werden. Die Ergebnisse hätten bei einer größeren Anzahl an OPGs mit höherer Variabilität anders ausfallen können, da das Template nicht explizit für spezifische Fachgebiete oder individuelle seltene Patientenfälle ausgelegt wurde und folglich eventuell nicht detailliert genug gewesen wäre oder alle notwendigen Optionen im Entscheidungsbaum beinhaltet hätte.

Die SRs wurden durch ein Online-Software-Template mit anklickbarem Entscheidungsbaum mit Auswahllisten, Ja-Nein-Fragen und Freitext-Feldern generiert. Dadurch können die Ergebnisse der Studie nicht auf alle Formen der strukturierten Befundung übertragen werden, da durch die fehlende Option der Freitext-Felder die Befundung schon sehr viel rigider wäre und auch zu fehlenden relevanten Informationen hätte führen könnte. Hierbei ist auch kritisch zu betrachten, dass das Template keinen mehrstufigen Prüfungsprozess durch ein Gremium von Experten durchlief und im

Anschluss durch Feedback von Zuweisern oder Radiologen angepasst und verbessert wurde.

Diese Studie bezog sich darüber hinaus nur auf die Orthopantomographie. Die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere Bildmodalitäten im Bereich der dentalen Bildgebung wurde bislang nur unzureichend erforscht.

Zukünftig wäre eine prospektive Studie zur Bewertung von SRs gegenüber NRs mit einer höheren Anzahl an befundenden und evaluierenden Ärzten und OPGs sinnvoll idealerweise im Rahmen einer Multicenter-Studie mit Daten von verschiedenen Fachrichtungen. Durch ein prospektives Studiendesign könnten zudem die Zeiten für die Berichterstellung untersucht werden. Es wäre auch empfohlen die genauen Zeiten, welche für das Lesen des Befundes und die Informationsextraktion benötigt werden, zu erfassen. Somit könnten bessere Aussagen zur Workflow-Effizienz und Zeitökonomie getroffen werden. Bei dieser Studie konnte bezüglich OPGs bislang nur gezeigt werden, dass durch SRs die Informationsextraktion leichter und schneller erfolgen konnte und, dass weniger Rücksprachen mit dem berichterstellenden Radiologen nötig waren, was bereits auf eine Zeitersparnis durch SRs hindeutet. Nachteilig an einer prospektiven Herangehensweise wäre allerdings die Gefahr einer Voreingenommenheit mit verändertem Verhalten der Radiologen bei der Freitext-Befundung.

5.4 Schlussfolgerung und Ausblick

Zusammenfassend belegt diese Studie die Übertragbarkeit der Vorteile der strukturierten Befundung gegenüber Freitext-Befunden wie bessere Vollständigkeit, Lesbarkeit, interdisziplinäre Kommunikation und Gesamtqualität auch auf die Orthopantomographie. Dabei könnten spezifisch auf OPGs abgestimmte Templates nicht nur den klinischen Alltag der Radiologie, sondern auch den der Zahnmedizin, Kieferorthopädie und Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie bereichern, wo Röntgenaufnahmen häufig ohne zusätzliche Konsultation eines Radiologen erfolgen.

Allgemein ist eine flächendeckende Einführung der strukturierten Befundung in der Radiologie zu erwarten. Dies bietet insbesondere für die Lehre und Forschung große Möglichkeiten und stellt eine Bereicherung des klinischen Alltags dar. Jedoch ist es fraglich, ob es jemals eine allgemeingültige optimale Form der strukturierten Befundung

für alle Fachrichtungen und Bildmodalitäten geben kann. Wahrscheinlicher ist es, dass individuelle Anpassungen für die verschiedene Bereiche und Fragestellungen nötig werden, um das größtmögliche Potenzial entfalten und den maximalen Nutzen aus der strukturierten Befundung ziehen zu können. Zudem wäre zunächst ein hybrider Befundungsansatz empfehlenswert, welcher beispielsweise einen Entscheidungsbaum mit Freitext-Elementen kombiniert, um so durch ausreichende Flexibilität und ohne Einschränkung des klinischen Workflows die Umstellung auf das neues System erleichtert (64).

6 Zusammenfassung

Trotz zahlreicher technologischer Innovationen, der zunehmenden Digitalisierung und erheblichen Fortschritten im Fachbereich der Radiologie stagnierte der radiologische Befund größtenteils in seiner ursprünglichen konventionellen Freitext-Form. In den letzten Jahrzehnten setzten sich zahlreiche Organisationen und Initiativen wie die Deutsche Röntgengesellschaft, die European Society of Radiology, das American College of Radiology und die Radiological Society of North America für die Etablierung der strukturierten Befundung ein. Dabei konnten bereits kleine Erfolge wie das RadLex und die Website RadReport verzeichnet werden. Dennoch konnte sich die strukturierte Befundung bislang noch nicht weitläufig im klinischen Alltag durchsetzen. Die Studienlage dazu ist teils noch heterogen, wobei heute viele Vorteile festgestellt werden konnten. Diese umfassen unter anderem eine bessere Vollständigkeit, Verständlichkeit, Klarheit, interdisziplinäre Kommunikation, Effizienz, Übersichtlichkeit und Informationsextraktion. Darüber hinaus bietet die strukturierte Befundung zahlreiche Möglichkeiten für die Lehre und Forschung, den internationalen Austausch und den klinischen Alltag durch positive Beeinflussung der Patientenversorgung. Dadurch wird sie vom Großteil der Radiologen und auch Zuweisern präferiert und führt zu einer signifikant erhöhten Gesamtqualität. Nachteilig muss jedoch beachtet werden, dass diese Vorzüge lediglich bei korrekter Umsetzung einer optimal ausgewählten, angepassten und flexiblen Form eintreten, welche auf die jeweilige Bildmodalität, Untersuchungsart und Pathologie abgestimmt wurde.

Das primäre Ziel der vorliegenden Dissertation war es anhand einer retrospektiven Studie die Übertragbarkeit des Potenzials der strukturierten Befundung auf die Orthopantomographie zu evaluieren. Dabei wurden aus dem klinischen Informationssystem der Klinik und Poliklinik für Radiologie der Ludwig-Maximilians-Universität München 50 Orthopantomographien zufällig selektiert und die jeweiligen von unterschiedlichen Radiologen verfassten Freitext-Befunde mit strukturierten Befunden verglichen wurden, welche im Nachhinein durch einen approbierten Zahnarzt mithilfe eines auf der Website Smart Radiology erstellten Templates mit anklickbarem Entscheidungsbaum generiert wurden. Die Evaluation der Befunde erfolgte mithilfe eines ebenfalls von diesem Zahnarzt angefertigten Fragebogens durch zwei zusätzliche

andere approbierte Zahnärzte, welche die Beantwortung der klinischen Fragestellung, das Ausreichen der Informationen für die Planung des weiteren klinischen Vorgehens und der Therapieform, das Fehlen von Schlüsselmerkmalen, die Leichtigkeit beziehungsweise Schnelle der Informationsextraktion und der Unterstützung des Aufbaus dabei bewerteten. Zudem wurde das Vertrauen in die gegebenen Informationen und sowohl die linguistische als auch die Gesamtqualität der Berichte beurteilt.

Alle strukturierten Befunde (100%) beantworteten die Fragestellung des überweisenden Arztes gegenüber 42% der NRs ($p < 0.05$). Alle SRs (100%) ermöglichten eine Entscheidungsfindung bezüglich des weiteren klinischen Vorgehens gegenüber 29% der NRs ($p < 0.05$). Dabei waren die gegebenen Informationen für die gewählte Therapie bei allen SRs (100%) ausreichend gegenüber 27% bei den NRs ($p < 0.05$). Darüber hinaus fehlten bei den SRs in 3% mindestens ein wichtiges Schlüsselmerkmal, wohingegen dieser Wert bei den NRs bei 96% lag ($p < 0.05$). Die Informationsextraktion wurde bei 100% der SRs und 52% der NRs als „einfach/ schnell“ eingestuft ($p < 0.05$). Unter den NRs war die Informationsextraktion bei 45% „mit Aufwand“ zu bewältigen und bei 3% „sehr zeitaufwendig“. Bei 100% der SRs wurde der Aufbau des Befundes dabei als hilfreich für die Informationsentnahme wahrgenommen gegenüber 39% bei den NRs ($p < 0.05$). Die evaluierenden Zahnärzte vertrauten den vorliegenden Informationen bei den SRs signifikant mehr mit einem Mittelwert von 5.97 (CI: 5.94-6) auf der Likert-Skala gegenüber 4.27 (CI: 4.14-4.40) bei den NRs ($p < 0.05$). Die SRs erhielten zudem signifikant höhere Bewertungen bezüglich der sprachlichen Qualität mit einem Mittelwert von 6.0 auf der Likert-Skala gegenüber 5.42 (CI: 5.28-5.56) bei den NRs ($p < 0.05$). Die Gesamtqualität des Befundes konnte durch die strukturierte Befundung signifikant verbessert werden. Während NRs mit 4.53 (CI: 4.41-4.65) bewertet wurden, lag dieser Wert bei den SRs bei 5.97 (CI: 5.94-6) ($p < 0.05$). Die Übereinstimmung beider Bewerter war dabei signifikant.

Die strukturierte Befundung konnte somit auch bezogen auf die Orthopantomographie die Gesamtqualität der Befunde gegenüber Freitext-Formen verbessern und stellt eine wertvolle Bereicherung des klinischen Alltages im Rahmen der Entscheidungsfindung und der interdisziplinären Kommunikationen dar.

7 Abstract (Englisch)

Despite numerous technological innovations, increasing digitization and significant advances in the field of radiology, radiology reporting has largely stagnated in its original conventional free-text form. In recent decades, numerous organizations and initiatives, such as the German Radiological Society, European Society of Radiology, American College of Radiology and Radiological Society of North America, have worked to establish structured reporting. Small successes have already been recorded, such as the RadLex and the RadReport website. Nevertheless, structured reporting has not yet become widely accepted in everyday clinical practice. The study situation is still heterogeneous in part, although many advantages have been identified today. These include better completeness, comprehensibility, clarity, interdisciplinary communication, efficiency, clarity and information extraction. In addition, structured reporting offers numerous opportunities for teaching and research, international exchange and clinical practice by positively influencing patient care. Thus, it is preferred by the majority of radiologists and also referring physicians and leads to a significantly increased overall quality. On the downside, however, it must be noted that these benefits only occur with the correct implementation of an optimally selected, adapted and flexible form, that has been matched to the particular image modality, examination type and pathology.

The primary goal of this dissertation was to evaluate the transferability of the potential of structured reporting to orthopantomography by means of a retrospective study. For this purpose, 50 orthopantomograms were randomly selected from the clinical information system of the Clinic and Polyclinic for Radiology of the Ludwig-Maximilians-Universität Munich and the respective free-text reports written by different radiologists were compared with structured reports generated retrospectively by a certified dentist using a template with a clickable decision tree created on the Smart Radiology website. The evaluation of the findings was carried out with the aid of a questionnaire also created from that one dentist by two additional different certified dentists, who evaluated the answering of the clinical question, the sufficiency of the information for planning the further clinical procedure and the form of therapy, the absence of key features, the ease or speed of the extraction of information and the support of the

structure in the process. In addition, trust in the information given and both the linguistic and overall quality of the reports were assessed.

All structured reports (100%) answered the question of the referring physician compared to 42% of the free text reports ($p < 0.05$). All structured reports (100%) enabled a decision regarding the further clinical procedure compared to 29% of the free-text reports ($p < 0.05$). Thereby, the given information for the chosen therapy was sufficient in all structured reports (100%) versus 27% in the free-text reports ($p < 0.05$). In addition, 3% of the structured reports lacked at least one important key feature, whereas this value was 96% for the free-text reports ($p < 0.05$). Information extraction was rated as "easy/ fast" in 100% of structured reports and 52% of free-text reports ($p < 0.05$). Among the free-text reports, information extraction was "effortful" in 45% and "very time-consuming" in 3%. In 100% of the structured reports, the structure of the findings was perceived as helpful for information extraction compared with 39% of the free-text reports ($p < 0.05$). The evaluating dentists trusted the available information significantly more with the structured reports, with a mean of 5.97 (CI: 9.94-6) on the Likert scale compared with 4.27 (CI: 4.14-4.40) for the free-text reports ($p < 0.05$). The structured reports also received significantly higher ratings regarding language quality with a mean of 6.0 on the Likert scale compared to 5.42 (CI: 5.28-5.56) for the free text reports ($p < 0.05$). The overall quality of the reports was significantly improved by structured reporting. While free-text reports were rated at 4.53 (CI: 4.41-4.65), this value was 5.97 (CI: 5.94-6) for the structured reports ($p < 0.05$). The agreement between the two raters was significant.

Structured reporting was thus able to improve the overall quality of the reports compared to free-text forms in relation to orthopantomography as well and represents a valuable enrichment of everyday clinical practice in the context of decision-making and interdisciplinary communications.

8 Abkürzungsverzeichnis

PACS	Picture Archiving and Communicating System
RIS	Radiologisches Informationssystem
GOÄ	Gebührenordnung für Ärzte
EBM	Einheitlicher Bewertungsmaßstab
KBV	Kassenärztliche Bundesvereinigung
DIN	Deutsche Industrienorm
ESR	European Society of Radiology
ACR	American College of Radiology
RSNA	Radiological Society of North America
DICOM	Digital Imaging and Communications in Medicine
KIS	Krankenhausinformationssystem
DRG	Deutsche Röntgengesellschaft
BI-RADS	Breast Imaging Reporting and Data System
LI-RADS	Liver Imaging Reporting and Data System
PI-RADS	Prostate Imaging Reporting and Data System
CAD-RADS	Coronary Artery Disease Imaging Reporting and Data System
XML	Extensible Markup Language
AGIT	Arbeitsgemeinschaft Informationstechnologie
IT	Informationstechnologie
TLAP	Template Library Advisory Panel
SRs	Strukturierte Befunde (von englisch: Structured Reports)
NRs	Freitext-Befunde (von englisch: Non-Structured Reports)
CT	Computertomographie

MRT	Magnetresonanztomographie
DXA	Dual Energy X-ray Absorptiometry
CDE	Common Data Elements
KI	Künstliche Intelligenz
MIRC	Medical Imaging Resource Center
DVT	Digitale Volumetomographie
CBCT	Cone-Beam-Computertomographie
OPG	Orthopantomogramm
OPT	Orthopantomograph
CCD	Charge-coupled Device
μSv	Mikrosievert
LMU	Ludwig-Maximilians-Universität
CI	Konfidenzintervall

8.1 Literatur

1. Pasler FA. Zahnärztliche Radiologie. 6., unveränderte Auflage. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag; 2017. (Thieme eRef).
2. Potthast JB. 100. Todestag von Wilhelm Conrad Röntgen: Ein Foto, das die Welt veränderte [Dr. Jan Björn Potthast]; 2023 [Stand: 21.02.2023]. Verfügbar unter: <https://www.dpma.de/dpma/veroeffentlichungen/meilensteine/erfindungenmitgeschichten/roentgen-strahlen/index.html>.
3. Röntgen WC. Ueber eine neue Art von Strahlen. Vorläufige Mitteilung. Sitzungsberichte der Würzburger physik-med Gesellschaft Würzburg. 1895:132–41 [Stand: 10.03.2023]. Verfügbar unter: https://www.xtal.iqfr.csic.es/Cristalografia/archivos_10/Uber_eine_neue_art_von_strahlen_ocr.pdf.
4. Langlotz CP. Radiology report: A guide to thoughtful communication for radiologists and other medical professionals. San Bernardino, CA: CreateSpace Independent Publishing Platform; 2015.
5. Brady AP. Radiology reporting-from Hemingway to HAL? Insights Imaging 2018; 9(2):237–46. doi: 10.1007/s13244-018-0596-3.
6. Wallis A, McCoubrie P. The radiology report--are we getting the message across? Clin Radiol 2011; 66(11):1015–22. doi: 10.1016/j.crad.2011.05.013.
7. Gagliardi RA. The evolution of the X-ray report. AJR Am J Roentgenol 1995; 164(2):501–2. doi: 10.2214/ajr.164.2.7839998.
8. Berlin L. Radiology reports. AJR Am J Roentgenol 1997; 169(4):943–6. doi: 10.2214/ajr.169.4.9308440.
9. Reiner BI, Knight N, Siegel EL. Radiology reporting, past, present, and future: the radiologist's perspective. J Am Coll Radiol 2007; 4(5):313–9. doi: 10.1016/j.jacr.2007.01.015.
10. Reiner BI. Strategies for radiology reporting and communication. Part 1: challenges and heightened expectations. J Digit Imaging 2013; 26(4):610–3. doi: 10.1007/s10278-013-9615-6.
11. Sinitsyn VE, Komarova MA, Mershina EA. Radiology report: past, present and future. Vestn Rentgenol Radiol 2014; (3):35–40.
12. Hartung MP, Bickle IC, Gaillard F, Kanne JP. How to Create a Great Radiology Report. Radiographics 2020; 40(6):1658–70. doi: 10.1148/rg.2020200020.
13. Hawkins CM, Hall S, Zhang B, Towbin AJ. Creation and implementation of department-wide structured reports: an analysis of the impact on error rate in radiology reports. J Digit Imaging 2014; 27(5):581–7. doi: 10.1007/s10278-014-9699-7.

14. Marcovici PA, Taylor GA. Journal Club: Structured radiology reports are more complete and more effective than unstructured reports. *AJR Am J Roentgenol* 2014; 203(6):1265–71. doi: 10.2214/AJR.14.12636.
15. Lin E, Powell DK, Kageitsu NJ. Efficacy of a checklist-style structured radiology reporting template in reducing resident misses on cervical spine computed tomography examinations. *J Digit Imaging* 2014; 27(5):588–93. doi: 10.1007/s10278-014-9703-2.
16. Hales BM, Pronovost PJ. The checklist--a tool for error management and performance improvement. *Journal of critical care* 2006; 21(3):231–5. doi: 10.1016/j.jcrc.2006.06.002.
17. Hackländer T. Strukturierte Befundung in der Radiologie. *Der Radiologe* 2013; 53(7):613–7. doi: 10.1007/s00117-013-2493-6.
18. Richtlinie zu Aufzeichnungspflichten nach den §§ 18, 27, 28 und 36 der Röntgenverordnung und Bekanntmachung zum Röntgenpass– Richtlinie Aufzeichnungen nach RöV; 2006 [Stand: 10.03.2023]. Verfügbar unter: https://www.verwaltungsvorschriften-im-internet.de/bsvwvbund_31072006_RS1141143210.htm.
19. Verordnung zur weiteren Modernisierung des Strahlenschutzrechts; 2018 [Stand: 10.03.2023]. Verfügbar unter: [https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBL&start=/*\[@attr_id=%27bgbl118s2034.pdf%27\]#__bgbl__%2F%2F*%5B%40attr_id%3D%27bgbl118s2034.pdf%27%5D__1676457174142](https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBL&start=/*[@attr_id=%27bgbl118s2034.pdf%27]#__bgbl__%2F%2F*%5B%40attr_id%3D%27bgbl118s2034.pdf%27%5D__1676457174142).
20. Veith H. Strahlenschutzgesetz mit Verordnungen: Textausgabe mit einer erläuternden Einführung. 12., aktualisierte und vollständig überarbeitete Auflage, Stand: Oktober 2021. Köln: Reguvis; 2022.
21. DIN 6827-5: Protokollierung bei der medizinischen Anwendung ionisierender Strahlung – Teil 5: Radiologischer Befundbericht; 2004 [Stand: 10.04.2023]. Verfügbar unter: <https://www.befundung.drg.de/de-DE/2912/normen-und-richtlinien/>.
22. DRG. Radiologische Befundung: Normen und Richtlinien; 2023 [Stand: 22.03.2023]. Verfügbar unter: <https://www.befundung.drg.de/de-DE/2912/normen-und-richtlinien/>.
23. Hackländer T. Standardisierung des radiologischen Befundberichtes -- Norm DIN 6827-5. *Rofo* 2004; 176(10):1481–4. doi: 10.1055/s-2004-813363.
24. Beuth Verlag. DIN 25300-1: Prozesse in der Radiologie - Teil 1: Befundung eines bildgebenden oder bildgestützten Verfahrens; 2018 [Stand: 01.03.2023]. Verfügbar unter: <https://www.beuth.de/de/norm/din-25300-1/281037633>.
25. ESR. Good practice for radiological reporting. Guidelines from the European Society of Radiology (ESR). *Insights Imaging* 2011; 2(2):93–6. doi: 10.1007/s13244-011-0066-7.

26. ACR practice guideline for communication of diagnostic imaging findings.; 2001 [Stand: 26.03.2023]. Verfügbar unter:
https://chrschicago.org/images/meeting/092509/acrguideline_comm_diag_findings.pdf.
27. RSNA. About RadReport; 2023 [Stand: 24.02.2023]. Verfügbar unter:
<https://www.radreport.org/about>.
28. Armas RR. Qualities of a good radiology report. *AJR Am J Roentgenol* 1998; 170(4):1110. doi: 10.2214/ajr.170.4.9530077.
29. Reiner BI. The challenges, opportunities, and imperative of structured reporting in medical imaging. *J Digit Imaging* 2009; 22(6):562–8. doi: 10.1007/s10278-009-9239-z.
30. McLoughlin RF, So CB, Gray RR, Brandt R. Radiology reports: how much descriptive detail is enough? *AJR Am J Roentgenol* 1995; 165(4):803–6. doi: 10.2214/ajr.165.4.7676970.
31. Lafortune M, Breton G, Baudouin JL. The radiological report: what is useful for the referring physician? *Can Assoc Radiol J* 1988; 39(2):140–3.
32. Hall FM. Language of the radiology report: primer for residents and wayward radiologists. *AJR Am J Roentgenol* 2000; 175(5):1239–42. doi: 10.2214/ajr.175.5.1751239.
33. Friedman PJ. Radiologic reporting: structure. *AJR Am J Roentgenol* 1983; 140(1):171–2. doi: 10.2214/ajr.140.1.171.
34. Clinger NJ, Hunter TB, Hillman BJ. Radiology reporting: attitudes of referring physicians. *Radiology* 1988; 169(3):825–6. doi: 10.1148/radiology.169.3.3187005.
35. Rothman M. Malpractice issues in radiology: radiology reports. *AJR Am J Roentgenol* 1998; 170(4):1108–9. doi: 10.2214/ajr.170.4.9530073.
36. Badley BW. A clinician's expectation of the radiologist. *J Can Assoc Radiol* 1977; 28(4):285–6 [Stand: 15.03.2023]. Verfügbar unter:
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/925072/>.
37. Mozumdar BC, Jones G. Medico-legal issues in radiological consultation. *Radiology management* 2003; 25(5):40–3.
38. Weiss DL, Langlotz CP. Structured reporting: patient care enhancement or productivity nightmare? *Radiology* 2008; 249(3):739–47. doi: 10.1148/radiol.2493080988.
39. Khorasani R, Bates DW, Teeger S, Rothschild JM, Adams DF, Seltzer SE. Is terminology used effectively to convey diagnostic certainty in radiology reports? *Acad Radiol* 2003; 10(6):685–8. doi: 10.1016/s1076-6332(03)80089-2.
40. Durack JC. The value proposition of structured reporting in interventional radiology. *AJR Am J Roentgenol* 2014; 203(4):734–8. doi: 10.2214/AJR.14.13112.
41. Clunie DA. DICOM structured reporting. Bangor, Pa.: PixelMed Publ; 2000.

42. Clunie DA. DICOM structured reporting and cancer clinical trials results. *Cancer Inform* 2007; 4:33–56. doi: 10.4137/cin.s37032.
43. Kong A, Barnett GO, Mosteller F, Youtz C. How medical professionals evaluate expressions of probability. *N Engl J Med* 1986; 315(12):740–4. doi: 10.1056/NEJM198609183151206.
44. Langlotz CP. RadLex: a new method for indexing online educational materials. *Radiographics* 2006; 26(6):1595–7. doi: 10.1148/rg.266065168.
45. Ganeshan D, Duong PT, Probyn L, Lenchik L, McArthur TA, Retrouvey M et al. Structured Reporting in Radiology. *Acad Radiol* 2018; 25(1):66–73. doi: 10.1016/j.acra.2017.08.005.
46. Kotter E, Pinto dos Santos D. Strukturierte Befundung in der Radiologie : Sicht der deutschen und europäischen Fachgesellschaften. *Der Radiologe* 2021; 61(11):979–85. doi: 10.1007/s00117-021-00921-4.
47. Pinto dos Santos D. Strukturierte Befundung: Wo stehen wir 2016? *Rofo* 2016; 188(S 01). doi: 10.1055/s-0036-1581246.
48. Pinto dos Santos D, Hempel J, Mildenerberger P, Klöckner R, Persigehl T. Strukturierte Befundung in der klinischen Routine. *Rofo* 2019; 191(1):33–9. doi: 10.1055/a-0636-3851.
49. Gunderman RB, McNeive LR. Is structured reporting the answer? *Radiology* 2014; 273(1):7–9. doi: 10.1148/radiol.14132795.
50. Morgan TA, Helibrun ME, Kahn CE. Reporting initiative of the Radiological Society of North America: progress and new directions. *Radiology* 2014; 273(3):642–5. doi: 10.1148/radiol.14141227.
51. Dunnick NR, Langlotz CP. The radiology report of the future: a summary of the 2007 Intersociety Conference. *J Am Coll Radiol* 2008; 5(5):626–9. doi: 10.1016/j.jacr.2007.12.015.
52. D'Orsi CJ, Newell MS. BI-RADS decoded: detailed guidance on potentially confusing issues. *Radiol Clin North Am* 2007; 45(5):751–63, v. doi: 10.1016/j.rcl.2007.06.003.
53. Burnside ES, Sickles EA, Bassett LW, Rubin DL, Lee CH, Ikeda DM et al. The ACR BI-RADS experience: learning from history. *J Am Coll Radiol* 2009; 6(12):851–60. doi: 10.1016/j.jacr.2009.07.023.
54. Woodard GA, Ray KM, Joe BN, Price ER. Qualitative Radiogenomics: Association between Oncotype DX Test Recurrence Score and BI-RADS Mammographic and Breast MR Imaging Features. *Radiology* 2018; 286(1):60–70. doi: 10.1148/radiol.2017162333.
55. Albert U, Hrsg. Stufe-3-Leitlinie Brustkrebs-Früherkennung in Deutschland: Konzentrierte Aktion Brustkrebs-Früherkennung in Deutschland. 1. Aktualisierung 2008. München: Zuckschwerdt; 2008 [Stand: 23.02.2023]. Verfügbar unter: https://register.awmf.org/assets/guidelines/077-001_S3_Brustkrebs-Fruherkennung_lang_02-2008_02-2011.pdf.

56. Universitätsklinikum des Saarlandes. BI-RADS-Klassifikation; 2023 [Stand: 28.03.2023]. Verfügbar unter: https://www.uniklinikum-saarland.de/de/einrichtungen/kliniken_institute/radiologie/radiodiagnostik/fuer_patienten/mammadiagnostik_auf_hoehstem_niveau/bi_rads_klassifikation.
57. Geyer T, Rübenthaler J, Marschner C, Hake M von, Fabritius MP, Froelich MF et al. Structured Reporting Using CEUS LI-RADS for the Diagnosis of Hepatocellular Carcinoma (HCC)—Impact and Advantages on Report Integrity, Quality and Interdisciplinary Communication. *Cancers* 2021; 13(3):534. doi: 10.3390/cancers13030534.
58. American College of Radiology. LI-RADS-2018-CT-MRI-Core-German [Stand: 23.02.2023]. Verfügbar unter: <https://www.acr.org/-/media/ACR/Files/RADS/LI-RADS/Translations/LI-RADS-2018-CT-MRI-Core-German.pdf>.
59. Weinreb JC, Barentsz JO, Choyke PL, Cornud F, Haider MA, Macura KJ et al. PI-RADS Prostate Imaging - Reporting and Data System: 2015, Version 2. *Eur Urol* 2016; 69(1):16–40. doi: 10.1016/j.eururo.2015.08.052.
60. Maroules CD, Hamilton-Craig C, Branch K, Lee J, Cury RC, Maurovich-Horvat P et al. Coronary artery disease reporting and data system (CAD-RADSTM): Inter-observer agreement for assessment categories and modifiers. *J Cardiovasc Comput Tomogr* 2018; 12(2):125–30. doi: 10.1016/j.jcct.2017.11.014.
61. Bassett LW, Monsees BS, Smith RA, Wang L, Hooshi P, Farria DM et al. Survey of radiology residents: breast imaging training and attitudes. *Radiology* 2003; 227(3):862–9. doi: 10.1148/radiol.2273020046.
62. Kahn CE, Heilbrun ME, Applegate KE. From guidelines to practice: how reporting templates promote the use of radiology practice guidelines. *J Am Coll Radiol* 2013; 10(4):268–73. doi: 10.1016/j.jacr.2012.09.025.
63. RadReport reporting templates; 2023 [Stand: 23.02.2023]. Verfügbar unter: <https://www.rsna.org/practice-tools/data-tools-and-standards/radreport-reporting-templates>.
64. Kim SH, Mir-Bashiri S, Matthies P, Sommer W, Nörenberg D. Integration der strukturierten Befundung in den radiologischen Routine-Workflow. *Der Radiologe* 2021; 61(11):1005–13. doi: 10.1007/s00117-021-00917-0.
65. Faggioni L, Coppola F, Ferrari R, Neri E, Regge D. Usage of structured reporting in radiological practice: results from an Italian online survey. *Eur Radiol* 2017; 27(5):1934–43. doi: 10.1007/s00330-016-4553-6.
66. Powell DK, Silberzweig JE. State of structured reporting in radiology, a survey. *Acad Radiol* 2015; 22(2):226–33. doi: 10.1016/j.acra.2014.08.014.
67. Langlotz CP. Structured Radiology Reporting: Are We There Yet? *Radiology* 2009; 253(1):23–5. doi: 10.1148/radiol.2531091088.
68. Sinitsyn VE, Komarova MA, Merzhina EA. Structured radiology reports. *Vestn Rentgenol Radiol* 2014; (6):47–52.

69. RadMag. Strukturiert zum Befund 2020; (03):42–8 [Stand: 28.02.2023]. Verfügbar unter: <https://fuse-ai.de/wp-content/uploads/2020/12/5a.-Anhang-RadMagazin-2020.pdf>.
70. Nobel JM, van Geel K, Robben SGF. Structured reporting in radiology: a systematic review to explore its potential. *Eur Radiol* 2022; 32(4):2837–54. doi: 10.1007/s00330-021-08327-5.
71. Nobel JM, Kok EM, Robben SGF. Redefining the structure of structured reporting in radiology. *Insights Imaging* 2020; 11(1):10. doi: 10.1186/s13244-019-0831-6.
72. ESR paper on structured reporting in radiology. *Insights Imaging* 2018; 9(1):1–7. doi: 10.1007/s13244-017-0588-8.
73. DRG. Strukturierte Befundung; 2023 [Stand: 28.02.2023]. Verfügbar unter: <https://www.befundung.drg.de/de-DE/2908/strukturierte-befundung/>.
74. Johnson AJ, Chen MYM, Swan JS, Applegate KE, Littenberg B. Cohort study of structured reporting compared with conventional dictation. *Radiology* 2009; 253(1):74–80. doi: 10.1148/radiol.2531090138.
75. Bosmans JML, Peremans L, Menni M, Schepper AM de, Duyck PO, Parizel PM. Structured reporting: if, why, when, how-and at what expense? Results of a focus group meeting of radiology professionals from eight countries. *Insights Imaging* 2012; 3(3):295–302. doi: 10.1007/s13244-012-0148-1.
76. Granata V, Muzio F de, Cutolo C, Dell'Aversana F, Grassi F, Grassi R et al. Structured Reporting in Radiological Settings: Pitfalls and Perspectives. *J Pers Med* 2022; 12(8). doi: 10.3390/jpm12081344.
77. Hickey PM. Standardization of roentgen-ray reports. *AJR Am J Roentgenol* 1922; (9):442–5.
78. Siström CL, Langlotz CP. A framework for improving radiology reporting. *J Am Coll Radiol* 2005; 2(2):159–67. doi: 10.1016/j.jacr.2004.06.015.
79. Lee CS, Nagy PG, Weaver SJ, Newman-Toker DE. Cognitive and system factors contributing to diagnostic errors in radiology. *AJR Am J Roentgenol* 2013; 201(3):611–7. doi: 10.2214/AJR.12.10375.
80. Anderson TJT, Lu N, Brook OR. Disease-Specific Report Templates for Your Practice. *J Am Coll Radiol* 2017; 14(8):1055–7. doi: 10.1016/j.jacr.2016.12.019.
81. Ernst BP, Hodeib M, Strieth S, Künzel J, Bischof F, Hackenberg B et al. Structured reporting of head and neck ultrasound examinations. *BMC Med Imaging* 2019; 19(1):25. doi: 10.1186/s12880-019-0325-5.
82. Sobel JL, Pearson ML, Gross K, Desmond KA, Harrison ER, Rubenstein LV et al. Information content and clarity of radiologists' reports for chest radiography. *Acad Radiol* 1996; 3(9):709–17. doi: 10.1016/s1076-6332(96)80407-7.
83. Srinivasa Babu A, Brooks ML. The malpractice liability of radiology reports: minimizing the risk. *Radiographics* 2015; 35(2):547–54. doi: 10.1148/rg.352140046.

84. Quattrocchi CC, Giona A, Di Martino AC, Errante Y, Scarciolla L, Mallio CA et al. Extra-spinal incidental findings at lumbar spine MRI in the general population: a large cohort study. *Insights Imaging* 2013; 4(3):301–8. doi: 10.1007/s13244-013-0234-z.
85. Künzel J, Bozzato A, Ernst BP, Fuhrmann T, Ugele I, Scherl C et al. Qualität in der Befundung von Kopf- und Halssonographien an Universitätskliniken – eine Stichprobe. *HNO* 2021; 69(11):907–12. doi: 10.1007/s00106-020-00989-9.
86. 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* 2015; 205(3):584–8. doi: 10.2214/AJR.14.14053.
87. Schoeppe F, Sommer WH, Nörenberg D, Verbeek M, Bogner C, Westphalen CB et al. Structured reporting adds clinical value in primary CT staging of diffuse large B-cell lymphoma. *Eur Radiol* 2018; 28(9):3702–9. doi: 10.1007/s00330-018-5340-3.
88. Schoeppe F, Sommer WH, Schmidutz F, Pförringer D, Armbruster M, Paprottka KJ et al. Structured reporting of x-rays for atraumatic shoulder pain: advantages over free text? *BMC Med Imaging* 2018; 18(1):20. doi: 10.1186/s12880-018-0262-8.
89. Sabel BO, Plum JL, Kneidinger N, Leuschner G, Koletzko L, Raziorrouh B et al. Structured reporting of CT examinations in acute pulmonary embolism. *J Cardiovasc Comput Tomogr* 2017; 11(3):188–95. doi: 10.1016/j.jcct.2017.02.008.
90. Buckley BW, Daly L, Allen GN, Ridge CA. Recall of structured radiology reports is significantly superior to that of unstructured reports. *Br J Radiol* 2018; 91(1083):20170670. doi: 10.1259/bjr.20170670.
91. Ghoshhajra BB, Lee AM, Ferencik M, Elmariah S, Margey RJP, Onuma O et al. Interpreting the interpretations: the use of structured reporting improves referring clinicians' comprehension of coronary CT angiography reports. *J Am Coll Radiol* 2013; 10(6):432–8. doi: 10.1016/j.jacr.2012.11.012.
92. Schwartz LH, Panicek DM, Berk AR, Li Y, Hricak H. Improving communication of diagnostic radiology findings through structured reporting. *Radiology* 2011; 260(1):174–81. doi: 10.1148/radiol.11101913.
93. Naik SS, Hanbidge A, Wilson SR. Radiology reports: examining radiologist and clinician preferences regarding style and content. *AJR Am J Roentgenol* 2001; 176(3):591–8. doi: 10.2214/ajr.176.3.1760591.
94. Plumb AAO, Grieve FM, Khan SH. Survey of hospital clinicians' preferences regarding the format of radiology reports. *Clin Radiol* 2009; 64(4):386–94; 395–6. doi: 10.1016/j.crad.2008.11.009.
95. Grieve FM, Plumb AA, Khan SH. Radiology reporting: a general practitioner's perspective. *Br J Radiol* 2010; 83(985):17–22. doi: 10.1259/bjr/16360063.
96. „Mit der strukturierten Befundung sind wir auf einem sehr guten Weg, unsere Qualität weiter zu verbessern“. *Rofo* 2022; 194(7):783–5. doi: 10.1055/a-1844-3734.

97. Bosmans JML, Weyler JJ, Schepper AM de, Parizel PM. The radiology report as seen by radiologists and referring clinicians: results of the COVER and ROVER surveys. *Radiology* 2011; 259(1):184–95. doi: 10.1148/radiol.10101045.
98. 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* 2010; 7(7):501–6. doi: 10.1016/j.jacr.2010.02.008.
99. Berlin L. Communicating results of all radiologic examinations directly to patients: has the time come? *AJR Am J Roentgenol* 2007; 189(6):1275–82. doi: 10.2214/AJR.07.2740.
100. Physician Insurers Association of America. PIAA data sharing reports: January 1, 1985- June 30, 2003. Rockville, MD; 2003.
101. Kushner DC, Lucey LL. Diagnostic radiology reporting and communication: the ACR guideline. *J Am Coll Radiol* 2005; 2(1):15–21. doi: 10.1016/j.jacr.2004.08.005.
102. Whang JS, Baker SR, Patel R, Luk L, Castro A. The causes of medical malpractice suits against radiologists in the United States. *Radiology* 2013; 266(2):548–54. doi: 10.1148/radiol.12111119.
103. Garvey CJ, Connolly S. Radiology reporting--where does the radiologist's duty end? *Lancet* 2006; 367(9508):443–5. doi: 10.1016/S0140-6736(06)68145-2.
104. Faculty of Radiologists. Guidelines for the implementation of a National Radiology Quality Improvement Programme- Version 3.0. Royal College of Surgeons in Ireland 2015 [Stand: 07.03.2023]. Verfügbar unter: https://radiology.ie/images/National_Radiology_QI_Guidelines_V3_-_Under_Reveiw_2019.pdf.
105. 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* 2015; 274(2):464–72. doi: 10.1148/radiol.14140206.
106. Tarulli E, Thipphavong S, Jhaveri K. A structured approach to reporting rectal cancer with magnetic resonance imaging. *Abdom Imaging* 2015; 40(8):3002–11. doi: 10.1007/s00261-015-0518-5.
107. Spiegle G, Leon-Carlyle M, Schmocker S, Fruitman M, Milot L, Gagliardi AR et al. Development of a synoptic MRI report for primary rectal cancer. *Implement Sci* 2009; 4:79. doi: 10.1186/1748-5908-4-79.
108. Olthof AW, Leusveld ALM, Groot JC de, Callenbach PMC, van Ooijen PMA. Contextual Structured Reporting in Radiology: Implementation and Long-Term Evaluation in Improving the Communication of Critical Findings. *J Med Syst* 2020; 44(9):148. doi: 10.1007/s10916-020-01609-3.
109. Reiner BI. Strategies for radiology reporting and communication part 3: patient communication and education. *J Digit Imaging* 2013; 26(6):995–1000. doi: 10.1007/s10278-013-9647-y.

110. Mityul MI, Gilcrease-Garcia B, Mangano MD, Demertzis JL, Gunn AJ. Radiology Reporting: Current Practices and an Introduction to Patient-Centered Opportunities for Improvement. *AJR Am J Roentgenol* 2018; 210(2):376–85. doi: 10.2214/AJR.17.18721.
111. Coakley FV, Liberman L, Panicek DM. Style guidelines for radiology reporting: a manner of speaking. *AJR Am J Roentgenol* 2003; 180(2):327–8. doi: 10.2214/ajr.180.2.1800327.
112. Siström C, Lanier L, Mancuso A. Reporting instruction for radiology residents. *Acad Radiol* 2004; 11(1):76–84. doi: 10.1016/s1076-6332(03)00598-1.
113. Coakley FV, Heinze SB, Shadbolt CL, Schwartz LH, Ginsberg MS, Lefkowitz RA et al. Routine editing of trainee-generated radiology reports: effect on style quality. *Acad Radiol* 2003; 10(3):289–94. doi: 10.1016/s1076-6332(03)80103-4.
114. Schoeppe F, Sommer WH, Haack M, Havel M, Rheinwald M, Wechtenbruch J et al. Structured reports of videofluoroscopic swallowing studies have the potential to improve overall report quality compared to free text reports. *Eur Radiol* 2018; 28(1):308–15. doi: 10.1007/s00330-017-4971-0.
115. Collard MD, Tellier J, Chowdhury, A. S. M. I., Lowe LH. Improvement in reporting skills of radiology residents with a structured reporting curriculum. *Acad Radiol* 2014; 21(1):126–33. doi: 10.1016/j.acra.2013.10.007.
116. Ernst BP, Katzer F, Künzel J, Hodeib M, Strieth S, Eckrich J et al. Impact of structured reporting on developing head and neck ultrasound skills. *BMC Med Educ* 2019; 19(1):102. doi: 10.1186/s12909-019-1538-6.
117. Homorodean C, Olinic M, Olinic D. Development of a methodology for structured reporting of information in echocardiography. *Med Ultrason* 2012; 14(1):29–33.
118. Reiner BI. Strategies for radiology reporting and communication : part 2: using visual imagery for enhanced and standardized communication. *J Digit Imaging* 2013; 26(5):838–42. doi: 10.1007/s10278-013-9630-7.
119. Nayak L, Beaulieu CF, Rubin DL, Lipson JA. A picture is worth a thousand words: needs assessment for multimedia radiology reports in a large tertiary care medical center. *Acad Radiol* 2013; 20(12):1577–83. doi: 10.1016/j.acra.2013.09.002.
120. Sadigh G, Hertweck T, Kao C, Wood P, Hughes D, Henry TS et al. Traditional text-only versus multimedia-enhanced radiology reporting: referring physicians' perceptions of value. *J Am Coll Radiol* 2015; 12(5):519–24. doi: 10.1016/j.jacr.2014.11.009.
121. Rubin DL, Kahn CE. Common Data Elements in Radiology. *Radiology* 2017; 283(3):837–44. doi: 10.1148/radiol.2016161553.
122. Lorenzi NM, Riley RT. Managing change: an overview. *J Am Med Inform Assoc* 2000; 7(2):116–24. doi: 10.1136/jamia.2000.0070116.

123. Lorenzi NM, Riley RT. Organizational issues = change. *Int J Med Inform* 2003; 69(2-3):197–203. doi: 10.1016/s1386-5056(02)00105-3.
124. Douglas PS, Hendel RC, Cummings JE, Dent JM, Hodgson JM, Hoffmann U et al. ACCF/ACR/AHA/ASE/ASNC/HRS/NASCI/RSNA/SAIP/SCAI/SCCT/SCMR 2008 Health Policy Statement on Structured Reporting in Cardiovascular Imaging. *J Am Coll Cardiol* 2009; 53(1):76–90. doi: 10.1016/j.jacc.2008.09.005.
125. Johnson AJ. All structured reporting systems are not created equal. *Radiology* 2012; 262(2):726; author reply 726-7. doi: 10.1148/radiol.11111679.
126. Krupinski EA, Lund PJ. Differences in time to interpretation for evaluation of bone radiographs with monitor and film viewing. *Acad Radiol* 1997; 4(3):177–82. doi: 10.1016/S1076-6332(05)80287-9.
127. Gale B, Safriel Y, Lukban A, Kalowitz J, Fleischer J, Gordon D. Radiology report production times: voice recognition vs. transcription. *Radiology management* 2001; 23(2). doi: 10.2214/AJR.10.6335.
128. Quint DJ. Voice Recognition: Ready for Prime Time? *Journal of the American College of Radiology* 2007; 4(10):667–9. doi: 10.1016/j.jacr.2007.03.020.
129. Koczwara B, Tie M, Esterman A. Are radiologists meeting the needs of Australian medical oncologists? Results of a national survey. *Australas Radiol* 2003; 47(3):268–73. doi: 10.1046/j.1440-1673.2003.01179.x.
130. Johnson AJ, Ying J, Swan JS, Williams LS, Applegate KE, Littenberg B. Improving the quality of radiology reporting: a physician survey to define the target. *J Am Coll Radiol* 2004; 1(7):497–505. doi: 10.1016/j.jacr.2004.02.019.
131. Blackmore CC. Defining quality in radiology. *J Am Coll Radiol* 2007; 4(4):217–23. doi: 10.1016/j.jacr.2006.11.014.
132. Bell DS, Greenes RA. Evaluation of UltraSTAR: performance of a collaborative structured data entry system. *Proc Annu Symp Comput Appl Med Care* 1994:216–22.
133. Siström CL, Honeyman-Buck J. Free text versus structured format: information transfer efficiency of radiology reports. *AJR Am J Roentgenol* 2005; 185(3):804–12. doi: 10.2214/ajr.185.3.01850804.
134. Krupinski EA, Hall ET, Jaw S, Reiner B, Siegel E. Influence of radiology report format on reading time and comprehension. *J Digit Imaging* 2012; 25(1):63–9. doi: 10.1007/s10278-011-9424-8.
135. Soekhoe JK, Groenen MJM, van Ginneken AM, Khaliq G, Lesterhuis W, van Tilburg AJP et al. Computerized endoscopic reporting is no more time-consuming than reporting with conventional methods. *Eur J Intern Med* 2007; 18(4):321–5. doi: 10.1016/j.ejim.2007.04.001.
136. Hawkins CM, Hall S, Hardin J, Salisbury S, Towbin AJ. Prepopulated radiology report templates: a prospective analysis of error rate and turnaround time. *J Digit Imaging* 2012; 25(4):504–11. doi: 10.1007/s10278-012-9455-9.

137. Prevedello LM, Ledbetter S, Farkas C, Khorasani R. Implementation of speech recognition in a community-based radiology practice: effect on report turnaround times. *J Am Coll Radiol* 2014; 11(4):402–6. doi: 10.1016/j.jacr.2013.07.008.
138. Ringler MD, Goss BC, Bartholmai BJ. Syntactic and semantic errors in radiology reports associated with speech recognition software. *Health Informatics J* 2017; 23(1):3–13. doi: 10.1177/1460458215613614.
139. Quint LE, Quint DJ, Myles JD. Frequency and spectrum of errors in final radiology reports generated with automatic speech recognition technology. *J Am Coll Radiol* 2008; 5(12):1196–9. doi: 10.1016/j.jacr.2008.07.005.
140. Du Toit J, Hattingh R, Pitcher R. The accuracy of radiology speech recognition reports in a multilingual South African teaching hospital. *BMC Med Imaging* 2015; 15:8. doi: 10.1186/s12880-015-0048-1.
141. Segrelles JD, Medina R, Blanquer I, Martí-Bonmatí L. Increasing the Efficiency on Producing Radiology Reports for Breast Cancer Diagnosis by Means of Structured Reports. A Comparative Study. *Methods Inf Med* 2017; 56(3):248–60. doi: 10.3414/ME16-01-0091.
142. Larson DB, Towbin AJ, Pryor RM, Tilkemeier PL. Improving consistency in radiology reporting through the use of department-wide standardized structured reporting. *Radiology* 2013; 267(1):240–50. doi: 10.1148/radiol.12121502.
143. Kim SH, Sobez LM, Spiro JE, Curta A, Ceelen F, Kampmann E et al. Structured reporting has the potential to reduce reporting times of dual-energy x-ray absorptiometry exams. *BMC Musculoskelet Disord* 2020; 21(1):248. doi: 10.1186/s12891-020-03200-w.
144. Johnson TF, Brinjikji W, Doolittle DA, Nagelschneider AA, Welch BT, Kotsenas AL. Structured Head and Neck CT Angiography Reporting Reduces Resident Revision Rates. *Curr Probl Diagn Radiol* 2019; 48(2):114–6. doi: 10.1067/j.cpradiol.2018.04.003.
145. Gassenmaier S, Armbruster M, Nörenberg D, Haack M, Sommer W, Braun F. Einfluss strukturierter Befundung von MRT-Felsenbein-Untersuchungen auf Vollständigkeit, sprachliche Qualität und klinische Entscheidungsfindung. *Rofo* 2016; 188(S 01). doi: 10.1055/s-0036-1581236.
146. Sierra AE, Bisesi MA, Rosenbaum TL, Potchen EJ. Readability of the radiologic report. *Invest Radiol* 1992; 27(3):236–9. doi: 10.1097/00004424-199203000-00012.
147. Panicek DM, Hricak H. How Sure Are You, Doctor? A Standardized Lexicon to Describe the Radiologist's Level of Certainty. *AJR Am J Roentgenol* 2016; 207(1):2–3. doi: 10.2214/AJR.15.15895.
148. Hong Y, Zhang J, Heilbrun ME, Kahn CE. Analysis of RadLex coverage and term co-occurrence in radiology reporting templates. *J Digit Imaging* 2012; 25(1):56–62. doi: 10.1007/s10278-011-9423-9.

149. Gassenmaier S, Armbruster M, Haasters F, Helfen T, Henzler T, Alibek S et al. Structured reporting of MRI of the shoulder - improvement of report quality? *Eur Radiol* 2017; 27(10):4110–9. doi: 10.1007/s00330-017-4778-z.
150. Layer G. Befunden – die Grundlage der radiologischen Arbeit. *Rofo* 2016; 188(S 01). doi: 10.1055/s-0036-1581285.
151. Marcal LP, Fox PS, Evans DB, Fleming JB, Varadhachary GR, Katz MH et al. Analysis of free-form radiology dictations for completeness and clarity for pancreatic cancer staging. *Abdom Imaging* 2015; 40(7):2391–7. doi: 10.1007/s00261-015-0420-1.
152. Sabel BO, Plum JL, Czihal M, Lottspeich C, Schönleben F, Gäbel G et al. Structured Reporting of CT Angiography Runoff Examinations of the Lower Extremities. *European journal of vascular and endovascular surgery : the official journal of the European Society for Vascular Surgery* 2018; 55(5):679–87. doi: 10.1016/j.ejvs.2018.01.026.
153. Nörenberg D, Sommer WH, Thasler W, D’Haese J, Rentsch M, Kolben T et al. Structured Reporting of Rectal Magnetic Resonance Imaging in Suspected Primary Rectal Cancer: Potential Benefits for Surgical Planning and Interdisciplinary Communication. *Invest Radiol* 2017; 52(4):232–9. doi: 10.1097/RLI.0000000000000336.
154. Berger D. Strukturierte Befundung in der Radiologie – ein Mehr an Qualität und Transparenz in der onkologischen Diagnostik und Therapie. *best practice onkologie* 2022:424–31. doi: 10.1007/s11654-022-00424-1.
155. Lee M, Chuang K, Hsu T, Lee C. Enhancement of Structured Reporting - an Integration Reporting Module with Radiation Dose Collection Supporting. *J Med Syst* 2016; 40(11):250. doi: 10.1007/s10916-016-0618-y.
156. Sevenster M, Travis AR, Ganesh RK, Liu P, Kose U, Peters J et al. Improved efficiency in clinical workflow of reporting measured oncology lesions via PACS-integrated lesion tracking tool. *AJR Am J Roentgenol* 2015; 204(3):576–83. doi: 10.2214/AJR.14.12915.
157. Baur ADJ, Maxeiner A, Franiel T, Kilic E, Huppertz A, Schwenke C et al. Evaluation of the prostate imaging reporting and data system for the detection of prostate cancer by the results of targeted biopsy of the prostate. *Invest Radiol* 2014; 49(6):411–20. doi: 10.1097/RLI.0000000000000030.
158. Choi SH, Byun JH, Kim SY, Lee SJ, Won HJ, Shin YM et al. Liver Imaging Reporting and Data System v2014 With Gadoxetate Disodium-Enhanced Magnetic Resonance Imaging: Validation of LI-RADS Category 4 and 5 Criteria. *Invest Radiol* 2016; 51(8):483–90. doi: 10.1097/RLI.0000000000000258.
159. Choksi VR, Marn CS, Bell Y, Carlos R. Efficiency of a semiautomated coding and review process for notification of critical findings in diagnostic imaging. *AJR Am J Roentgenol* 2006; 186(4):933–6. doi: 10.2214/AJR.04.1913.

160. Congress USA. Public Law 114–10: 114th Congress [Stand: 24.02.2023].
Verfügbar unter: <https://www.congress.gov/114/plaws/publ10/PLAW-114publ10.pdf>.
161. Kharat AT, Singhal S. A peek into the future of radiology using big data applications. *Indian J Radiol Imaging* 2017; 27(2):241–8. doi: 10.4103/ijri.IJRI_493_16.
162. Hilbert M, López P. The world's technological capacity to store, communicate, and compute information. *Science* 2011; 332(6025):60–5. doi: 10.1126/science.1200970.
163. Langlotz CP. Automatic structuring of radiology reports: harbinger of a second information revolution in radiology. *Radiology* 2002; 224(1):5–7. doi: 10.1148/radiol.2241020415.
164. Marcheschi P. Relevance of eHealth standards for big data interoperability in radiology and beyond. *Radiol Med* 2017; 122(6):437–43. doi: 10.1007/s11547-016-0691-9.
165. Hripcsak G, Austin JHM, Alderson PO, Friedman C. Use of natural language processing to translate clinical information from a database of 889,921 chest radiographic reports. *Radiology* 2002; 224(1):157–63. doi: 10.1148/radiol.2241011118.
166. Margolies LR, Pandey G, Horowitz ER, Mendelson DS. Breast Imaging in the Era of Big Data: Structured Reporting and Data Mining. *AJR Am J Roentgenol* 2016; 206(2):259–64. doi: 10.2214/AJR.15.15396.
167. Pinto dos Santos D, Baeßler B. Big data, artificial intelligence, and structured reporting. *Eur Radiol Exp* 2018; 2(1):42. doi: 10.1186/s41747-018-0071-4.
168. Zimmerman SL, Kim W, Boonn WW. Informatics in radiology: automated structured reporting of imaging findings using the AIM standard and XML. *Radiographics* 2011; 31(3):881–7. doi: 10.1148/rg.313105195.
169. Erickson BJ, Korfiatis P, Akkus Z, Kline TL. Machine Learning for Medical Imaging. *Radiographics* 2017; 37(2):505–15. doi: 10.1148/rg.2017160130.
170. Cuocolo R, Caruso M, Perillo T, Uggia L, Petretta M. Machine Learning in oncology: A clinical appraisal. *Cancer Lett* 2020; 481:55–62. doi: 10.1016/j.canlet.2020.03.032.
171. Ross P, Sepper R, Pohjonen H. Cross-border teleradiology-experience from two international teleradiology projects. *Eur J Radiol* 2010; 73(1):20–5. doi: 10.1016/j.ejrad.2009.10.016.
172. Stramare R, Scattolin G, Beltrame V, Gerardi M, Somavilla M, Gatto C et al. Structured reporting using a shared indexed multilingual radiology lexicon. *Int J Comput Assist Radiol Surg* 2012; 7(4):621–33. doi: 10.1007/s11548-011-0663-4.
173. Sobez LM, Kim SH, Angstwurm M, Störmann S, Pförringer D, Schmidutz F et al. Creating high-quality radiology reports in foreign languages through multilingual

- structured reporting. *Eur Radiol* 2019; 29(11):6038–48. doi: 10.1007/s00330-019-06206-8.
174. Pinto dos Santos D. Strukturierte Befundung. *Rofo* 2015; 187(S 01). doi: 10.1055/s-0035-1550777.
175. Spînu-Popa EV, Cioni D, Neri E. Radiology reporting in oncology-oncologists' perspective. *Cancer Imaging* 2021; 21(1):63. doi: 10.1186/s40644-021-00431-5.
176. Goh LW, Teh HS, Sarmiento AR. Itemised or Prose Radiology Reports? A Survey of Referring Physicians' and Radiologists' Preferences. *Ann Acad Med Singap* 2016; 45(4):165–8.
177. Flusberg M, Ganeles J, Ekinci T, Goldberg-Stein S, Paroder V, Kobi M et al. Impact of a Structured Report Template on the Quality of CT and MRI Reports for Hepatocellular Carcinoma Diagnosis. *J Am Coll Radiol* 2017; 14(9):1206–11. doi: 10.1016/j.jacr.2017.02.050.
178. Bartram C, Schön M. Röntgengeräte für den Zahnarzt: Hersteller und Preise; 2022 [Stand: 15.03.2023]. Verfügbar unter: <https://medizinio.de/medizintechnik/roentgen/dental>.
179. Masthoff M, Gerwing M, Timme M, Kleinheinz J, Berninger M, Heindel W et al. Dentale Bildgebung – Eine Einführung für den Radiologen. *Rofo* 2019; 191(3):192–8. doi: 10.1055/a-0636-4129.
180. Whaites E, Brown J. An update on dental imaging. *Br Dent J* 1998; 185(4):166–72. doi: 10.1038/sj.bdj.4809765.
181. Bayer G. Röntgen-Mess-Rolle macht Mess-Schablone überflüssig. *ZWP online* 2015; (10):114–5 [Stand: 15.03.2023]. Verfügbar unter: <https://epaper.zwp-online.info/epaper/4352/export-article/114>.
182. Cosson J. Interpreting an orthopantomogram. *Aust J Gen Pract* 2020; 49(9):550–5. doi: 10.31128/AJGP-07-20-5536.
183. Molander B. Panoramic radiography in dental diagnostics. *Swed Dent J Suppl* 1996; 119:1–26.
184. van der Stelt PF. Panoramische röntgenopnamen in de tandheelkundige diagnostiek. *Ned Tijdschr Tandheelkd* 2016; 123(4):181–7. doi: 10.5177/ntvt.2016.04.15208.
185. Paatero YV. Pantomography in Theory and Use. *Acta Radiologica* 1954; 41(4):321–35. doi: 10.3109/00016925409175858.
186. Macmanus D. Orthopantomography. *Radiopaedia.org* 18.01.2022 [Stand: 21.03.2023]. Verfügbar unter: <https://radiopaedia.org/articles/orthopantomography>.
187. KZVLB Recht u. Verträge. Stellungnahme der AG Wirtschaftlichkeitsprüfung OPG [Stand: 21.03.2023]. Verfügbar unter: https://www.kzvlb.de/fileadmin/user_upload/Seiteninhalte/Recht_u._Vertraege/P_ruef_Beratungsstelle/OPG.pdf.

188. 1 Geschichte und Entwicklung des zahnärztlichen Röntgens. In: Fuhrmann A, Hrsg. Zahnärztliche Radiologie. Stuttgart, New York, NY: Thieme; 2013 (ZMK Praxis).
189. 9.3 Panoramaschicht-aufnahmetechnik. In: Fuhrmann A, Hrsg. Zahnärztliche Radiologie. Stuttgart, New York, NY: Thieme; 2013 (ZMK Praxis).
190. Bailoor DN, Nagesh KS. Fundamentals of oral medicine and radiology. 1. Aufl. New Delhi: Jaypee; 2005.
191. MSR Medienservice Armin Rohrer. Röntgenanatomie im OPG. Spitta Akademie 2013:79–82 [Stand: 22.02.2023]. Verfügbar unter:
https://www.spitta.de/fileadmin/tt_news/shop/pdf/V004012149/3_Roentgenanatomie_im_OPG_Spitta_Digitale_Radiologie.pdf.
192. Röntgen in der Endodontie. In: Hülsmann M, Hrsg. Endodontologie. 1. Aufl. Stuttgart: Thieme Verlag; 2008. S. 75 (Checklisten der Zahnmedizin).
193. Schnitzer ML, Sabel L, Schwarze V, Marschner C, Froelich MF, Nuhn P et al. 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 (Basel) 2021; 11(2):313. doi: 10.3390/diagnostics11020313.
194. Maier GW. Gabler Wirtschaftslexikon: Hawthorne-Effekt. Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH 14.02.2018 [Stand: 10.05.2023]. Verfügbar unter:
<https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/hawthorne-effekt-36293>.

9 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Prozentuale Aufteilung der klinischen Fragestellungen der 50 OPGs.	40
Abbildung 2 Screenshot vom Template für die strukturierte Befundung mit der Software Smart Radiology. Auf der linken Seite bietet das Programm zahlreiche anklickbare Punkte und Unterpunkte. Auf der rechten Seite werden bei entsprechender Auswahl automatisch vollständige semantische Sätze generiert (57). Teils können durch Freitextfelder noch zusätzliche notwendige Informationen ergänzt werden.....	41
Abbildung 3 Schematischer Entscheidungsbaum zum Befund-Unterpunkt "Kieferknochen" im Template für die strukturierte Befundung von OPGs mit der Software Smart Radiology. Dabei wurden Auswahllisten, Ja-Nein-Fragen und Freitextfelder zur Reduktion der Rigidität eingebaut.	42
Abbildung 4 OPG eines Patienten zum zahnmedizinischen Konsil vor Listung mit zugehörigem NR (links) und SR (rechts).....	44
Abbildung 5 OPG eines Patienten zur zahnmedizinischen Untersuchung vor Listung mit zugehörigem NR (links) und SR (rechts).	45
Abbildung 6 OPG eines Patienten zur Fokussuche vor Bisphosphonattherapie mit zugehörigem NR (links) und SR (rechts).....	46
Abbildung 7 Fragebogen zur Evaluation der strukturierten und Freitext-Befunde durch zwei approbierte Zahnärzte (57).....	47

10 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Einzelbeurteilungen des ersten Bewerter nach Ausfüllen der Fragebögen zu den 50 NRs. ..	48
Tabelle 2 Einzelbeurteilungen des ersten Bewerter nach Ausfüllen der Fragebögen zu den 50 SRs. ...	49
Tabelle 3 Einzelbeurteilungen des zweiten Bewerter nach Ausfüllen der Fragebögen zu den 50 NRs.	49
Tabelle 4 Einzelbeurteilungen des zweiten Bewerter nach Ausfüllen der Fragebögen zu den 50 SRs..	50
Tabelle 5 Ergebnisse dargestellt in Prozentsätzen für Frage 1-6 und Mittelwerten für die Frage 7-9 nach statistischer Auswertung mit der Software IBM SPSS Statistics.	52

11 Anhang

Screenshots der Entscheidungsbäume innerhalb des Templates zur strukturierten Befundung von OPGs auf der Website Smart Radiology mit Auswahllisten, Ja-Nein-Fragen und Freitext-Feldern.

Prozedur	
+ Aufklärung	
- Schwangerschaft	
bestehende Schwangerschaft	i Nein Ja ↩

Klinische Angaben	
- Klinische Angaben	
Zusätzliche klinische Angaben	i vorhanden nicht vorhanden + + ↩

Voruntersuchung	
- Voruntersuchung	
Voruntersuchungen im Vorfeld	i Keine Eine Mehrere + + ↩

Anhang 1 Entscheidungsbaum zur Prozedur, den klinischen Angaben und Voruntersuchungen.

Befund	
- OPG	
Datum	i (Max. Länge: 10 Zeichen) ↩
Qualität	i gut mäßig schlecht ↩
Beurteilbarkeit	i voll beurteilbar eingeschränkt beurteilbar nicht beurteilbar ↩

Anhang 2 Entscheidungsbaum zu den Angaben zum OPG.

- Zähne

- Anomalien Zahnzahl (Mehrfachauswahl)

i

Anodontie	
Hypodontie	+
Hyperdontie	+

i

Hypodontie

Lokalisation (Mehrfachauswahl)

i

1. Quadrant	+
2. Quadrant	+
3. Quadrant	+
4. Quadrant	+

i

Hyperdontie

Lokalisation (Mehrfachauswahl)

i

Mesiodens OK	
1. Quadrant	+
2. Quadrant	+
3. Quadrant	+
4. Quadrant	+

Anhang 3 Entscheidungsbaum zum Befund Punkt „Zähne“ mit dem Unterpunkt „Anomalien Zahnzahl“.

- vorhandene Zähne (Mehrfachauswahl)

i

1. Quadrant	+
2. Quadrant	+
3. Quadrant	+
4. Quadrant	+

i

1. Quadrant

Zahn (Mehrfachauswahl)

i

11
12
13
14
15
16
17
18

i

2. Quadrant

Zahn (Mehrfachauswahl)

i

21
22
23
24
25
26
27
28

Anhang 4 Entscheidungsbaum zum Befund Punkt „Zähne“ mit dem Unterpunkt „vorhandene Zähne“.

– Anomalien Zahngröße (Mehrfachauswahl)

i

Makrodonkie +
Mikrodonkie +

i

Makrodonkie

Auftreten *i* generalisiert +
lokalisiert +

Mikrodonkie

Auftreten *i* generalisiert +
lokalisiert +

Anhang 5 Entscheidungsbaum zum Befund Punkt „Zähne“ mit dem Unterpunkt „Anomalien Zahngröße“.

– Versorgungen (Mehrfachauswahl)

i

konservierend +
prothetisch +
kieferorthopädisch +
chirurgisch +

konservierend

Art (Mehrfachauswahl) *i* Füllung +
Wurzelkanalbehandlung +

prothetisch

Art (Mehrfachauswahl) *i* (Teil-)Krone, Inlay +
Brücke +
Stift +

kieferorthopädisch

Art (Mehrfachauswahl) *i* Brackets +
Bänder +
Bögen +

chirurgisch

Art (Mehrfachauswahl) *i* Implantat +
Schienung +

Anhang 6 Entscheidungsbaum zum Befund Punkt „Zähne“ mit dem Unterpunkt „Versorgungen“.

– Durchbruchsstörungen (Mehrfachauswahl)

Verlagerung +
Verlagerung und Retention +
Perikoronitis +
retiniert +
teilretiniert +

Verlagerung

Zahn (Max. Länge: 200 Zeichen)

Verlagerung und Retention

Zahn (Max. Länge: 200 Zeichen)

Perikoronitis

Zahn (Max. Länge: 200 Zeichen)

retiniert

Zahn (Max. Länge: 300 Zeichen)

teilretiniert

Zahn (Max. Länge: 300 Zeichen)

+ Zahndefekte (Mehrfachauswahl)

defekte Krone +
Wurzelrest +

Anhang 7 Entscheidungsbaum zum Befund Punkt „Zähne“ mit den Unterpunkten „Durchbruchsstörungen“ und „Zahndefekte“.

– Kariöse Läsionen

– Lokalisation (Mehrfachauswahl)

1. Quadrant +
2. Quadrant +
3. Quadrant +
4. Quadrant +

1. Quadrant

Regio (Mehrfachauswahl)

11
12
13
14
15
16
17
18

Anhang 8 Entscheidungsbaum zum Befund Punkt „Kariöse Läsionen“.

- Parodontium

Knochenabbau (Mehrfachauswahl)	i	horizontal	+	⌂
		vertikal	+	
		schlüsselförmig	+	
Wurzelresorptionen (Mehrfachauswahl)	i	apikal	+	⌂
		zervikal	+	
		intern	+	
- zusätzliche Befunde (Mehrfachauswahl)	i	Parodontitis apicalis	+	⌂
		erweiterter PA-Spalt	+	
		Furkationsbeteiligung	+	
Furkationsbeteiligung				
Regio	i	(Max. Länge: 200 Zeichen)		⌂

Anhang 9 Entscheidungsbaum zum Befund Punkt „Parodontium“.

- Apikale Veränderungen

- Verdacht auf (Mehrfachauswahl)	i	Granulom	+	⌂
		radikuläre Zyste	+	
Granulom				
Regio	i	(Max. Länge: 200 Zeichen)		⌂

Anhang 10 Entscheidungsbaum zum Befund Punkt „Apikale Veränderungen“.

- Kieferknochen

Atrophie	☐ Oberkiefer ☐ Unterkiefer ☐ generalisiert		
- Strukturveränderungen (Mehrfachauswahl)	☐ Aufhellung ☒ Verschattung ☐ inhomogen		
Verschattung			
Regio	(Max. Länge: 200 Zeichen)		
Größe	(Max. Länge: 200 Zeichen)		
Form	(Max. Länge: 200 Zeichen)		
Begrenzung	(Max. Länge: 200 Zeichen)		
+ Kontinuitätsunterbrechung			

Anhang 11 Entscheidungsbaum zum Befund Punkt „Kieferknochen“ mit den Unterpunkten „Atrophie“ und „Strukturveränderungen“.

- Kieferknochen

Atrophie	☐ Oberkiefer ☐ Unterkiefer ☐ generalisiert		
Strukturveränderungen (Mehrfachauswahl)	☐ Aufhellung ☒ Verschattung ☐ inhomogen		
- Kontinuitätsunterbrechung			
- Art (Mehrfachauswahl)	☐ Infraktur ☐ Fraktur ☒ Defektfaktur ☐ Trümmerfraktur		
Defektfaktur			
Regio	(Max. Länge: 200 Zeichen)		
Dislokation	☐ Nein ☐ Ja		
chirurgische Versorgung (Mehrfachauswahl)	☐ Schrauben ☐ Platten ☐ MMF ☐ Andere		

Anhang 12 Entscheidungsbaum zum Befund Punkt „Kieferknochen“ mit den Unterpunkten „Kontinuitätsunterbrechung“, „Dislokation“ und chirurgische Versorgung.

– Kiefergelenke

– Befund (Mehrfachauswahl)

ohne pathologischen Befund

Kontinuitätsunterbrechung +

Anomalien +

nicht ausreichend beurteilbar

Kontinuitätsunterbrechung

Lokalisation

rechts

links

beidseits

Dislokation

rechts

links

beidseits

Anomalien

Hypoplasie

rechts

links

beidseits

Hyperplasie

rechts

links

beidseits

Aplasie

rechts

links

beidseits

Anhang 13 Entscheidungsbaum zum Befund Punkt „Kiefergelenke“.

– Nasennebenhöhlen

– Befund (Mehrfachauswahl)

ohne pathologischen Befund

Aufhellung +

Verschattung +

nicht ausreichend beurteilbar

Aufhellung

im Sinne von

(Max. Länge: 200 Zeichen)

Verschattung

im Sinne von

(Max. Länge: 200 Zeichen)

Anhang 14 Entscheidungsbaum zum Befund Punkt „Nasennebenhöhlen“.

12 Danksagung

An erster Stelle möchte ich mich besonders bei meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. med. Johannes Rübenthaler für die Überlassung des Themas und die ausgezeichnete Betreuung bei der Doktorarbeit bedanken.

Mein Dank geht auch an alle, die mir bei der Datenerhebung zur Seite standen.

Ebenfalls möchte ich meinem Freund und meinen Eltern für Ihre Unterstützung sowohl während des Studiums als auch darüber hinaus danken.

Eidesstattliche Versicherung

Emilia Schober

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

Strukturierte Befundung von Orthopantomographien im Vergleich zu Freitext-Befunden

selbstständig 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 habe 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, den 24.03.2025

Emilia Schober

14 Publikationsliste

Die Daten dieser Publikation wurden als wissenschaftlicher Abstract zum ECR 2025 (Europäischer Röntgenkongress) unter dem Titel „Structured Reporting of Orthopantomograms Compared to Free-Text-Findings – A Comparative Study“ zur Veröffentlichung eingereicht.