

Aus der Klinik und Poliklinik für Diagnostische und Interventionelle Radiologie
der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Strukturierte CT-Befundung von Polytrauma-Patienten

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

Vorgelegt von

Julia Caroline Heckmann
aus Essen

Mainz, 2023

Wissenschaftlicher Vorstand:

1. Gutachter:

2. Gutachter:

Tag der Promotion:

19. Juni 2023

Inhaltsverzeichnis

A. Einleitung..... 1

1. Radiologische Befundung..... 1

 1.1. Freitext-Befundung..... 1

 1.2. Strukturierte Befundung 2

2. Polytrauma-Diagnostik 4

3. Zielsetzung..... 5

B. Material und Methoden..... 7

1. Studienteilnehmer 7

2. Polytrauma-CT-Fälle 8

3. Studienablauf 9

4. Objektive Bewertung: Klassifizierungssystem 14

5. Subjektive Bewertung: Fragebogen..... 17

6. Statistische Analyse 19

C. Ergebnisse..... 21

1. Objektive Bewertung: Klassifizierungssystem 24

 1.1. Vollständigkeit..... 24

 1.2. Geschwindigkeit..... 32

2. Subjektive Bewertung: Fragebogen..... 35

D. Diskussion 42

1. Befundvorlage für strukturierte Polytrauma-Befunde 42

2. Qualität der strukturierten Polytrauma-Befunde..... 46

3. Befundungszeit der strukturierten Polytrauma-Befunde 50

E. Fazit und Ausblick 54

F. Zusammenfassung..... 56

G. Anhang58

H. Literaturverzeichnis.....59

I. Abkürzungsverzeichnis 70

J. Abbildungsverzeichnis..... 71

K. Tabellenverzeichnis..... 72

L. Danksagung 73

M. Lebenslauf..... 74

A. Einleitung

1. Radiologische Befundung

Die diagnostische Radiologie ist im klinischen Alltag von herausragender Bedeutung [1]. Da die radiologische Befundung großen Einfluss auf das weitere therapeutische Vorgehen hat, kann sie für Patienten überlebenswichtig sein. Eine schnelle und vollständige Bildinterpretation kann das Überleben des Patienten sichern und weiterhin eine prognostische Bedeutung haben [2]. Entscheidend ist dabei nicht nur eine korrekte radiologische Befundung, sondern auch die interdisziplinäre Kommunikation der Diagnose [3-5]. Der Radiologe kommuniziert mit dem behandelnden Kliniker hauptsächlich indirekt mittels des schriftlichen radiologischen Befundes [1,4]. Qualitativ hochwertige Befunde zeichnen sich sowohl durch Vollständigkeit und Richtigkeit aus als auch durch Präzision, Einheitlichkeit sowie Übersichtlichkeit [3,5]. Traditionell wird der radiologische Befund im Freitextstil narrativ verfasst [1,3].

1.1. Freitext-Befundung

Die freie, unstrukturierte Befundung in Prosa-Form ist der Standard in der Radiologie [1,3,6]. Die traditionelle Freitext-Befundung ist abhängig vom jeweiligen Befunder und dementsprechend sehr individuell [3,7]. Die frei verfassten Befunde sind variabel in der Länge sowie in der Qualität [7,8]. Folglich sind Freitexte weder komplett einheitlich noch reproduzierbar und Befunde verschiedener Radiologen nicht ganz vergleichbar [9]. Darüber hinaus kann insbesondere ein geringer Erfahrungsgrad zu unübersichtlichen, unpräzisen und unvollständigen Befunden führen. Die Verwendung unterschiedlicher Begrifflichkeiten kann das Verständnis erschweren [8]. Deswegen ist das Ziel internationaler radiologischer Fachgesellschaften, einen einheitlicheren Qualitätsstandard durch strukturiertere Befundung zu etablieren [10-13].

1.2. Strukturierte Befundung

Strukturierte Befundung wird von den großen radiologischen Fachgesellschaften empfohlen, wie beispielsweise der *Radiological Society of North America*, der *European Society of Radiology* und der *Deutschen Röntgengesellschaft* [9,11,14]. Das Ziel der *Deutschen Röntgengesellschaft* ist die Entwicklung frei verfügbarer, qualitätsgesicherter sowie konsensbasierter Befundvorlagen, um die strukturierte Befundung in die radiologische Praxis zu implementieren [12,14]. Radiologische Templates sollten von Radiologen und Fachgesellschaften unter Berücksichtigung der Leitlinien erstellt werden und einem Review-Prozess unterzogen werden [12]. Für viele klinische Fragestellungen sind bereits Befundvorlagen entwickelt worden, welche online verfügbar sind [9]. Etablierte Templates sind beispielsweise auf der Internetseite von der *Deutschen Röntgengesellschaft* (<http://www.befundung.drg.de>) oder von der *Radiological Society of North America* (<http://www.radreport.org>) abrufbar [9]. Ziel ist es nicht, für jede mögliche Frage eine Vorlage zu erstellen [9]. Der Fokus liegt zum einen auf den häufigen und zum anderen auf den seltenen, aber komplexen klinischen Fragestellungen, um die Befundqualität zu steigern [9].

Templates beinhalten einen Minimalstandard, um einen qualitativ hochwertigen und klinisch relevanten Bericht zu erstellen [9]. Anhand einheitlicher Kriterien können Befundinhalte leitliniengemäß für die verschiedenen Fachrichtungen standardisiert und etabliert werden [12]. Ziel ist die Ausrichtung der strukturierten Befunde an den Bedürfnissen der behandelnden Kliniker [15]. Zuweiser sind mit der standardisierten Befundung zufriedener [16-18], wie beispielsweise anhand von strukturierten MRT-Befunden der Prostata gezeigt werden konnte [19]. Kliniker präferieren die strukturierte Befundung aufgrund verschiedener Vorteile gegenüber den Freitext-Befunden [3,10,19].

Ein großer Vorteil der strukturierten Befunde ist die verbesserte interdisziplinäre Kommunikation [9,10,20-22]. Das gute Verständnis der Informationen erleichtert das Treffen klinischer Entscheidungen [12], zum Beispiel bei der Frage nach der Resektabilität von Pankreas-Karzinomen [20]. Die Planung der therapeutischen Vorgehensweise wird verbessert [18].

In schon etablierten Templates konnte durch die Strukturierung eine verbesserte Befundqualität aufgezeigt werden. Die strukturierte Befundung führt insbesondere in der Tumordiagnostik zu vollständigeren Befunden, wie beispielsweise beim B-Zell-Lymphom [22] und beim Rektum-Karzinom [23] gezeigt werden konnte. Strukturierte Vorlagen können den Befundungsprozess beim Tumor-Staging vereinfachen [22]. Dies konnte zum Beispiel beim hepatozellulären Karzinom [24] und beim Pankreas-Karzinom aufgedeckt werden [25].

Die bislang veröffentlichten konsensbasierten und qualitätsgesicherten Befundvorlagen legen den Schwerpunkt auf onkologische und kardiologische Fragestellungen [9,10]. Darüber hinaus können Templates zum Beispiel für den Kopf bei multipler Sklerose [26] sowie für die Schulter bei degenerativen Veränderungen [16] die Befundqualität verbessern. Ein positiver Effekt von Templates auf die Vollständigkeit und Qualität der Befunde wurde somit bereits in vielen Studien nachgewiesen [12].

Strukturierte Befunde haben sich bislang jedoch noch nicht flächendeckend in der klinischen Routine durchsetzen können [9]. Ein Grund für die Ablehnung sind mögliche Einbußen in der Produktivität, seien diese auch nur vorübergehend und noch so minimal [12]. Da beispielsweise in den meisten Befundvorlagen keine Diktatfunktion integriert ist, kann dies zu einer aufwändigeren Befunderstellung und Ablenkung von den Bildern führen. Denn ohne die Möglichkeit des Diktierens muss der Blick von den Untersuchungsbildern abgewandt werden, um den Befund mit Maus und Tastatur zu erstellen. Diese unflexible Dateneingabe in das Template kann den Arbeitsfluss einschränken [12]. Bislang fehlt den Befundvorlagen eine Integration in die alltägliche radiologische IT-Infrastruktur [12]. Zur Etablierung ist somit die Entwicklung technologischer Lösungen durch die Industrie entscheidend, welche die Gebrauchstauglichkeit der Templates verbessern und den Mehraufwand reduzieren können [9,12].

2. Polytrauma-Diagnostik

Ein Trauma ist eine häufige Todesursache [27,28], insbesondere bei jungen Menschen unter 45 Jahren [29,30]. In Deutschland werden schätzungsweise 29.000 Menschen jährlich schwer traumatisch verletzt [31]. Relevante schwerwiegende Traumata betreffen insbesondere den Kopf sowie den Thorax [31].

Bei nicht mit dem Leben zu vereinbarenden Verletzungen erleiden Polytraumatisierte noch am Unfallort den Sekundentod. Eine frühe Letalität tritt in den ersten Stunden nach einem Unfall auf, insbesondere bei schwerwiegenden Atemwegsverletzungen, beim hämorrhagischen Schock sowie beim Schädel-Hirn-Trauma. Eine späte Letalität wird innerhalb von Wochen nach einem Unfall beispielsweise durch Sepsis, Multiorgandysfunktion und Hirnödeme verursacht [28].

Der Injury Severity Score (ISS) dient der Klassifizierung des Schweregrades der Verletzungen unter Berücksichtigung anatomischer Regionen [32]. Bei Polytraumatisierten mit einem schweren Verletzungsgrad liegt der ISS über einem Wert von 16 [28] und beträgt maximal 75 [32]. Bei polytraumatisierten Patienten sind mindestens zwei Körperregionen verletzt, wobei entweder eine der Verletzungen oder deren Kombination lebensbedrohlich ist [33]. Die Prognose bei Schwerverletzten korreliert mit dem Zeitintervall zwischen dem Zeitpunkt des Polytraumas und der therapeutischen Versorgung [28,30,34]. Eine leitliniengerechte Traumaversorgung mit standardisierten Algorithmen sowie effizienten Konzepten erhöht die Überlebenschance nach einem Polytrauma [28,35].

Der frühe Einsatz der Computertomographie (CT) als Untersuchungsmodalität ist bei Schwerverletzten Goldstandard [27,28,30,36] und spielt in der radiologischen Notfalldiagnostik eine essenzielle Rolle [37]. Nach Aufnahme des polytraumatisierten Patienten im Schockraum wird die Ganzkörper-CT-Untersuchung durchschnittlich nach 25 Minuten (min) durchgeführt und ein Notfalleingriff nach durchschnittlich 71 min [31]. Die CT-Diagnostik darf nicht zu einer Verzögerung lebensrettender Handlungen und therapeutischer Maßnahmen führen [28]. Diese Ganzkörper-CT-Untersuchung berücksichtigt in der Regel den Kopf, den Hals, den Thorax, das Abdomen und das Becken [27]. Da die

Verletzungen der Polytraumatisierten gegebenenfalls in mehreren Körperregionen liegen können, spielen kurzgefasste strukturierte Befunde in der komplexen CT-Notfalldiagnostik eine große Rolle.

Das Risiko, eine Pathologie zu übersehen, wird durch die CT-Untersuchungen zwar reduziert, aber nicht vollständig eliminiert [38]. Forscher analysierten, dass ca. 13 % der Polytrauma-Verletzungen in der CT-Untersuchung nicht erkannt wurden. Weiterhin war bei ca. 3 % der Patienten eine übersehene Verletzung klinisch signifikant und hatte Einfluss auf die Überlebenschance [39].

Entscheidend für eine adäquate Therapieplanung und -priorisierung ist sowohl eine korrekte als auch eine schnelle Diagnosestellung von relevanten Verletzungen [27,40-42]. Eine verzögerte diagnostische und therapeutische Versorgung kann akut lebensbedrohliche Konsequenzen haben [33]. Dementsprechend sollte die Bildgebende Diagnostik schnell, systematisch und vollständig sein [34]. Ziel ist eine kurze Untersuchungszeit bei gleichzeitig hoher diagnostischer Aussagekraft [34], denn sowohl eine verspätete Diagnosestellung als auch nicht diagnostizierte Verletzungen stellen ein Problem bei der Versorgung von Polytrauma-Patienten dar [2,44]. Die narrative Freitext-Befundung ist mit einem relativ hohen Zeitaufwand verbunden, welcher sich vor allem bei der Versorgung lebensbedrohlich verletzter Polytrauma-Patienten problematisch darstellen kann [2].

3. Zielsetzung

Strukturierte Befundung kann die Vollständigkeit und Qualität der Befunde positiv beeinflussen, wie in verschiedenen wissenschaftlichen Studien gezeigt werden konnte [9,12]. Eine verbesserte Befundqualität durch strukturierte Befundung mit einer potenziellen Zeitersparnis ist insbesondere in der Schockraum-Diagnostik von großem Interesse, da dies bei der Versorgung lebensbedrohlich verletzter Polytrauma-Patienten prognoseentscheidend sein kann [2]. Um eine schnellere und qualitativ hochwertigere Befundung von Polytraumatisierten zu erzielen, wurde in der Klinik für Radiologie des Universitätsklinikums Mainz ein strukturiertes Template zur Schockraum-Diagnostik entwickelt. Bislang wurde in keinem

Forschungsprojekt validiert, dass die strukturierte CT-Befundung von Schwerverletzten in der Notfalldiagnostik einen positiven Einfluss ausübt und vorteilhaft ist gegenüber dem traditionell narrativ geschriebenen Freitext-Befund.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, die Bedeutung der strukturierten Befundung in der Schockraum-Diagnostik zu untersuchen. In einem experimentellen Studiendesign sollte die strukturierte CT-Befundung von Polytrauma-Patienten mittels der Befundvorlage „Schockraum-Diagnostik“ hinsichtlich Zeiteffizienz und Qualität im Vergleich zur Freitext-Befundung evaluiert werden. Zu den Schwerpunkten dieser Promotionsarbeit zählten sowohl die objektive Analyse der Vollständigkeit und Dauer der Befundung als auch die subjektive Bewertung der Befunde mit Hilfe eines Fragebogens. Die Hypothese, dass strukturierte Schockraum-Befunde vollständiger sind und schneller erstellt werden, sollte entweder bestätigt oder widerlegt werden. Die in dieser Doktorarbeit gewonnenen Daten sollten somit dazu beitragen, die Bedeutung der strukturierten Befundung im Rahmen der radiologischen Notfalldiagnostik aufzuklären.

B. Material und Methoden

Für den Vergleich der strukturierten Befundung von Polytrauma-Patienten mit der Freitext-Befundung wurden schwerpunktmäßig die Befundqualität und die Zeiteffizienz evaluiert. In den Schockraum-Befunden sollten insbesondere die Kriterien „Dauer der Befundung“ und „Vollständigkeit der Befunde“ erfasst werden. Mit Hilfe eines Fragebogens wurde unter anderem die Akzeptanz für die strukturierte Befundung ermittelt sowie die Qualität der strukturierten Schockraum-Befunde evaluiert.

1. Studienteilnehmer

Diese experimentelle Studie wurde im Universitätsklinikum der Stadt Mainz in der Klinik für diagnostische und interventionelle Radiologie durchgeführt. Die Studienteilnehmer waren acht radiologische Assistenzärzte, die im Rahmen ihrer Ausbildung alle bereits mindestens 1000 CT-Befunde geschrieben und somit Erfahrung in der CT-Befundung gehabt haben.

Die beiden Gruppen wurden so zusammengestellt, dass jeweils zwei Radiologen im vierten oder fünften Assistenzarztjahr mit mehr Erfahrung und zwei Radiologen im zweiten oder dritten Ausbildungsjahr mit weniger Erfahrung eine gemeinsame Gruppe bildeten. Unter Berücksichtigung dessen wurden die jeweiligen Assistenzärzte dementsprechend den beiden Gruppen A und B zufällig zugeteilt. Die Erfahrung der Studienteilnehmer war gemessen an der durchschnittlichen Zeit der Assistenzarztausbildung vergleichbar gewesen und lag in Gruppe A bei 3,8 Jahren und in Gruppe B bei 3,9 Jahren. Alle Studienteilnehmer hatten Vorerfahrung in der strukturierten Befundung, welche bereits mehrere Jahre zuvor eingeführt worden war.

2. Polytrauma-CT-Fälle

Ausgewählt wurden 14 Ganzkörper-CT-Untersuchungen von Polytrauma-Patienten, welche alle anonymisiert wurden. Die Fälle waren den Probanden unbekannt. Die Polytrauma-Fälle wurden in zwei Gruppen mit je sieben Fällen aufgeteilt, d.h. Fall 1 bis 7 bzw. Fall 8 bis 14. Bei der Auswahl der Fälle war entscheidend, dass sowohl der Verletzungsschweregrad als auch die Komplexität der Polytrauma-Fälle in den beiden Gruppen vergleichbar war. Die befundeten Trauma-Patienten waren leicht bis lebensbedrohlich schwer verletzt. Zur Bestimmung des Verletzungsschweregrads der verschiedenen Körperregionen wurde für alle Fälle der Abbreviated Injury Scale (AIS) bestimmt. Aus der Summe der Quadrate der drei gemäß AIS am schwerwiegendsten verletzten Körperregionen wurde für jeden Fall der entsprechende ISS kalkuliert. Der ISS dient der Klassifizierung des Schweregrads des Traumas und beträgt maximal 75 [32]. Der durchschnittliche ISS lag bei den für die Studie ausgewählten Fällen 1 bis 7 bei 39 (Spannweite von 1 bis 66) und bei den Fällen 8 bis 14 bei 36 (Spannweite von 0 bis 66). Die AIS- und ISS-Kalkulationen sind in Tabelle B1 aufgeführt.

Die Pathologien umfassten traumatische Verletzungen des Kopfes, der Gefäße, der thorakalen und abdominellen Organe sowie Frakturen der Wirbelsäule, der Rippen, des Beckens und der Extremitäten. Bei allen Polytrauma-Fällen wurde ein natives CT vom Schädel sowie ein Kontrastmittel-verstärktes Ganzkörper-CT von der Schädelbasis bis zum proximalen Femur ausgewertet. Die Pathologien der verletzten Patienten wurden entsprechend ihrer Lokalisation der jeweiligen Kategorie zugeordnet.

Tab. B1: Schweregrad der Verletzungen der Polytrauma-Fälle

In der Tabelle sind die AIS für die jeweiligen Körperregionen aufgeführt, die für jeden der 14 Polytrauma-Fälle bestimmt worden sind. Aus der Summe der Quadrate der drei am schwerwiegendsten verletzten Körperregionen wurde für jeden Fall der entsprechende ISS kalkuliert, welcher maximal 75 betragen kann. Die Spannweite der Fälle liegt zwischen 0 und 66.

AIS: 0 = keine, 1 = leichte, 2 = mäßige, 3 = ernste, 4 = schwere, 5 = lebensbedrohliche, 6 = tödliche Verletzung.

Fall	AIS						ISS
	Kopf, Hals	Gesicht	Thorax	Abdomen	Extremität	Extern	
1	5	0	0	0	0	0	25
2	3	3	4	5	0	0	50
3	5	1	4	5	3	0	66
4	0	1	0	0	0	0	1
5	5	3	5	1	3	0	59
6	0	4	5	4	3	0	57
7	2	0	3	2	0	0	17
8	5	0	0	0	0	0	25
9	0	0	3	4	0	0	25
10	0	0	5	5	4	0	66
11	0	0	0	0	0	0	0
12	5	3	3	0	0	0	43
13	0	4	5	3	4	0	57
14	5	0	3	0	2	0	38

Zur Bildakquisition wurden die Patienten mit einem 64 oder 128 Zeilen-CT-Gerät von Philips untersucht (Philips, Amsterdam, Niederlande). Als Bildarchivierungs- und Kommunikationssystem wurde IDS7 von Sectra zur Bildauswertung genutzt (Sectra Medical, Linköping, Schweden). Die Freitext-Befunde wurden mit Hilfe der iSoft Rad centre-Software erstellt (i-Solutions GmbH, Mannheim, Deutschland). Die strukturierte Befundung wurde mittels einer Institut-eigenen, web-basierten Befundungsplattform (Mainz Radiology Reporting Engine) ermöglicht [1,45].

3. Studienablauf

An der Studie nahmen insgesamt acht radiologische Assistenzärzte teil, welche gleichmäßig in zwei Gruppen aufgeteilt wurden. Die erste Gruppe befundete zunächst die Fälle 1–7 als Freitext-Befunde und anschließend die Fälle 8–14 als strukturierte Befunde. Die zweite Gruppe bearbeitete die gleichen Polytrauma-Fälle lediglich in umgekehrter Reihenfolge, sodass nun

diesmal zuerst die Fälle 8–14 mittels Freitextes befundet wurden und im Anschluss die Fälle 1–7 als strukturierte Befunde verfasst wurden. Die eine Hälfte der Polytrauma-Fälle wurde somit mittels Freitext-Befundung und die andere Hälfte mit Hilfe der strukturierten Befundung ausgewertet. In diesem Überkreuz-Studiendesign wurden die jeweiligen Fälle in den beiden Gruppen dementsprechend unterschiedlich analysiert.

In der Klinik für diagnostische und interventionelle Radiologie des Universitätsklinikums der Stadt Mainz werden Ganzkörper-CTs von Polytrauma-Patienten in zwei Schritten analysiert. Direkt nach der CT-Untersuchung erfolgt zuerst die Erstellung eines schnellen Kurzbefundes. Danach folgt die Auswertung des ausführlicheren Detailbefundes. Dieses zweistufige Konzept wurde ebenfalls im Rahmen der Studie angewandt. Dementsprechend wurde zuerst der Kurzbefund und anschließend der Detailbefund generiert. Traditionell wird der Schockraum-Befund narrativ als Freitext geschrieben. Hierbei besteht die Möglichkeit, ein Spracherkennungsprogramm zu nutzen.

Um eine schnellere und qualitativ hochwertigere Befundung von Polytraumatisierten zu ermöglichen, wurde in der Klinik für Radiologie des Universitätsklinikums Mainz ein strukturiertes Template zur Schockraum-Diagnostik entwickelt. Sowohl für den Kurz- als auch für den Detailbefund wurde eine Befundvorlage ausgearbeitet (Abb. B1). Die verschiedenen Körperregionen werden in einem Aufklapp-Menü durch das Setzen eines Häkchens als „pathologisch“ oder „unauffällig“ befundet. Darüber hinaus gibt es die Möglichkeit, ggf. weitere wichtige Anmerkungen und Pathologien im Freitextstil zu ergänzen. Die Ergebnisse des strukturierten Kurzbefundes werden direkt automatisch in den Detailbefund übertragen. Bei der traditionellen Freitext-Befundung ist hingegen kein automatischer Transfer möglich.

a Kurzbefund

Blutung

Subduralhämatom

Epiduralhämatom

Seite

Lokalisation frontal

temporal

parietal

occipital

cerebellär

Ausprägung

Subarachnoidale Blutung

Intracerebrale Blutung

Mittellinienverlagerung

Einklemmung

Fraktur

Thoraxtrauma

Abdominaltrauma

Gefäßverletzung

Instabile Wirbelsäulen-/Beckenverletzung

b Detailbefund

CCT

Intrakranielle Blutung

Subduralhämatom

Epiduralhämatom

Seite

Lokalisation frontal

temporal

parietal

occipital

cerebellär

Ausprägung

Ausdehnung mm

Subarachnoidale Blutung

Intracerebrale Blutung

Mittellinienverlagerung

Einklemmung

Ventrikelsystem

Parenchym

Fraktur

Hals

Thorax

Abdomen

Gefäße

Stammskelett

Extremitäten

Abb. B1: Auszug aus dem Template „Schockraum-Diagnostik“

Die Abbildung zeigt einen beispielhaften Auszug aus dem Template „Schockraum-Diagnostik“ für den Kurzbefund (a) sowie für den Detailbefund (b). Die verschiedenen Körperregionen werden durch das Setzen eines Häkchens als „pathologisch“ oder „unauffällig“ befundet.

Darüber hinaus gibt es die Möglichkeit, wichtige Anmerkungen im Freitextstil zu ergänzen. Die Ergebnisse aus dem schnellen Kurzbefund werden automatisch in den ausführlicheren Detailbefund übertragen.

Das Template beinhaltet Informationsboxen, die mit einigen der aufgeführten Pathologien in den verschiedenen Körperregionen verknüpft sind. Die integrierten Informationen dienen als Unterstützung für die präzise Klassifizierung von Verletzungen. Mit Hilfe dieser Informationsboxen können beispielsweise Wirbelsäulenverletzungen vereinfacht korrekt klassifiziert werden (Abb. B2).

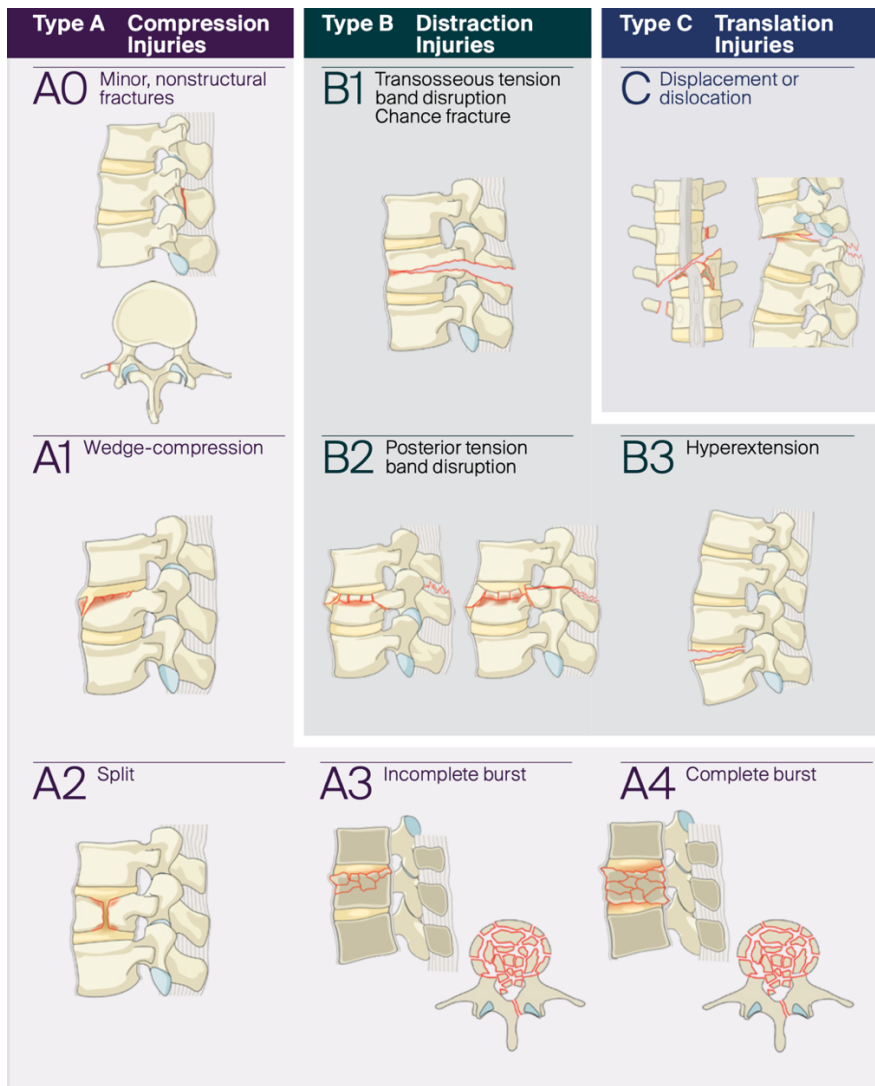


Abb. B2: Auswahl einer Informationsbox aus dem Template „Schockraum-Diagnostik“

Das Template „Schockraum-Diagnostik“ beinhaltet Informationsboxen, mit deren Hilfe beispielsweise Wirbelsäulenverletzungen vereinfacht

korrekt klassifiziert werden können. Die beispielhaft ausgewählte Abbildung aus dem Template zeigt die AO-Klassifikation für die thorakolumbale Wirbelsäule [46].

Das Team im Schockraum besteht aus verschiedenen Spezialisten wie z.B. dem Anästhesisten und dem Chirurgen, die dem Radiologen bereits während der Kurzbefundung Fragen stellen. Um diese Schockraum-Umgebung zu simulieren, wurden den Studienteilnehmern ebenfalls klinisch relevante Fragen gestellt. Diese standardisierten Fragen bezogen sich auf die polytraumatisierten Patienten und berücksichtigten Verletzungen verschiedener Körperregionen. Das Ziel war es, Störeinflüsse wie im Schockraum zu simulieren, die den Radiologen ggf. von der Befundung ablenken könnten. Beispielsweise wurde gefragt, ob Pathologien am Kopf vorlägen, ob der endotracheale Tubus lagekorrekt sei oder ob der „Stiffneck“ abgenommen werden könne.

Die benötigte Befundungszeit wurde mit einer Stoppuhr gemessen. Die maximal zulässige Dauer wurde auf 7 min bei den Kurzbefunden und auf 25 min bei den Detailbefunden limitiert. Nach dieser maximalen Befundungszeit wurde die Befundung abgebrochen.

Beide Gruppen starteten mit der Freitext-Befundung, Gruppe A mit den Fällen 1-7 und Gruppe B mit den Fällen 8-14. Im nächsten Schritt wurde das strukturierte Schockraum-Template eingeführt. Die Probanden absolvierten zunächst einen Beispielfall. Dieser Fall wurde nicht ausgewertet und diente lediglich dem Kennenlernen der Befundvorlage. Anschließend bearbeiteten die Studienteilnehmer die jeweiligen restlichen Fälle mit der strukturierten Befundung, d.h. Gruppe A die Fälle 8-14 und Gruppe B die Fälle 1-7. Nach Beendigung der strukturierten Befundung wurde der Fragebogen erhoben (Abb. B3).

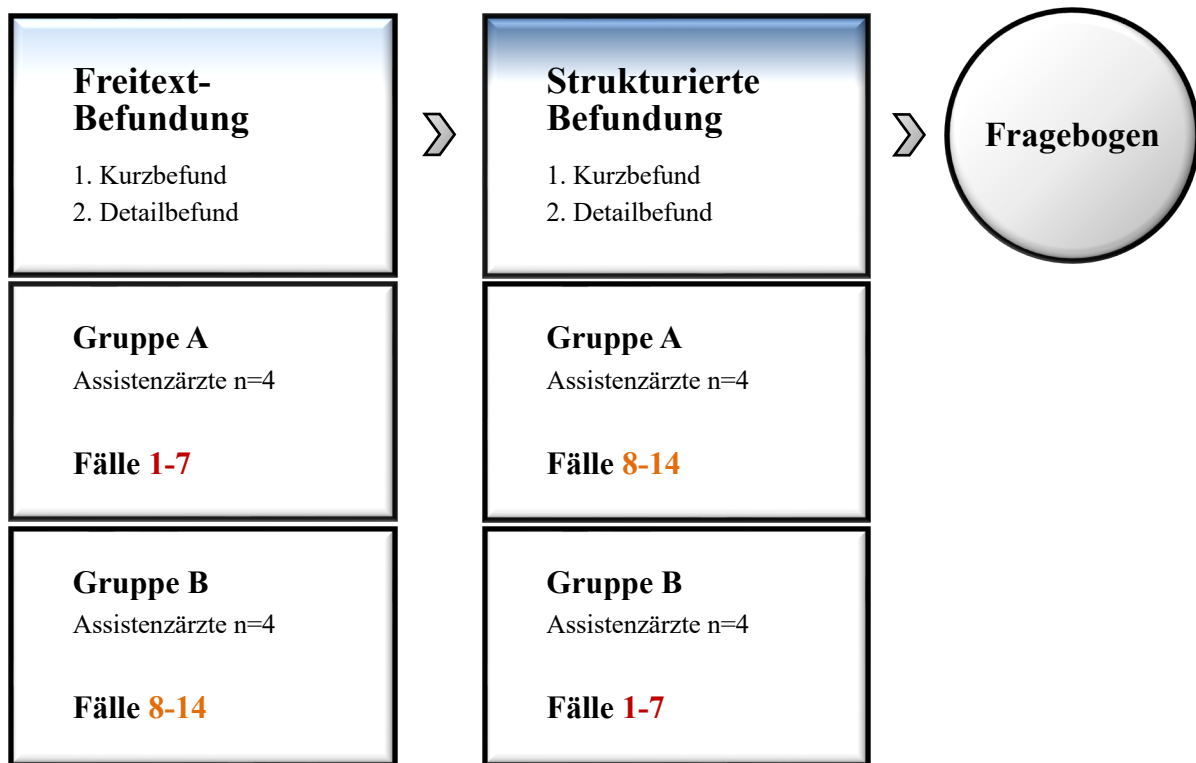


Abb. B3: Ablauf der Studie „Strukturierte CT-Befundung von Polytrauma-Patienten“

Die schematische Abbildung zeigt den Ablauf der Studie zur Schockraum-Befunderstellung mit und ohne Befundvorlage. In Gruppe A und B nahmen jeweils vier radiologische Assistenzärzte teil (n = Anzahl). Von der Gruppe A wurden die Fälle 1-7 und von der Gruppe B die Fälle 8-14 mittels Freitext-Befundung ausgewertet. Anschließend erfolgte die strukturierte Befundung der restlichen Fälle in einem Überkreuz-Studiendesign, d.h. Gruppe A bearbeitete die Fälle 8-14 und Gruppe B die Fälle 1-7. Nach Abschluss der gesamten Befundung wurde ein Fragebogen von allen Studienteilnehmern erhoben.

4. Objektive Bewertung: Klassifizierungssystem

Zur objektiven Bewertung der Befunde wurde vorab das Punktesystem festgelegt. Die ursprünglich von anderen Radiologen unter realen Bedingungen erstellten Schockraum-Befunde wurden auf Facharzt-Niveau von Herrn Dr. Jungmann kontrolliert. Herr Dr. Jungmann hatte als Facharzt insbesondere Expertise in der Trauma-Diagnostik erworben. Die Polytrauma-Befunde wurden ggf. korrigiert und mit weiteren Pathologien vervollständigt. Die zu befundenden Pathologien wurden gemeinsam in Haupt- und Nebenkriterien eingeteilt. Hauptkriterien umfassten essenziell bedeutsame Pathologien, wie beispielsweise das

Epiduralhämatom. Zu den Nebenkriterien zählten die Detailangaben, die die Hauptkriterien genauer charakterisierten. Beispielsweise sollten detaillierte Angaben zur genauen Lokalisation und dem Schweregrad einer Pathologie gemacht werden. Im Kurzbefund sollten essenzielle Hauptkriterien mit den wichtigsten Detailangaben genannt werden. Im anschließenden ausführlicheren Detailbefund wurde erwartet, dass zusätzlich weitere Detailangaben zu den Hauptkriterien ergänzt werden. Darüber hinaus sollten weniger relevante, nicht lebensbedrohliche Diagnosen genannt werden, die als Nebenkriterien gewertet wurden.

Jeweils ein Punkt wurde für ein pathologisches Haupt- bzw. Nebenkriterium vergeben. Explizit genannte Normalbefunde wurden nicht berücksichtigt. Falsch positive Befunde wurden ebenfalls nicht beurteilt. Durch die Auswertung der korrekt genannten Befunde sowie der Detailangaben zu den Pathologien wurde über die erreichte Punktzahl die Vollständigkeit der Befunde ermittelt. Für jeden Fall wurde sowohl für den Kurzbefund als auch für den Detailbefund die erreichte Punktzahl für die Haupt- und Nebenkriterien kalkuliert. Tabelle B2 illustriert einen Beispielfall mit dem zugehörigen Punktesystem.

Tab. B2: Klassifizierungssystem zur objektiven Bewertung der Befundvollständigkeit

Die Tabelle zeigt das Klassifizierungssystem mit der Punktevergabe zur Evaluation der Befundvollständigkeit. Im Kurzbefund sollten essenzielle Hauptkriterien mit den wichtigsten Detailangaben genannt werden. Im Detailbefund sollten darüber hinaus zusätzlich weitere Detailangaben zu den Hauptkriterien ergänzt werden. Weiterhin sollten im Detailbefund neben den schwerwiegenden Verletzungen auch weniger relevante und nicht lebensbedrohliche Diagnosen genannt werden. Jeweils 1 Punkt wurde für ein pathologisches Haupt- bzw. Nebenkriterium vergeben. In dem beispielhaft ausgewählten Polytrauma-Fall Nummer 2 befinden sich die Pathologien in verschiedenen Körperregionen.

■ Kopf ■ Thorax ■ Abdomen ■ Skelettsystem

Kurzbefund Fall 2	Hauptkriterium	Nebenkriterium
Intrakranielle Blutung	1	
• Subarachnoidale Blutung	1	
Fraktur Kopf	1	
Lungenlazeration/ Kontusion/ Infiltrate	1	
Rippenfraktur	1	
Freie Flüssigkeit	1	
Mesenterialeinriss	1	
• Ausprägung		1
LWS	1	
• Fraktur		1
• Wirbelkörper		1
• Wirbelbogen		1
Gesamtwert:	8	4

Detailbefund Fall 2	Hauptkriterium	Nebenkriterium
Intrakranielle Blutung	1	
• Subarachnoidale Blutung	1	
Fraktur Mittelgesicht	1	
• Klassifikation nach Le Fort		1
• Lokalisation		1
Fraktur Orbita	1	
• Seite		1
• Lokalisation		1
• Retrobulbäres Hämatom	1	
Lungenlazeration/ Kontusion/ Infiltrate	1	
• Lokalisation		1
• Ausprägung		1
Rippenfraktur	1	
• Seite		1
• Ausprägung		1
• Costa		1
Freie Flüssigkeit	1	
Leberlazeration	1	
• Ausprägung		1
• AAST		1
Mesenterialeinriss	1	
• Ausprägung		1
LWS	1	
• Fraktur		1
• Wirbelkörper		1
• Wirbelbogen		1
• AO-Spine Klassifikation		1
Fraktur Sternum	1	
• Lokalisation		1
Gesamtwert:	12	17

5. Subjektive Bewertung: Fragebogen

Den Befundungen folgte im Anschluss ein Fragebogen, um die Freitext-Befundung und die strukturierte Befundung jeweils im Kurz- und Detailbefund zu evaluieren. Die Evaluation durch die teilnehmenden Radiologen erfolgte mit Hilfe einer 4-Punkte-Likert-Skala, bestehend aus den vier Kategorien „1 = trifft fast nie zu“, „2 = trifft selten zu“, „3 = trifft häufig zu“ und „4 = trifft fast immer zu“. Bewertet wurden insbesondere die Qualität und die Vollständigkeit der Befunde sowie die Zeiteffizienz der Befunderstellung. Darüber hinaus wurde beurteilt, ob die Befunde inhaltlich richtig, eindeutig, widerspruchsfrei, übersichtlich und kurzgefasst waren. Im Rahmen des Fragebogens wurde eruiert, ob die Anwendung der strukturierten Befundung unkompliziert war. Evaluiert wurde ebenfalls die simulierte Schockraum-Umgebung während der Erstellung der Kurzbefunde. Weiterhin wurde die Frage gestellt, ob die Einbindung der Befundvorlage „Schockraum-Diagnostik“ in die alltägliche Befundung sinnvoll sein würde. Die Studienteilnehmer bewerteten, ob die strukturiert erstellten Befunde lesbarer und qualitativ besser im Vergleich zu den Freitexten waren. Darüber hinaus wurde analysiert, ob eine Spracherkennung zur Diktierfunktion in das Schockraum-Template integriert werden sollte (Abb. B4).

a

Die Störquellen während der Befundung, d.h. die Zwischenfragen von Ärzten, waren im Rahmen der Studie vergleichbar mit denen im Schockraum.

trifft fast nie zu trifft selten zu trifft häufig zu trifft fast immer zu

b

Meine „Freitext-Befunde“ im Rahmen der Studie waren...

...zeiteffizient	<input type="radio"/> trifft fast nie zu	<input type="radio"/> trifft selten zu	<input type="radio"/> trifft häufig zu	<input type="radio"/> trifft fast immer zu
...kurzgefasst	<input type="radio"/> trifft fast nie zu	<input type="radio"/> trifft selten zu	<input type="radio"/> trifft häufig zu	<input type="radio"/> trifft fast immer zu
...widerspruchsfrei	<input type="radio"/> trifft fast nie zu	<input type="radio"/> trifft selten zu	<input type="radio"/> trifft häufig zu	<input type="radio"/> trifft fast immer zu
...übersichtlich	<input type="radio"/> trifft fast nie zu	<input type="radio"/> trifft selten zu	<input type="radio"/> trifft häufig zu	<input type="radio"/> trifft fast immer zu
...eindeutig	<input type="radio"/> trifft fast nie zu	<input type="radio"/> trifft selten zu	<input type="radio"/> trifft häufig zu	<input type="radio"/> trifft fast immer zu
...inhaltlich richtig	<input type="radio"/> trifft fast nie zu	<input type="radio"/> trifft selten zu	<input type="radio"/> trifft häufig zu	<input type="radio"/> trifft fast immer zu
...vollständig	<input type="radio"/> trifft fast nie zu	<input type="radio"/> trifft selten zu	<input type="radio"/> trifft häufig zu	<input type="radio"/> trifft fast immer zu
...qualitativ hochwertig	<input type="radio"/> trifft fast nie zu	<input type="radio"/> trifft selten zu	<input type="radio"/> trifft häufig zu	<input type="radio"/> trifft fast immer zu

Meine „strukturierten Befunde“ im Rahmen der Studie waren...

...zeiteffizient	<input type="radio"/> trifft fast nie zu	<input type="radio"/> trifft selten zu	<input type="radio"/> trifft häufig zu	<input type="radio"/> trifft fast immer zu
...kurzgefasst	<input type="radio"/> trifft fast nie zu	<input type="radio"/> trifft selten zu	<input type="radio"/> trifft häufig zu	<input type="radio"/> trifft fast immer zu
...widerspruchsfrei	<input type="radio"/> trifft fast nie zu	<input type="radio"/> trifft selten zu	<input type="radio"/> trifft häufig zu	<input type="radio"/> trifft fast immer zu
...übersichtlich	<input type="radio"/> trifft fast nie zu	<input type="radio"/> trifft selten zu	<input type="radio"/> trifft häufig zu	<input type="radio"/> trifft fast immer zu
...eindeutig	<input type="radio"/> trifft fast nie zu	<input type="radio"/> trifft selten zu	<input type="radio"/> trifft häufig zu	<input type="radio"/> trifft fast immer zu
...inhaltlich richtig	<input type="radio"/> trifft fast nie zu	<input type="radio"/> trifft selten zu	<input type="radio"/> trifft häufig zu	<input type="radio"/> trifft fast immer zu
...vollständig	<input type="radio"/> trifft fast nie zu	<input type="radio"/> trifft selten zu	<input type="radio"/> trifft häufig zu	<input type="radio"/> trifft fast immer zu
...qualitativ hochwertig	<input type="radio"/> trifft fast nie zu	<input type="radio"/> trifft selten zu	<input type="radio"/> trifft häufig zu	<input type="radio"/> trifft fast immer zu

Das „Schockraum-Template“ macht den Befund für den Zuweiser lesbarer.

trifft fast nie zu trifft selten zu trifft häufig zu trifft fast immer zu

Die Anwendung des „Schockraum-Templates“ zur strukturierten Befundung im Rahmen der Studie war unkompliziert.

trifft fast nie zu trifft selten zu trifft häufig zu trifft fast immer zu

Das „Schockraum-Template“ kann gut in die alltägliche Befundung integriert werden.

trifft fast nie zu trifft selten zu trifft häufig zu trifft fast immer zu

c

In das „Schockraum-Template“ sollte eine Spracherkennung zur Diktierfunktion integriert werden.

trifft fast nie zu trifft selten zu trifft häufig zu trifft fast immer zu

Abb. B4: Auszug aus dem Fragebogen zur subjektiven Bewertung der Schockraum-Befunde

Gezeigt ist ein Auszug aus dem Fragebogen zur Analyse der Befundvorlage „Schockraum-Diagnostik“. Evaluiert wurde mit Hilfe einer 4-Punkte-Likert-Skala, bestehend aus den vier Kategorien „1 = trifft fast nie zu“, „2 = trifft selten zu“, „3 = trifft häufig zu“ und „4 = trifft fast immer zu“.

(a) Die simulierte Schockraum-Umgebung während der Erstellung des Kurzbefundes wurde durch die Studienteilnehmer bewertet.

(b) Im Rahmen des Fragebogens wurde beurteilt, ob die eigenen Befunde zeiteffizient, kurzgefasst, widerspruchsfrei, übersichtlich, eindeutig, inhaltlich richtig, vollständig und qualitativ hochwertig waren. Weiterhin wurde eruiert, ob die Anwendung der strukturierten Schockraum-Befundung unkompliziert war und die Einbindung in die alltägliche Befundung sinnvoll sein würde. Evaluiert wurde darüber hinaus, ob strukturiert erstellte Befunde lesbarer im Vergleich zu den Freitexten waren. Alle Fragen wurden sowohl für den Kurz- als auch Detailbefund gestellt.

(c) Durch die Studienteilnehmer wurde bewertet, ob eine Spracherkennung in das Schockraum-Template integriert werden sollte.

6. Statistische Analyse

Zur Bestimmung der Vollständigkeit der Befunde wurde die Punktzahl für die Haupt- und Nebenkriterien sowohl für den Kurz- als auch Detailbefund für jeden der insgesamt 14 Polytrauma-Fälle berechnet. Die Daten wurden für jeden Probanden und jeden Fall jeweils getrennt ausgewertet.

Die Auswertung der statistischen Signifikanz erfolgte dankenswerterweise in Zusammenarbeit mit dem Institut für Medizinische Biostatistik, Epidemiologie und Informatik (IMBEI) der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz durch Philipp Mildenerger. Zur statistischen Auswertung wurde die Statistik-Software R Version 4.2.1 genutzt (R Core Team 2022).

Zunächst wurde für jeden Probanden die Gesamtpunktzahl für die Fälle 1-7 sowie für die Fälle 8-14 kalkuliert. Anschließend wurde die Differenz berechnet, indem der Gesamtwert der Fälle 8-14 vom Gesamtwert der Fälle 1-7 subtrahiert wurde. Das Studiendesign war eine Überkreuz-Studie, sodass Gruppe A die Fälle 8-14 und die Gruppe B die Fälle 1-7 mit Hilfe der strukturierten Vorlage befundet haben. Würde strukturierte Befundung zu vollständigeren Befunden führen, wäre die kalkulierte Differenz bei den Probanden in Gruppe A folglich positiv und in Gruppe B dementsprechend negativ.

Die statistische Signifikanz wurde mit dem Welch-Zweistichproben-Test ermittelt (*, $p \leq 0.05$). Um den Effekt der strukturierten Befundung zu schätzen, wurde die Differenz der Mittelwerte innerhalb der Gruppe berechnet und halbiert. Somit konnte kalkuliert werden, ob und wenn ja wie viele zusätzliche Pathologien mit Hilfe der strukturierten Befundung im Vergleich zur Freitext-Befundung aufgedeckt werden konnten. Analog dazu wurden die befundeten Pathologien speziell für die Körperregionen „Kopf“ und „Thorax“ gesondert ausgewertet.

Die Befundungsdauer wurde sowohl für den Kurzbefund als auch für den Detailbefund für jeden Probanden für jeden Fall ermittelt. Mittels des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests wurde die statistische Signifikanz bestimmt (*, $p \leq 0.05$).

Im Fragebogen wurden die Freitext-Befunde sowie die strukturierten Befunde mit einer 4-Punkte-Skala evaluiert. Für jede Frage wurde der Mittelwert von den jeweils 8 Probanden gebildet. Diese mit der Likert-Skala erhobenen Daten wurden mittels des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests analysiert, um die statistische Signifikanz zu ermitteln (*, $p \leq 0.05$).

C. Ergebnisse

Die strukturierte Befundung erweckt besonderes Interesse, da bereits zahlreiche Studien den Nachweis einer verbesserten Befundqualität erbracht haben [9,12]. Eine verbesserte Qualität und Zeitersparnis durch strukturierte Befundung kann insbesondere bei der Versorgung lebensbedrohlich verletzter Polytrauma-Patienten prognoseentscheidend sein [2]. Somit wurde im Rahmen der vorliegenden Arbeit erstmalig die strukturierte CT-Befundung von Polytrauma-Patienten im Vergleich zur Freitext-Befundung hinsichtlich der Befundvollständigkeit und Zeiteffizienz evaluiert. In einem experimentellen Studiendesign erstellte hierzu jeder Proband insgesamt 14 Kurz- sowie 14 Detailbefunde, die eine Hälfte mittels Freitext-Befundung und die andere Hälfte mit Hilfe der strukturierten Befundung. Folglich wurden insgesamt 224 Schockraum-Befunde erstellt und ausgewertet. Zur Evaluation dieser Befunde wurden einerseits die Vollständigkeit und die Dauer der Befundung objektiv analysiert, andererseits wurden die eigenen Befunde mittels eines Fragebogens subjektiv von den Probanden selbst bewertet. Um die Freitext-Befundung und die strukturierte Befundung im direkten Vergleich zu veranschaulichen, illustrieren die Abbildungen C1 und C2 beispielhaft je einen Detailbefund des gleichen Polytrauma-Falls.

Freitext-Befund

Befund:

Keine Voruntersuchung zum Vergleich.

Schädel:

Nachweis einer Subarachnoidalblutung rechts frontal. Minimale Verdichtung des Tentoriums beidseits, hier sind minimale Blutauflagerung nicht auszuschließen. Darüber hinaus kein Nachweis weiterer Blutanteile intrakraniell. Kein Nachweis eines Bluteinbruchs in das Ventrikelsystem. Mittelständiger Interhemisphärenspalt. Symmetrische Weite der inneren und äußeren Liquorräume. Basale Zisternen frei. Kein Nachweis einer Fraktur von Schädelbasis oder Kalotte. Ausgedehnte Mittelgesichtsfraktur in erster Linie Te Fort Typ II (Frakturen von Jochbogen rechts, ventraler, lateraler und medialer Wand des Sinus maxillaris rechts, Lamina lateralis des Proc. pteryoideus rechts, Nasenseptum, medialer Wand des Sinus maxillaris links) mit Impressionsfraktur des Orbitabodens rechts und hier intrakonalen Lufteinschlüssen. Herniation von Fettgewebe in die Kieferhöhle ohne Nachweis einer Einklemmung des M. rectus inferior. Hämatusinus beider Sinus maxillaris sowie Verlegung von Ethmoidalzellen. Nasenbeinfraktur.

HWS:

Mittelständiger Dens axis. Kein Nachweis eines paravertebralen Hämatoms. Kein Nachweis einer frischen knöchernen Läsion.. Regelrechtes Alignment.

Thorax:

Kein Nachweis eines Pneumothorax. Lungenkontusion im rechten Mittellappen sowie Infiltrate beidseits basal beidseits. Kein Perikarderguss, kein Pleuraerguss. Kein Hinweis auf eine Verletzung der großen thorakalen Gefäße. Kein Nachweis von pathologisch vergrößerten Lymphknoten thorakal. Dislozierte Rippenserienfraktur rechts der 3. bis 8. Rippe. Linksseitige Rippen intakt.

Abdomen:

Perihepatischer Flüssigkeitssaum ohne sicheren Nachweis einer Leberlazeration, jedoch ist bei angrenzender Rippenserienfraktur eine kleine Lazeration nicht auszuschließen. Leberzyste im Segment 2. Milz und Pankreas unauffällig. Schlanke Nebennieren beidseits. Nieren seitengleich kontrastiert ohne Hinweis auf eine Harntransportstörung. Verdichtung des Mesenteriums im Bereich des Ileozökalpols vereinbar mit einer mesenterialen Scherverletzung. Freie Flüssigkeit intraabdominell betont im kleinen Becken. Keine freie Luft. Kein Nachweis von pathologisch vergrößerten Lymphknoten abdominal.

Skelettsystem:

A4-Fraktur des LWK 3 mit Beteiligung der Grundplatte sowie geringem dorsalen Stempel von ca. 3 mm. Nichtdislozierter Frakturausläufer in den rechten Pedikel. Kein Nachweis einer weiteren Wirbelsäulenverletzung. Osteochondrosis vertebralis betont bei LWK 5/SWK 1. Schultergürtel und Beckenring intakt.

Beurteilung:

1. Subarachnoidalblutung rechts frontal bei ausgedehnter Mittelgesichtsfraktur Typ Le Fort II (Frakturen von Jochbogen rechts, ventraler, lateraler und medialer Wand des Sinus maxillaris rechts, Lamina lateralis des Proc. pteryoideus rechts, Nasenseptum, medialer Wand des Sinus maxillaris links). Blow out Fraktur des Orbitabodens rechts ohne Nachweis einer Einklemmung des M. rectus inferior.
2. Dislozierte Rippenserienfraktur 3.-8. Rippe rechts mit angrenzender Lungenkontusion. Infiltrate basal beidseits. Kein Nachweis eines Pneumothorax.
3. Mesenteriale Gefäßverletzung mit freier Flüssigkeit abdominal betont im kleinen Becken. Perihepatischer Flüssigkeitssaum ohne sicheren Nachweis einer Leberlazeration, jedoch ist bei angrenzender Rippenserienfraktur eine kleine Lazeration nicht auszuschließen.
4. A4-Fraktur des LWK3.

Abb. C1: Beispielhafter Freitext-Detailbefund für den Polytrauma-Fall 2

Gezeigt wird beispielhaft ein Freitext-Detailbefund für den Polytrauma-Fall Nummer 2. Jeder Proband erstellte insgesamt 14 Kurz- sowie Detailbefunde, die eine Hälfte mittels Freitext-Befundung und die andere Hälfte mit Hilfe der strukturierten Befundung.

Template-Befund

Schädel

- Intrakranielle Blutung**
 - Subarachnoidale Blutung: re. frontal
- Fraktur**
 - Mittelgesicht: Le-Fort-Fraktur Typ II
 - Orbita
 - rechts
 - Retrobulbäres Hämatom

Hals: nein

Thorax

- Lungenparenchym**
 - Lungenkontusion
 - rechter Oberlappen
 - rechter Unterlappen
 - Mittellappen
 - linker Unterlappen
 - mäßiggradig
- Rippenfraktur**
 - rechts
 - Serienfraktur
 - Costa 2-8
- Weichteile**
 - Hämatom: aktive Blutung
 - V.a. geringe aktive Blutung links pektoral

Abdomen

- Freie Flüssigkeit**
- Leber**
 - Laceration
 - geringgradig
 - AAST Grad I
- Milz**
 - Laceration
 - geringgradig
 - AAST Grad I
- Darm**
- Mesenterialeinriss**
 - aktive Blutung
 - V.a. min. aktive Blutung re. UB

Gefäße: unauffällig

Skelett

- Wirbelsäule**
 - LWS LWK 3 A1
 - Fraktur: Wirbelkörper 3+5, Wirbelbogen 5
 - Hinterkantenalignement: regelrecht
 - Stellung Facettengelenke: regelrecht
 - Spinalkanal: geringgradig eingengt
 - Diskoligamentäre Verletzung: indirekter Hinweis
 - Hämatom perivertebral
 - AO-Spine Klassifikation Wirbel: 3 Klassifikation: B 2

Extremitäten: nein

Abb. C2: Beispielhafter Template-Detailbefund für den Polytrauma-Fall 2

Zur Visualisierung eines mittels strukturierter Befundung erstellten Detailbefunds wurde beispielhaft der Polytrauma-Fall Nummer 2 abgewandelt abgebildet. Jeder Studienteilnehmer verfasste insgesamt 14 Kurz- sowie Detailbefunde. Jeweils sieben Fälle wurden mittels Freitext-Befundung bzw. mit Hilfe der strukturierten Befundung erstellt.

1. Objektive Bewertung: Klassifizierungssystem

1.1. Vollständigkeit

Qualitativ hochwertige radiologische Befunde sind insbesondere vollständig [3]. Um den Einfluss der strukturierten Befundung auf die Qualität der Schockraum-Befunde von Polytraumatisierten aufzudecken, wurde somit zunächst die Vollständigkeit genauer objektiv untersucht. Hierzu wurde ein Klassifizierungssystem genutzt, in welchem die zu befundenden Pathologien vorab den Haupt- und Nebenkriterien zugeordnet worden waren. Durch die Auswertung der korrekt genannten Befunde sowie der Detailangaben zu den Pathologien wurde über die erreichte Punktzahl die Vollständigkeit der Befunde ermittelt. Dazu wurde zunächst für jeden Fall sowohl für den Kurzbefund als auch für den Detailbefund die erreichte Punktzahl für die Haupt- und Nebenkriterien kalkuliert. Die jeweils von den Probanden in den jeweiligen 14 verschiedenen Polytrauma-Fällen erzielten Punkte werden in der Abbildung C3 dargestellt. Anschließend wurde die Gesamtpunktzahl der Schockraum-Befunde evaluiert, um die strukturierte Befundung mit der Freitext-Befundung vergleichen zu können.

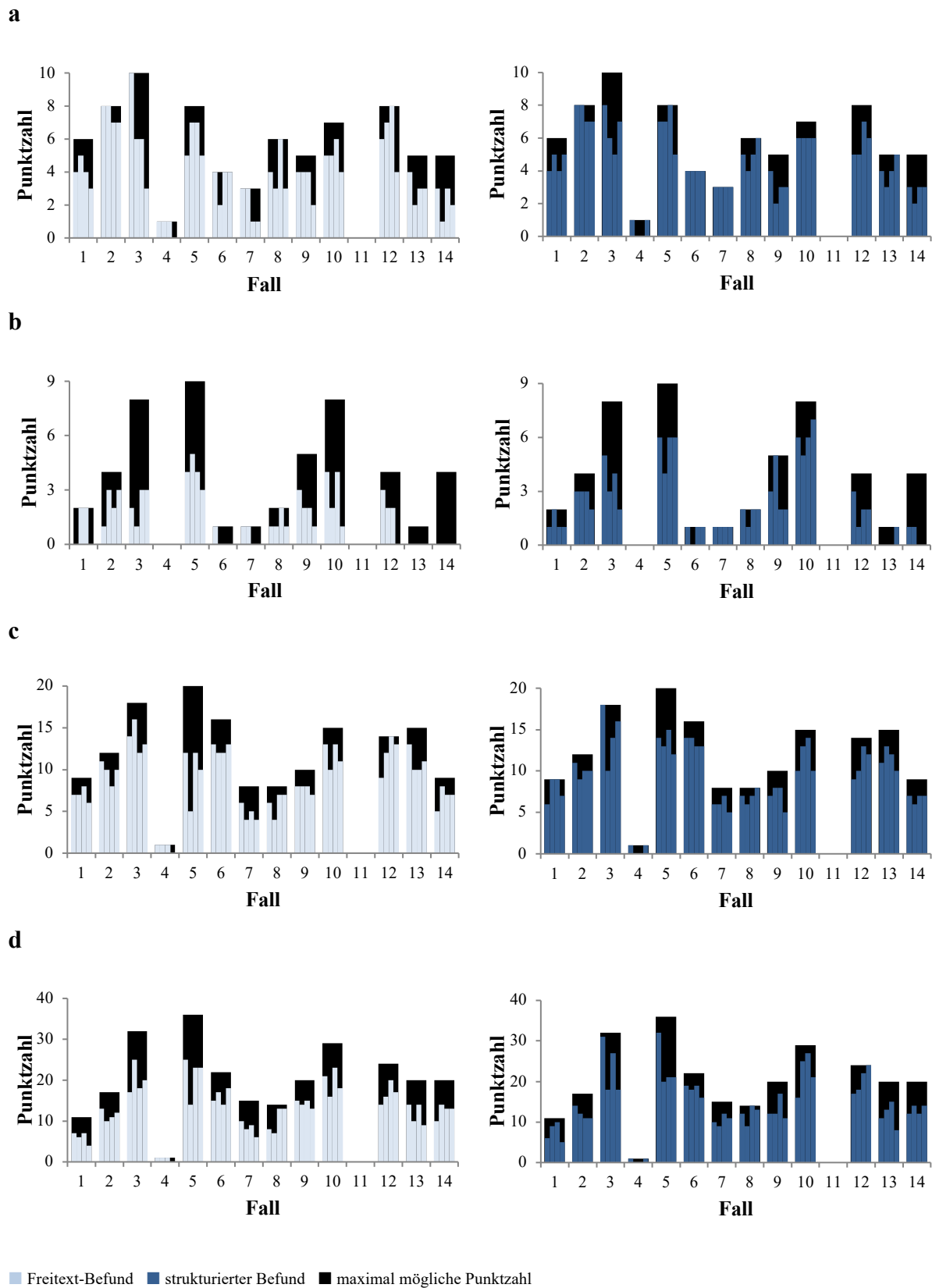


Abb. C3: Erzielte Punktzahl in den Polytrauma-Fällen

Das Diagramm visualisiert die Auswertung der korrekt genannten Befunde sowie der Detailangaben zu den Pathologien von den 14 Ganzkörper-CT-Untersuchungen. Je sieben Fälle wurden strukturiert mit der Befundvorlage bzw. narrativ mit der Freitext-Befundung von insgesamt acht radiologischen Assistenzärzten bearbeitet.

(a, b) Abgebildet ist die in den Kurzbefunden erreichte Punktzahl für die Hauptkriterien (a) und Nebenkriterien (b).
 (c, d) Dargestellt sind ebenfalls die Ergebnisse aus den Detailbefunden sowohl für die Hauptkriterien (c) als auch Nebenkriterien (d).

Über die berechnete Gesamtpunktzahl in den Polytrauma-Befunden wurde die Vollständigkeit der Befunde prozentual ermittelt (Tab. C1). Die Ergebnisse mit bzw. ohne Verwendung der Befundvorlage werden in Abbildung C4 vergleichend gegenübergestellt. Diese Abbildung visualisiert die Vollständigkeit sowohl der Kurz- als auch der Detailbefunde hinsichtlich der Haupt- und Nebenkriterien.

Tab. C1: Erreichte Gesamtpunktzahl zur Bestimmung der Vollständigkeit der Befunde

(a) Die Tabelle zeigt die von den acht radiologischen Assistenzärzten insgesamt erreichte Punktzahl in den Template- und Freitext-Befunden, welche sowohl für die Kurz- als auch Detailbefunde kalkuliert wurde. Die maximal mögliche Punktzahl in den sieben Freitext- bzw. sieben Template-Befunden ist die halbierte Gesamtpunktzahl für alle 14 zusammengerechneten Fälle. Beispielsweise erzielten die Studienteilnehmer bei den Nebenkriterien in den strukturierten Kurzbefunden zusammengerechnet 113 Punkte von den insgesamt 196 möglichen Punkten und in den Freitext-Kurzbefunden hingegen nur 72 Punkte.

(b) Gezeigt ist die prozentuale Befundvollständigkeit mit bzw. ohne Verwendung der Befundvorlage. Diese prozentuale Vollständigkeit wurde über die insgesamt erzielte Gesamtpunktzahl ermittelt. Beispielsweise sind bei den Nebenkriterien die strukturierten Template-Kurzbefunde mit 58 % im Vergleich zu den narrativen Freitext-Kurzbefunden mit 37 % vollständiger.

a

	Freitext-Befund	Template-Befund	maximale Punktzahl
Kurzbefund - Hauptkriterium	216	237	304
Kurzbefund - Nebenkriterium	72	113	196
Detailbefund - Hauptkriterium	454	483	620
Detailbefund - Nebenkriterium	675	751	1044

b

	Freitext-Befund	Template-Befund
Kurzbefund - Hauptkriterium	71 %	78 %
Kurzbefund - Nebenkriterium	37 %	58 %
Detailbefund - Hauptkriterium	73 %	78 %
Detailbefund - Nebenkriterium	65 %	72 %

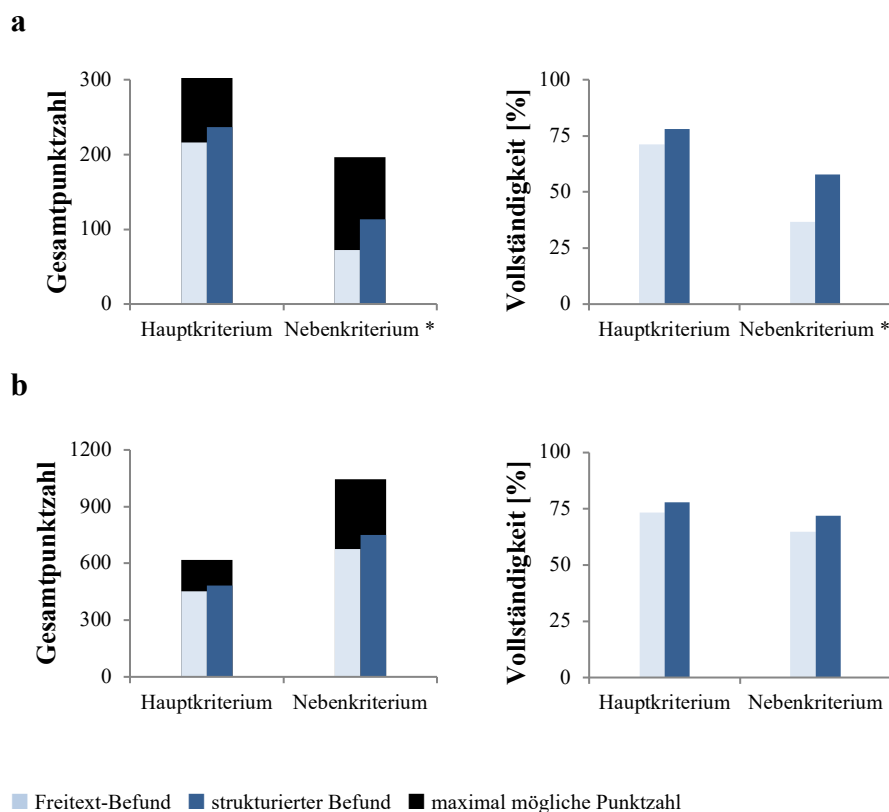


Abb. C4: Erreichte Gesamtpunktzahl zur Bestimmung der Vollständigkeit der Befunde

Das Diagramm visualisiert die Vollständigkeit der Kurzbefunde (a) und Detailbefunde (b). Die Befundvollständigkeit wurde über die erreichte Gesamtpunktzahl ermittelt, indem die korrekt genannten Befunde sowie die Detailangaben zu den Pathologien in allen Körperregionen kalkuliert wurden. Die prozentuale Befundvollständigkeit wurde über die insgesamt erzielte Gesamtpunktzahl berechnet. Die statistische Signifikanz wurde mit dem Welch-Zweistichproben-Test bestimmt (*, $p \leq 0.05$).

(a) Bei den Kurzbefunden bestand kein signifikanter Unterschied in der Vollständigkeit der befundeten Hauptkriterien. In den Kurzbefunden wurden aber bei der strukturierten Befundung im Vergleich zur Freitext-Befundung signifikant mehr Angaben zu den Details der Pathologien gemacht.

(b) Die Analyse der Detailbefunde ergab bei den Befundungsarten eine vergleichbare Vollständigkeit sowohl bei den befundeten Hauptkriterien als auch bei den Nebenkriterien mit den Detailangaben.

Die mit und ohne Template erstellten Polytrauma-Kurzbefunde erzielten eine vergleichbare Vollständigkeit der befundeten Hauptkriterien. In der vorliegenden Arbeit konnte aber gezeigt werden, dass bei der strukturierten Kurzbefundung im Vergleich zur Freitext-Befundung signifikant mehr Angaben zu den Details der Pathologien gemacht wurden ($p \leq 0.05$). Dementsprechend erzielte die Strukturierung durch die Befundvorlage in den Kurzbefunden im Durchschnitt zusätzlich 5.1 Nebenkriterien. Das zugehörige Konfidenzintervall betrug 3.1 bis 7.2 (Tab. C2).

Nach dem Erstellen des Kurzbefundes folgte im Anschluss der ausführlichere Detailbefund, in dem alle pathologischen Auffälligkeiten mit genauen Detailangaben genannt wurden. Die Analyse der Detailbefunde ergab bei den Befundungsarten eine vergleichbare Vollständigkeit sowohl bei den Hauptkriterien als auch bei den Nebenkriterien.

Tab. C2: Geschätzter Effekt der strukturierten Befundung auf die Vollständigkeit der Befunde

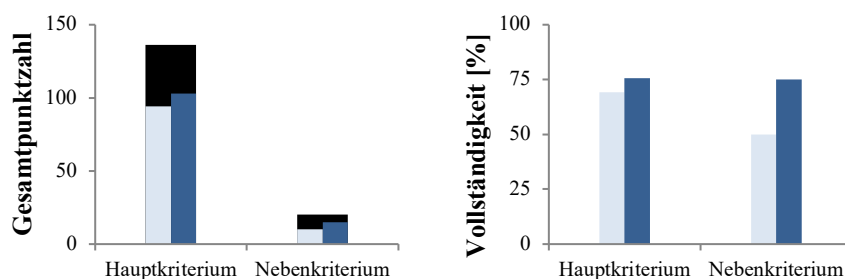
Die Tabelle zeigt den Einfluss der strukturierten Befundung auf die Vollständigkeit der Schockraum-Befunde. Zur objektiven Bewertung wurde der geschätzte Effekt mit dem zugehörigen Konfidenzintervall bestimmt. Der geschätzte Effekt wird kalkuliert, indem der Unterschied zwischen den Mittelwerten innerhalb einer Gruppe berechnet und halbiert wird. Die statistische Signifikanz wurde mit dem Welch-Zweistichproben-Test bestimmt (*, $p \leq 0.05$). Durch die strukturierte Befundung erzielten die an der Studie teilnehmenden Radiologen z.B. durchschnittlich 5.1 zusätzliche Nebenkriterien im Kurzbefund.

	Konfidenzintervall	geschätzter Effekt	p-Wert
Kurzbefund - Hauptkriterium	[-3.0;8.3]	2.6	0.295
Kurzbefund - Nebenkriterium	[3.1;7.2]	5.1	0.001 *
Detailbefund - Hauptkriterium	[-1.7;9.0]	3.6	0.138
Detailbefund - Nebenkriterium	[-2.3;21.3]	9.5	0.097

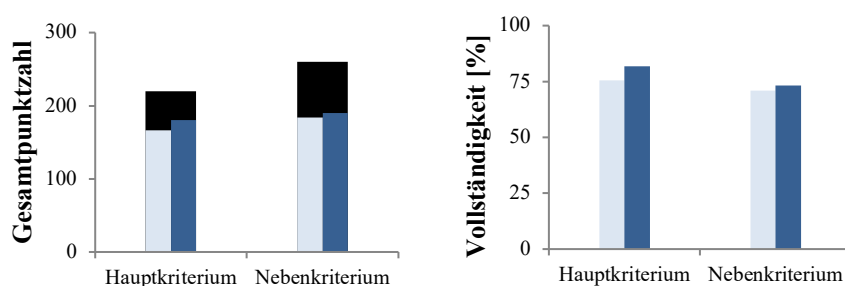
Zusammengefasst zeigen die vorliegenden Ergebnisse, dass die Strukturierung durch das Template zu vollständigeren Polytrauma-Kurzbefunden hinsichtlich der Detailangaben führt.

Relevante schwerwiegende Traumata betreffen insbesondere den Kopf sowie den Thorax [31]. Daher wurde die Vollständigkeit der Befunde in den Kategorien „Kopf“ und „Thorax“ nochmals gesondert untersucht. Die erzielte Punktzahl für die genannten Pathologien dieser beiden Körperregionen wurde jeweils getrennt berechnet. Die kraniale und thorakale Analyse wurde analog zu der oben beschriebenen Vorgehensweise durchgeführt, bei der zuvor alle untersuchten Körperregionen berücksichtigt worden waren. Die Abbildung C5 visualisiert die Befundvollständigkeit hinsichtlich der von den Probanden genannten Verletzungen am Kopf. Die Ergebnisse mit und ohne Verwendung der Befundvorlage werden vergleichend gegenübergestellt.

a



b



■ Freitext-Befund ■ strukturierter Befund ■ maximal mögliche Punktzahl

Abb. C5: Vollständigkeit der Befunde in der Kategorie Kopf

Das Diagramm zeigt die Vollständigkeit der Kurzbefunde (a) und Detailbefunde (b) in der Kategorie Kopf. Die Befundvollständigkeit wurde über die erreichte Gesamtpunktzahl ermittelt, indem die korrekt genannten Befunde sowie die Detailangaben zu den Pathologien der Kopf-Region kalkuliert wurden. Die prozentuale Befundvollständigkeit wurde über die insgesamt erzielte Gesamtpunktzahl berechnet. Die statistische Signifikanz wurde mit dem Welch-Zweistichproben-Test bestimmt (*, $p \leq 0.05$).

(a, b) Die Analyse der Kurz- und Detailbefunde ergab bei den Befundungsarten eine vergleichbare Vollständigkeit sowohl bei den befundeten Hauptkriterien als auch bei den Nebenkriterien mit den Detailangaben.

Durch Nutzung der strukturierten Schockraum-Befundvorlage konnten weder im Kurz- noch im Detailbefund signifikant mehr Pathologien in der Kopf-Region aufgedeckt werden. Die mit und ohne Template erstellten Befunde erzielten eine vergleichbare Vollständigkeit der befundeten Haupt- und Nebenkriterien des Kopfes. Die Tabelle C3 zeigt diesen geschätzten Effekt der Strukturierung auf die Befundvollständigkeit (*, $p \leq 0.05$).

Tab. C3: Geschätzter Effekt der strukturierten Befundung auf die Vollständigkeit der Befunde in der Kategorie Kopf

Die Tabelle zeigt den Einfluss der Strukturierung auf die Vollständigkeit der Pathologien in der Kopf-Region bei Polytraumatisierten. Zur objektiven Analyse wurde der geschätzte Effekt mit dem zugehörigen Konfidenzintervall berechnet. Der geschätzte Effekt wird bestimmt, indem der Unterschied zwischen den Mittelwerten innerhalb einer Gruppe kalkuliert und halbiert wird. Die statistische Signifikanz wurde mit dem Welch-Zweistichproben-Test bestimmt (*, $p \leq 0.05$). Mit Hilfe der Schockraum-Befundvorlage konnten nicht signifikant mehr Pathologien in der Kopf-Region aufgedeckt werden.

	Konfidenzintervall	geschätzter Effekt	p-Wert
Kurzbefund - Hauptkriterium	[-2.9;5.1]	1.1	0.513
Kurzbefund - Nebenkriterium	[-0.5;1.8]	0.6	0.222
Detailbefund - Hauptkriterium	[-0.9;4.4]	1.8	0.156
Detailbefund - Nebenkriterium	[-4.6;6.1]	0.8	0.737

Die Abbildung C6 visualisiert die Befundvollständigkeit hinsichtlich der genannten Verletzungen am Thorax.

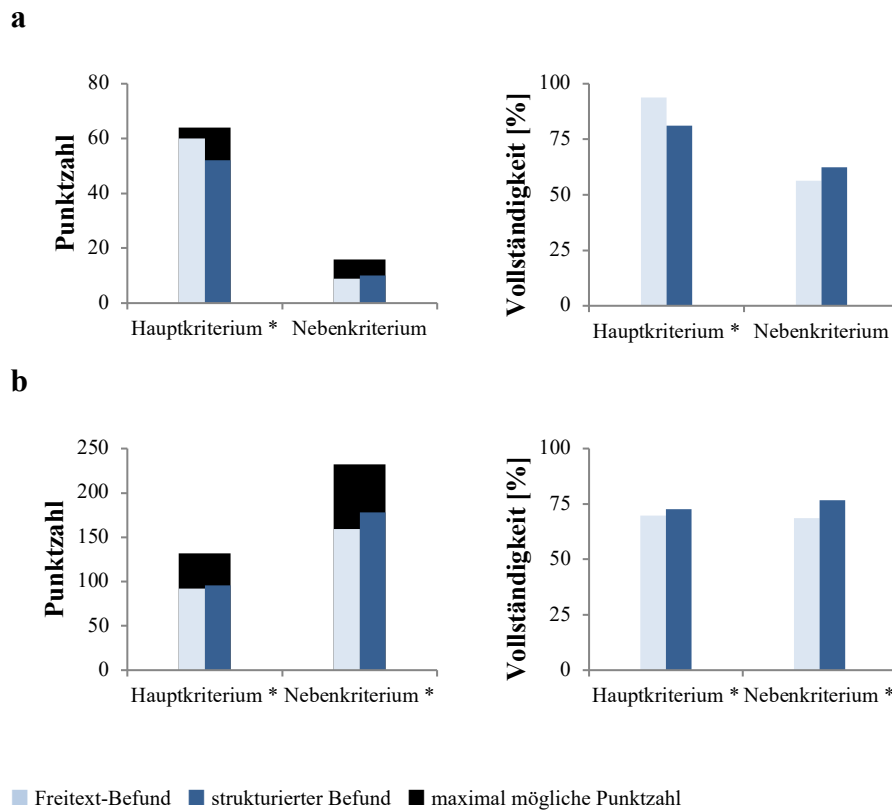


Abb. C6: Vollständigkeit der Befunde in der Kategorie Thorax

Abgebildet sind die Ergebnisse zur Vollständigkeit der Kurzbefunde (a) und Detailbefunde (b) in der Kategorie Thorax. Die Befundvollständigkeit wurde über die erreichte Gesamtpunktzahl ermittelt, indem die korrekt genannten thorakalen Befunde sowie die Detailangaben zu den Pathologien berechnet wurden. Die prozentuale Befundvollständigkeit wurde über die insgesamt erzielte Gesamtpunktzahl kalkuliert. Die statistische Signifikanz wurde mit dem Welch-Zweistichproben-Test bestimmt (*, $p \leq 0.05$).

(a) Die Analyse der Kurzbefunde ergab bei den beiden Befundungsarten eine vergleichbare Vollständigkeit bei den Nebenkriterien. In den Freitext-Kurzbefunden wurden geringfügig mehr Hauptkriterien befundet.

(b) In den Detailbefunden wurden aber wiederum bei der strukturierten Befundung im Vergleich zur Freitext-Befundung geringgradig mehr Haupt- und Nebenkriterien genannt.

Die mit und ohne Template erstellten Polytrauma-Kurzbefunde erzielten eine vergleichbare Vollständigkeit der befundeten thorakalen Nebenkriterien. In der vorliegenden Arbeit konnte gezeigt werden, dass bei der strukturierten Detailbefundung der Thorax-Region im Vergleich zur Freitext-Befundung aber signifikant mehr Pathologien befundet und differenziertere Angaben zu den Verletzungen gemacht wurden ($p \leq 0.05$). Dementsprechend erzielte die strukturierte Befundung in den thorakalen Detailbefunden durchschnittlich zusätzlich 1.4 Pathologien in den Hauptkriterien und 3.3 mehr Detailangaben in den Nebenkriterien. Dagegen wurden im Durchschnitt 0.9 mehr Pathologien der thorakalen Hauptkriterien im Freitext-Kurzbefund detektiert ($p \leq 0.05$) (Tab. C4).

Tab. C4: Geschätzter Effekt der strukturierten Befundung auf die Vollständigkeit der Befunde in der Kategorie Thorax

Die Tabelle zeigt den Einfluss der Strukturierung auf die Vollständigkeit der Pathologien in der Thorax-Region bei Polytraumatisierten. Zur objektiven Bewertung wurde der geschätzte Effekt mit dem zugehörigen Konfidenzintervall analysiert. Der geschätzte Effekt wurde ermittelt, indem der Unterschied zwischen den Mittelwerten innerhalb einer Gruppe kalkuliert und halbiert wurde. Die statistische Signifikanz wurde mit dem Welch-Zweistichproben-Test bestimmt (*, $p \leq 0.05$). Durch die strukturierte Befundung erzielten die an der Studie teilnehmenden Radiologen beispielsweise durchschnittlich 3.3 zusätzliche Nebenkriterien im Detailbefund.

	Konfidenzintervall	geschätzter Effekt	p-Wert
Kurzbefund - Hauptkriterium	[-1.6;-0.1]	-0.9	0.033 *
Kurzbefund - Nebenkriterium	[-0.2;1.2]	0.5	0.129
Detailbefund - Hauptkriterium	[0.2;2.5]	1.4	0.028 *
Detailbefund - Nebenkriterium	[0.9;5.5]	3.3	0.014 *

Zusammengefasst zeigen die erhobenen Daten, dass die Freitext-Kurzbefunde hinsichtlich der thorakalen Hauptkriterien geringfügig vollständiger waren. Dagegen führte die strukturierte Befundung zu geringgradig vollständigeren Polytrauma-Detailbefunden in der Thorax-Region. Die mit und ohne Template erstellten Befunde erzielten eine vergleichbare Vollständigkeit der befundeten kranialen Haupt- und Nebenkriterien. In der Kategorie Kopf konnte weder im Kurz- noch im Detailbefund die Befundvollständigkeit verbessert werden.

1.2. Geschwindigkeit

In der Notfalldiagnostik ist nicht nur ein unvollständiger, sondern auch ein zu langsam erstellter Befund problematisch [2]. Da narrative Freitext-Befundung mit einem hohen Zeitaufwand verbunden ist, sollte die Hypothese untersucht werden, dass die strukturierte Schockraum-Befundung schneller ist. Um diese Hypothese entweder zu bestätigen oder zu widerlegen, wurde die Zeit für die Befunderstellung gemessen. In den Kurzbefunden sollten relevante und akut lebensbedrohliche Befunde sowie wichtige Detailangaben schnellstmöglich genannt werden. Die Befundungszeiten der mittels Template und Freitext erstellten Kurzbefunde waren vergleichbar lang. Ausgehend von den ermittelten Daten wurde durch die strukturierte Befundung kein zeitsparender Effekt im Kurzbefund erzielt.

Nach dem Generieren des Kurzbefundes sollten im ausführlicheren Detailbefund noch zusätzlich alle weiteren Pathologien sowie ergänzende Details angegeben werden. Bei der Befundung mittels Templates wurden die Ergebnisse aus dem Kurzbefund automatisch in den Detailbefund transferiert. Diese Möglichkeit bestand bei der Freitext-Befundung nicht. Die benötigte Befundungszeit zum Erstellen der Detailbefunde ist in Abbildung C7 dargestellt.

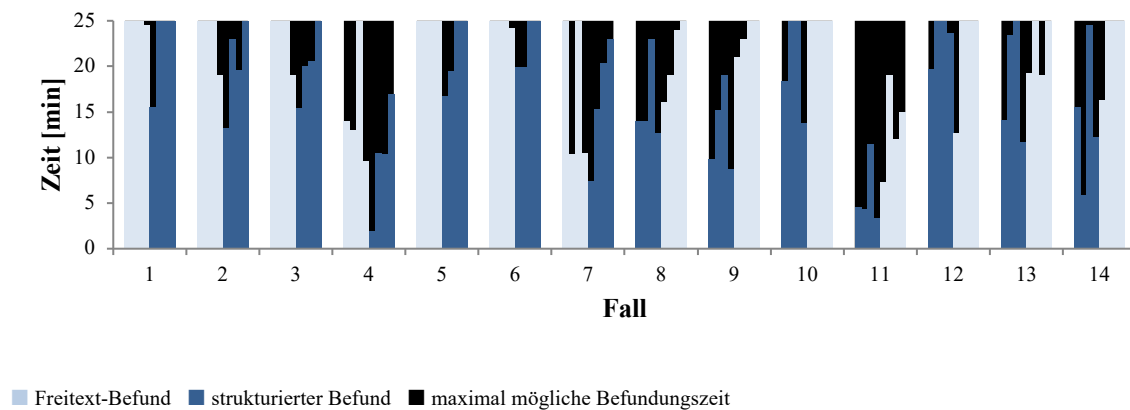


Abb. C7: Benötigte Befundungszeit zur Bestimmung der Zeiteffizienz

Das Diagramm zeigt die Zeiteffizienz der Befundung. Die zur Erstellung der Detailbefunde benötigte Befundungszeit wurde für die 14 Ganzkörper-CT-Untersuchungen ermittelt. Jeweils sieben Fälle wurden mit der strukturierten bzw. mit der Freitext-Befundung von den insgesamt acht radiologischen Assistenzärzten bearbeitet. Die maximal erlaubte Befundungszeit wurde auf 25 min begrenzt.

Zur Bestimmung der Zeiteffizienz wurden die Ergebnisse der mit und ohne Verwendung der Befundvorlage erstellten Detailbefunde in Abbildung C8 vergleichend gegenübergestellt. Im Gegensatz zum Kurzbefund erzielte die strukturierte Befundung bei den Detailbefunden im Vergleich zur Freitext-Befundung ein signifikant schnelleres Ergebnis.

Das Template wies eine hohe Zeiteffizienz auf und führte somit zum Ziel des schnelleren Befundens von Detailbefunden. Die mediane Zeit zur Befundung nahm bei den Freitexten 25 min in Anspruch und bei den Templates 19:15 min (Abb. C8a). Während die durchschnittliche Befundungszeit bei den Template-Detailbefunden bei 19 min lag, betrug diese bei den Freitext-Befunden 25 min ($p < 0.001$).

Die minimal gebrauchte Zeit bei der Erstellung der strukturierten Template-Detailbefunde betrug 1:58 min. Die maximale erlaubte und längste benötigte Zeit erforderte 25 min. Die Spannweite der 25 % bis 75 % Interquartile umfasste 13:02 min bis 24:39 min (Abb. C8a).

Mit 7:15 min war die kürzeste Befundungszeit bei den Freitext-Detailbefunden im Vergleich zu den Template-Befunden länger. Die zur Befunderstellung maximal gewährte und genutzte Zeit lag hingegen bei den Freitext-Befunden ebenfalls bei 25 min. Der Interquartilsabstand lag zwischen 19 min und 25 min (Abb. C8a).

Während die auf 25 min maximal festgelegte Befundungszeit bei 59 % der Freitext-Befunde benötigt wurde, ist diese lediglich bei 25 % der strukturierten Befunde ausgenutzt worden (Abb. C8b).

Kalkuliert wurde außerdem die gesamte Befundungsdauer aller Detailbefunde von allen Probanden, welche bei den Freitext-Befunden bei insgesamt 1218 min lag und bei den Template-Befunden 982 min betrug (Abb. C8c).

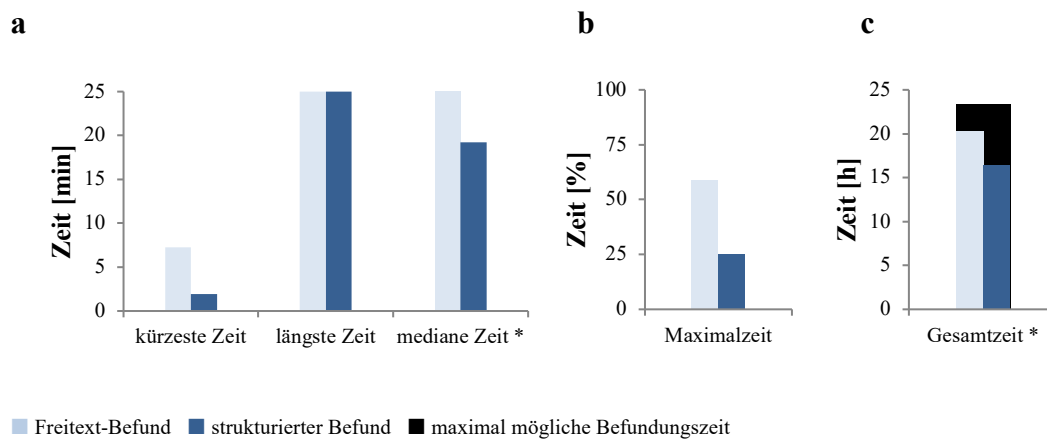


Abb. C8: Befundungsdauer zur Bestimmung der Zeiteffizienz

Die Abbildung visualisiert die Zeiteffizienz der Schockraum-Befunderstellung. Die strukturierte Befundung erzielte im Vergleich zur Freitext-Befundung bei den Detailbefunden ein signifikant schnelleres Ergebnis. Mittels des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests wurde die statistische Signifikanz bestimmt (*, $p \leq 0,05$).

(a) Abgebildet ist die kürzeste Befundungszeit, welche bei den Template-Detailbefunden 1:58 min und bei den Freitext-Detailbefunden 7:15 min betrug. Die maximale erlaubte und benötigte Zeit erforderte bei beiden Befundungsarten 25 min. Die mediane Zeit zur Schockraum-Detailbefundung nahm bei den Freitexten 25 min in Anspruch und bei den Templates 19:15 min.

- (b) Dargestellt ist die Ausnutzung der maximal möglichen Befundungszeit bei der Detailbefundung. Während die auf 25 min maximal festgelegte Befundungszeit bei 59 % der Freitext-Befunde benötigt wurde, wurde diese lediglich bei 25 % der strukturierten Befunde ausgenutzt.
- (c) Gezeigt ist die gesamte Befundungsdauer aller Detailbefunde, welche bei den Freitext-Befunden bei insgesamt ca. 20 h und bei den Template-Befunden bei ca. 16 h lag.

Zusammengefasst erbringen die vorliegenden Ergebnisse den Nachweis, dass die Nutzung der strukturierten Befundung zu schneller erstellten Polytrauma-Detailbefunden führt.

2. Subjektive Bewertung: Fragebogen

In der vorliegenden Arbeit wurde im Anschluss an die Befundungen ein Fragebogen eingesetzt, um die simulierten Schockraum-Untersuchungsbedingungen zu evaluieren. Zur Schaffung eines realeren Settings wurden im Rahmen der Studie störende Zwischenfragen gestellt, welche von Ärzten anderer Fachdisziplinen während der Kurzbefundung sonst im Alltag häufig gefragt werden. Die befragten radiologischen Assistenzärzte bewerteten diese Störquellen im Rahmen der Studie als insgesamt vergleichbar mit den störenden und ablenkenden Einflüssen im Schockraum während einer echten Notfallsituation. 75 % der an der Studie teilnehmenden Radiologen waren der Meinung, dass dies häufig (50 %) oder fast immer (25 %) zutreffen würde (Abb. C9).

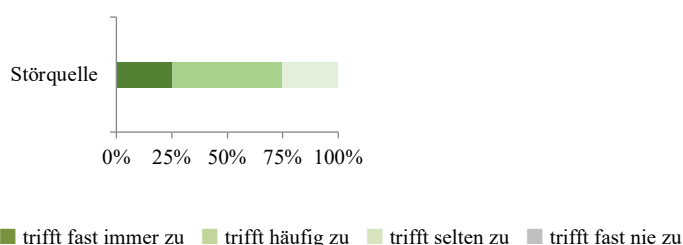


Abb. C9: Bewertung der Schockraum-Untersuchungsbedingungen mittels Fragebogen

Das Diagramm zeigt die Evaluation der simulierten Schockraum-Umgebung während der Erstellung der Kurzbefunde mit Hilfe der 4-Punkte-Likert-Skala. 75 % der an der Studie teilnehmenden Radiologen waren der Meinung, dass die Störquellen vergleichbar mit denen im realen Schockraum waren.

Der Fragebogen wurde für die subjektive Bewertung der Freitext- und Template-Befunde genutzt, insbesondere hinsichtlich der Qualität der Befunde sowie deren Zeiteffizienz. Die Ergebnisse sind in Abbildung C10 aufgeführt. Beispielsweise schätzten die Studienteilnehmer die Template-Befunde im Vergleich zu den Freitext-Befunden insgesamt als zeiteffizienter ein. Bei den Freitext-Kurzbefunden waren 87.5 % der an der Studie teilnehmenden Radiologen der Meinung, dass dies häufig zutreffen würde. 12.5 % vertraten die Ansicht, dass dies nur selten der Fall sei (Abb. C10a). Die Template-Kurzbefunde wurden von allen Studienteilnehmern als zeiteffizient bewertet. Gemäß ihrer Einschätzung würde dies fast immer (87.5 %) oder zumindest häufig (12.5 %) zutreffen (Abb. C10c).

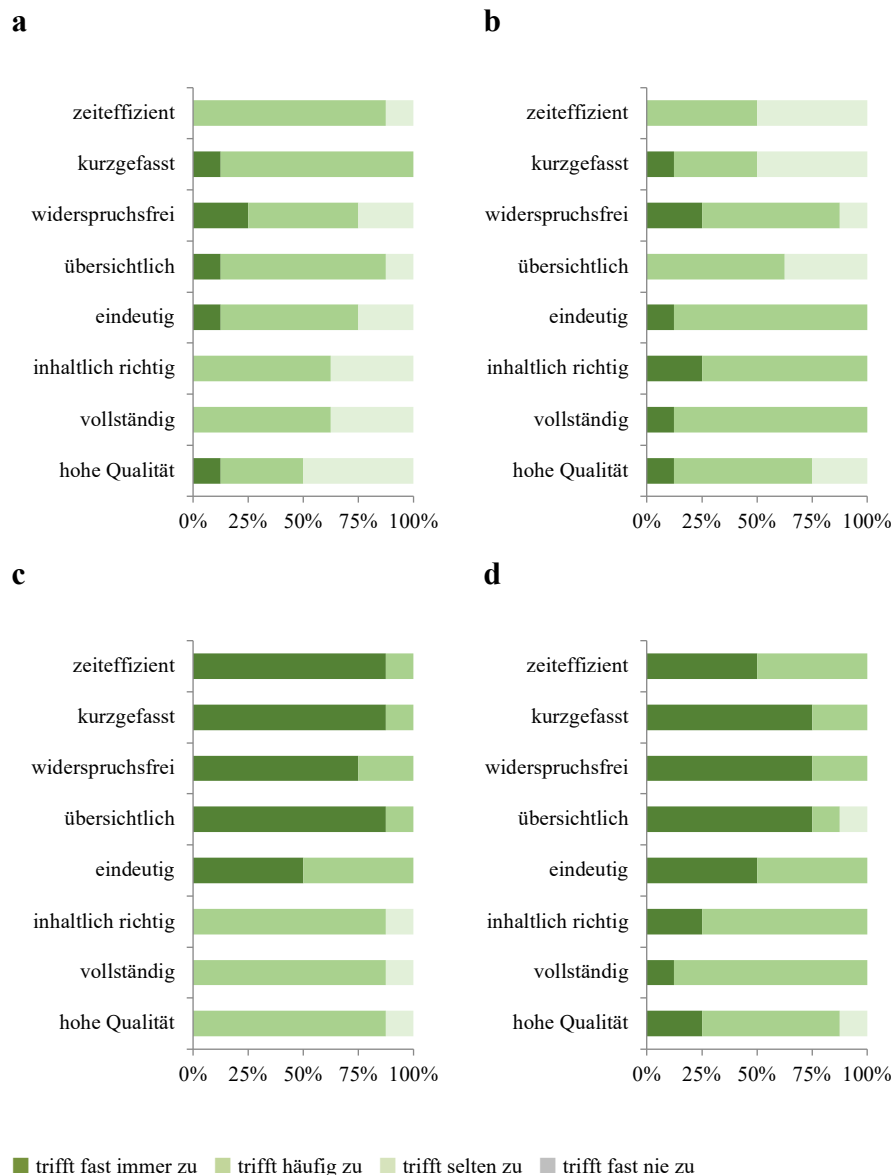


Abb. C10: Bewertung der Schockraum-Befunde mittels Fragebogen

Das Diagramm visualisiert die subjektive Bewertung der Schockraum-Befunde, welche von den acht Studienteilnehmern mittels Fragebogen auf einer 4-Punkte-Likert-Skala evaluiert wurden. Die an der Studie teilnehmenden Radiologen analysierten die Befunde hinsichtlich der Zeiteffizienz und Qualität. Darüber hinaus wurde beurteilt, ob die Schockraum-Befunde kurzgefasst, widerspruchsfrei, übersichtlich, eindeutig, inhaltlich richtig und vollständig waren. Abgebildet ist die Bewertung für die Freitext-Kurzbefunde (a) und Freitext-Detailbefunde (b). Dargestellt sind ebenfalls die Ergebnisse der strukturierten Befundvorlage sowohl für die Kurzbefunde (c) als auch für die Detailbefunde (d).

Ziel der Befundevaluation mittels Fragebogen war es, mögliche Vorteile der Schockraum-Template-Befundung zu verifizieren. Gemäß der Ansicht der Studienteilnehmer waren die Template-Befunde signifikant zeiteffizienter, kurzgefasster und widerspruchsfreier sowie die Kurzbefunde darüber hinaus übersichtlicher. Dahingegen wurden die Template-Detailbefunde

nicht signifikant übersichtlicher bewertet. Weiterhin wurden die Richtigkeit, Qualität, Eindeutigkeit und Vollständigkeit der beiden Befundungsarten als vergleichbar im Kurz- und Detailbefund eingestuft (Tab. C5).

Tab. C5: Evaluation der Befunde mittels Fragebogen

Die Tabelle zeigt die subjektive Bewertung acht verschiedener Aspekte der Schockraum-Befunde im Kurz- (a) und Detailbefund (b). Jedes Kriterium wurde im Fragebogen durch die Studienteilnehmer auf einer 4-Punkte-Likert-Skala evaluiert (1 = trifft fast nie zu; 2 = trifft selten zu; 3 = trifft häufig zu; 4 = trifft fast immer zu). Für jede Frage wurde der Mittelwert von den jeweils 8 Probanden berechnet. Mittels Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests wurde die statistische Signifikanz bestimmt (*, $p \leq 0.05$).

(a) Die Template-Kurzbefunde sind im Vergleich zu den Freitext-Kurzbefunden signifikant zeiteffizienter, kurzgefasster, widerspruchsfreier und übersichtlicher.

(b) Die Strukturierung erzielt signifikant zeiteffizientere, kurzgefasstere und widerspruchsfreiere Template-Detailbefunde.

a

	Freitext	Template	p-Wert
zeiteffizient	2.88	3.88	0.010 *
kurzgefasst	3.13	3.88	0.014 *
widerspruchsfrei	3.00	3.75	0.048 *
übersichtlich	3.00	3.88	0.016 *
eindeutig	2.88	3.50	0.085
inhaltlich richtig	2.63	2.88	0.157
vollständig	2.63	3.88	0.157
qualitativ hochwertig	2.63	2.88	0.317

b

	Freitext	Template	p-Wert
zeiteffizient	2.50	3.50	0.028 *
kurzgefasst	2.63	3.75	0.018 *
widerspruchsfrei	3.13	3.75	0.047 *
übersichtlich	2.63	3.13	0.085
eindeutig	3.13	3.50	0.083
inhaltlich richtig	3.25	3.25	1.000
vollständig	3.13	3.13	1.000
qualitativ hochwertig	2.88	3.13	0.157

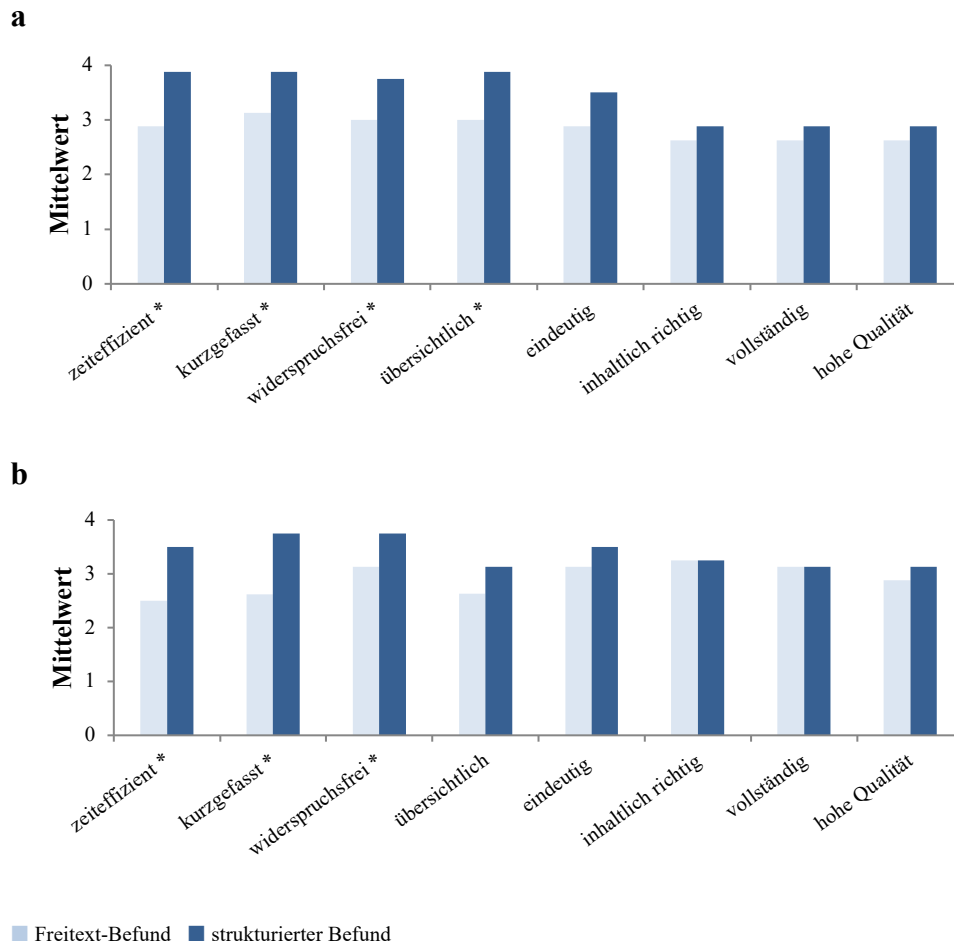


Abb. C11: Evaluation der Schockraum-Befunde mittels Fragebogen

Das Diagramm zeigt die subjektive Bewertung verschiedener Aspekte der Schockraum-Befunde im Kurz- (a) und Detailbefund (b). Im Fragebogen wurden die Freitext-Befunde sowie die strukturierten Befunde mit einer 4-Punkte-Skala evaluiert. Für jede Frage wurde der Mittelwert von den jeweils acht Probanden gebildet. Diese mit der Likert-Skala erhobenen Daten wurden mittels Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests analysiert, um die statistische Signifikanz zu ermitteln (*, $p \leq 0.05$).

(a) Die Befragten bewerteten die Template-Kurzbefunde im Vergleich zu den Freitext-Kurzbefunden als signifikant zeiteffizienter, kurzgefasster, widerspruchsfreier sowie übersichtlicher.

(b) Die Visualisierung der Bewertung der Detailbefunde durch die Befragten zeigt, dass die Template-Befunde als signifikant zeiteffizienter, kurzgefasster und widerspruchsfreier evaluiert wurden.

Zusammengefasst zeigen die vorliegenden Ergebnisse, dass die Studienteilnehmer die strukturierte Befundung im Vergleich zur Freitext-Befundung als zeiteffizienter, kurzgefasster und widerspruchsfreier sowie die Kurzbefunde darüber hinaus als übersichtlicher beurteilten.

Die Strukturierung durch das Template hatte weiterhin zum Ziel, die Lesbarkeit zu verbessern. Mit 87.5 % war die Mehrheit der Studienteilnehmer der Meinung, dass die strukturierten

Befunde verglichen mit den Freitext-Befunden fast immer oder wenigstens häufig lesbarer waren. 12.5 % der Befragten vertraten die Ansicht, dies würde nur selten zutreffen. Die Ergebnisse werden in Abbildung C12a und b veranschaulicht.

Um das entwickelte Schockraum-Template zukünftig in der radiologischen Praxis zu etablieren, ist eine unkomplizierte Anwendbarkeit entscheidend. Die subjektive Bewertung der an der Studie teilnehmenden Radiologen lieferte diesbezüglich den entsprechenden Nachweis. Im Kurzbefund gaben alle Befragten an, dass die Anwendung der Befundvorlage einfach war. Darüber hinaus wurde ebenfalls die Verwendung des Templates bei den Detailbefunden mehrheitlich als unkompliziert eingestuft. Gemäß ihrer Einschätzung würde dies häufig (50 %) oder fast immer (37.5 %) zutreffen. 12.5 % der Befragten waren der Ansicht, die Anwendung sei nur selten unkompliziert gewesen.

Mit Hilfe des Fragebogens konnte gezeigt werden, dass die Studienteilnehmer die Einbindung der Schockraum-Befundvorlage in die alltägliche Befundung sinnvoll finden würden. 87.5 % der Befragten vertraten die Meinung, dass die Integration des Kurzbefund-Templates in den radiologischen Alltag sinnreich sein würde. 12.5 % der Studienteilnehmer meinten, die Etablierung der Befundvorlage für den Kurzbefund würde nur selten sinnhaft sein. Alle Befragten befürworteten einen alltäglichen Einsatz des Detailbefund-Templates.

Die Studienteilnehmer waren ebenfalls der Ansicht, dass darüber hinaus noch weitere Templates in der radiologischen Praxis etabliert werden sollten. Beispielsweise könnten Befundvorlagen in der kardiologischen Diagnostik in den Alltag integriert werden.

Zur Verbesserung des Befundungsprozesses könnten zukünftig gegebenenfalls noch Modifikationen am Schockraum-Template durchgeführt werden, wie zum Beispiel die Integration der Spracherkennung. Eine Diktierfunktion im Rahmen der strukturierten Befundung befürworteten 75 % der Studienteilnehmer (Abb. C12c).

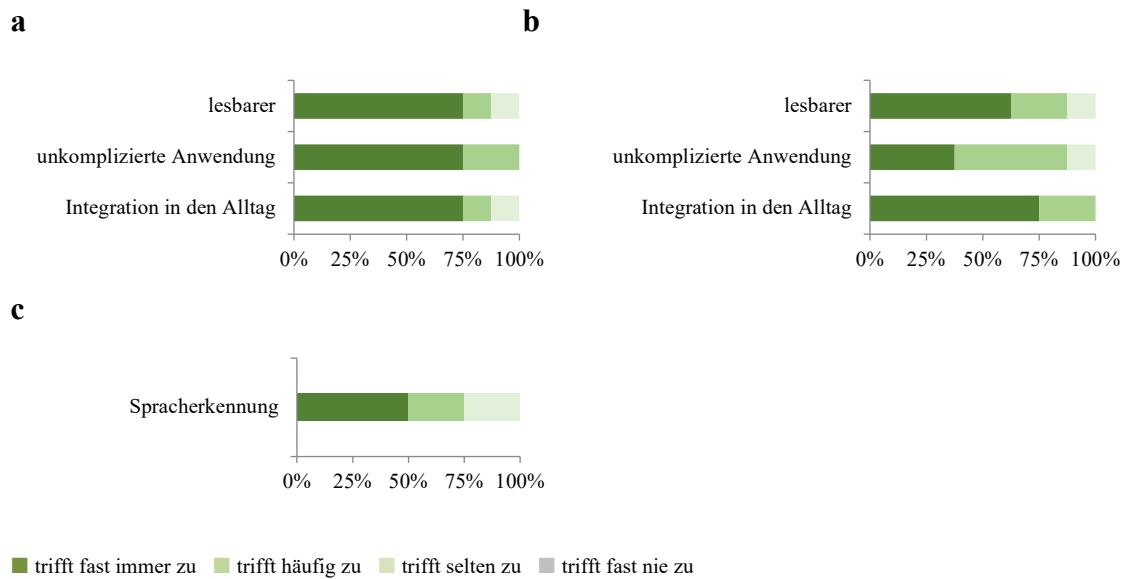


Abb. C12: Bewertung des Schockraum-Templates mittels Fragebogen

Das Diagramm visualisiert die subjektive Bewertung der Schockraum-Befunde, welche von den acht Studienteilnehmern mittels Fragebogen auf einer 4-Punkte-Likert-Skala evaluiert wurden.

(a, b) Die an der Studie teilnehmenden Radiologen analysierten die Template-Kurzbefunde (a) und -Detailbefunde (b) hinsichtlich der Lesbarkeit, Anwendbarkeit sowie Alltagstauglichkeit. Mit 87,5 % war die Mehrheit der Studienteilnehmer der Ansicht, dass die strukturierten Befunde verglichen mit den Freitext-Befunden fast immer oder zumindest häufig lesbarer waren. Gemäß der mehrheitlichen Einschätzung der Befragten ist die Anwendung der Befundvorlage unkompliziert. Mit Hilfe des Fragebogens konnte gezeigt werden, dass die Studienteilnehmer die Einbindung der Befundvorlage in die alltägliche Befundung sinnvoll finden würden.

(c) Um die Schockraum-Befundvorlage zu verbessern, befragten 75 % der Studienteilnehmer eine integrierte Spracherkennung zur Diktierfunktion.

D. Diskussion

Frühere Studien konnten bereits einen positiven Einfluss der strukturierten Befundung auf die Vollständigkeit und Qualität der Befunde zeigen [12], schwerpunktmäßig bei onkologischen und kardiologischen Fragestellungen [9]. Bisher wurde aber in keinem Forschungsprojekt der Nachweis erbracht, dass die strukturierte Befundung von Polytraumatisierten in der Notfalldiagnostik vorteilhaft ist. In der vorliegenden Arbeit konnte somit erstmalig ein positiver Einfluss von strukturierter Befundung in der CT-Diagnostik von Polytraumatisierten gezeigt werden. Sowohl durch die objektive Analyse als auch durch die subjektive Evaluation der strukturierten Befunde konnten neue Einsichten in die Vorteile des „Schockraum-Templates“ erlangt werden. Zusammengefasst zeigen die vorliegenden Ergebnisse, dass die strukturierte Befundvorlage objektiv zu vollständigeren Polytrauma-Kurzbefunden hinsichtlich der Detailangaben führt. Weiterhin ermöglichte die strukturierte Befundung im Vergleich zur Freitext-Befundung bei den Detailbefunden ein signifikant schnelleres Ergebnis. Strukturierte Befundung beeinflusst somit die Befundungszeit sowie die Befundvollständigkeit und spielt damit eine bedeutsame Rolle für die radiologische Notfalldiagnostik. Die Hypothese, dass strukturierte Schockraum-Befunde vollständiger sind und schneller erstellt werden, wurde diesbezüglich bestätigt.

1. Befundvorlage für strukturierte Polytrauma-Befunde

Internationale radiologische Fachgesellschaften wollen einen einheitlicheren Qualitätsstandard durch strukturiertere Befundung etablieren [10-13]. Strukturiert verfasste Befunde sind ein Minimalstandard, um einen qualitativ hochwertigen und klinisch relevanten Bericht zu erstellen [47]. Strukturierte Vorlagen sind jedoch bislang nicht für jede Befundungsart gleich gut anwendbar und ausgearbeitet [48]. Templates sind insbesondere geeignet bei Fragestellungen mit erwartbaren Pathologien [48]. Folglich ist die Einführung einer komplexen Ganzkörper-Befundvorlage mit ggf. nicht erwarteten Diagnosen in mitunter verschiedenen Körperregionen herausfordernd. Bereits etablierte Befundvorlagen konzentrieren sich meistens

auf spezifische Untersuchungen und legen den Schwerpunkt lediglich auf eine bestimmte Körperregion [16]. Dementsprechend sind diese Templates weniger umfangreich als das komplexe Schockraum-Template zur Ganzkörper-CT-Befundung. Im Gegensatz zu den meisten der bereits etablierten Befundvorlagen ist die Entwicklung einer Ganzkörper-Befundvorlage daher deutlich anspruchsvoller. Denn hierbei müssen nicht nur eine, sondern mehrere Körperregionen berücksichtigt werden. Die Schwierigkeit in der Erstellung einer qualitativ hochwertigen Befundvorlage liegt insbesondere in der optimalen Auswahl der Eingabeelemente. Ein balancierter Template-Aufbau ist bedeutsam, um übersichtliche und zugleich auch vollständige Befunde zu erstellen [12]. Ein potenzieller Nachteil der strukturierten Befundung entsteht durch das Risiko einer übermäßigen Vereinfachung [17]. Eine zu einfach strukturierte Vorlage kann keinen großen Mehrwert zur Standardisierung und Qualitätsverbesserung liefern. Ein zu detailliertes Template mit mehrfach verschachtelten Elementen ist schwierig und umständlich in der Anwendung [12]. Die Radiologen bewerteten die Anwendung des Schockraum-Templates im Rahmen der Studie als unkompliziert. Weiterhin ermöglichte die strukturierte Befundung bei den Detailbefunden eine signifikant schnellere Befunderstellung. Darüber hinaus waren die Detailangaben der strukturierten Kurzbefunde vollständiger. Demnach implizieren die erzielten Ergebnisse, dass die eingesetzte Schockraum-Befundvorlage weder zu umfangreich noch zu einfach gestaltet ist. Trotz der schwierigen Herausforderung konnte ein balancierter Template-Aufbau erzielt werden.

Zur Verbesserung des Befundungsprozesses könnten zukünftig gegebenenfalls noch Modifikationen am Schockraum-Template durchgeführt werden, wie zum Beispiel die Integration der Spracherkennung. Eine Diktierfunktion im Rahmen der strukturierten Befundung befürwortete die Mehrheit der Studienteilnehmer. Aktuell benötigt das Schockraum-Template noch Maus und Tastatur zum Ausfüllen der Befundvorlage, wie die meisten der bislang etablierten Templates. Folglich kann während der Auswertung sowie der Interaktion mit dem Bildmaterial nicht unmittelbar zeitgleich der Befund erstellt werden. Dies kann zu einer Ablenkung von den Pathologien der CT-Bilder führen. Ohne integrierte Spracherkennung ist die Befunderstellung mitunter aufwändiger. Zur Etablierung des Schockraum-Templates wäre somit die Entwicklung technologischer Lösungen durch die Industrie entscheidend, welche die Gebrauchstauglichkeit weiter verbessern und den Mehraufwand reduzieren könnten [9].

Die strukturierten Befunde wurden im Vergleich zu den Freitext-Befunden von den Studienteilnehmern weiterhin als lesbarer, kurzgefasster sowie widerspruchsfreier und die Kurzbefunde darüber hinaus als übersichtlicher eingestuft. Die traditionelle individuelle Freitext-Befundung ist abhängig vom jeweiligen Befunder und die Übersichtlichkeit dementsprechend unterschiedlich. Durch die Vorgabe der Kriterien in Befundvorlagen sollen implizite Informationen in Befunden vermieden werden [12]. Im strukturierten Schockraum-Befund wird immer ausdrücklich genannt, ob eine bzw. keine Pathologie in der jeweiligen Körperregion vorliegt. Wenn ein bestimmtes Merkmal nicht explizit erwähnt wird, glaubt die Hälfte der Kliniker, dass sich der Radiologe diese Pathologie nicht angeschaut haben könnte [6]. Dies kann durch strukturierte Befundung verhindert werden. Gemäß der Meinung der an der Studie teilnehmenden radiologischen Ärzte reduziert strukturierte Befundung Widersprüche bei der Polytrauma-Befundung. Möglicherweise bewerten neben den Radiologen auch die behandelnden Kliniker die strukturierten Schockraum-Befunde als widerspruchsfreier sowie kurzgefasster und darüber hinaus als lesbarer im Vergleich zur Freitext-Befundung. Eine verbesserte Lesbarkeit durch strukturierte Befundung konnte beispielsweise bereits bei der Schulter-MRT-Befundung nachgewiesen werden [16]. Dies legt die Vermutung nahe, dass die klinischen Zuweiser ebenfalls mit der strukturierten Schockraum-Befundung zufriedener sind. Durch das Verwenden standardisierter Begrifflichkeiten im strukturierten Schockraum-Befund könnten zukünftig Missverständnisse zwischen den verschiedenen Fachdisziplinen der Notfallversorgung vermieden werden. Bereits in früheren Studien konnte gezeigt werden, dass strukturierte Befunde einfacher zu verstehen sind [49]. Dies könnte folglich das interdisziplinäre Verständnis verbessern [9,18,50,51]. Denn entscheidend ist nicht nur eine vollständige und korrekte radiologische Befundung, sondern auch die interdisziplinäre Kommunikation der Diagnose [3,4].

In Zukunft könnte der standardisierte Schockraum-Befund gegebenenfalls noch weiter adressatengerecht sprachlich optimiert werden, und zwar zum einen für die behandelnden Kliniker und zum anderen auch für die polytraumatisierten Patienten [9]. Mit Hilfe der Verknüpfung deutsch- und fremdsprachiger Begriffe des standardisierten Vokabulars könnte der Schockraum-Befund zukünftig automatisch in andere Sprachen übersetzt werden [9]. Das einfache Übersetzen von Befunden in die gewünschte eigene Sprache gewinnt durch Migration und Globalisierung an Bedeutung [52]. Zukünftige Projekte könnten demnach zeigen, dass die standardisierte Strukturierung der Schockraum-Befunde die interdisziplinäre Verständigung während einer Notfallsituation verbessert. Die adäquate Behandlung Schwerverletzter ist

anspruchsvoll. Sie erfordert eine effektive Zusammenarbeit der verschiedenen Fachdisziplinen [28].

Das interdisziplinäre Team im Schockraum besteht aus verschiedenen Spezialisten wie z.B. dem Anästhesisten und dem Chirurgen. Diese stellen dem Radiologen bereits während der Kurzbefundung Fragen und erzeugen Zeitdruck. Um eine klinische Unfallsituation zu simulieren, wurden ein Zeitlimit zur Befundung gesetzt sowie ablenkende Störfragen gestellt. Die im Rahmen der Studie ausgewählten Zwischenfragen sind typisch für ein Schockraum-Szenario, wie zum Beispiel die Frage nach der korrekten Tubuslage. Die Atemwegssicherung hat höchste Priorität in der Versorgung Polytraumatisierter und wird ggf. durch endotracheale Intubation erzielt [30]. Eine weitere charakteristische Frage war beispielsweise, ob der „Stiffneck“ abgenommen werden könne. Diese Zwischenfrage hat ebenfalls klinische Relevanz, da Manöver zur Atemwegssicherung so lange unter HWS-Stabilisierung mittels Zervikalstütze erfolgen, bis eine HWS-Verletzung ausgeschlossen wird [30]. Auch wenn die Radiologen die gestellten Störfragen als vergleichbar mit einem realen Arbeitsablauf bewerteten, könnte das simulierte Trauma-Szenario dennoch keinen echten psychologischen oder zeitlichen Druck erzeugt haben. Dementsprechend könnte der entstandene Stress nicht vergleichbar sein mit einem realen Trauma-Setting. Das Ziel zukünftiger Projekte sollte insbesondere sein, das Schockraum-Template in echten klinischen Unfallsituationen zu bewerten.

Unfallbedingte traumatische Verletzungen sind eine häufige Todesursache [27,28], insbesondere bei jungen Menschen unter 45 Jahren [29,30]. Die Überlebenschance nach einem Polytrauma kann durch eine leitliniengerechte Traumaversorgung mit standardisierten Algorithmen sowie effizienten Konzepten erhöht werden [28,35]. Projekte in der Zukunft könnten zeigen, dass durch die Standardisierung der CT-Befundung mittels der Schockraum-Befundvorlage ebenfalls das klinische Outcome der polytraumatisierten Patienten weiter verbessert werden könnte.

Die Etablierung strukturierter Vorlagen im radiologischen Alltag stellt weiterhin eine große Umstellung dar, welche als möglicher Nachteil bei der Template-Einführung diskutiert wird [17]. Deswegen ist die Untersuchung der Anwendbarkeit des Schockraum-Templates im Rahmen dieser Arbeit sehr bedeutsam. Nur eine gut anwendbare Befundvorlage wird sich langfristig im radiologischen Alltag gegenüber der klassischen Freitext-Befundung durchsetzen

können. Die an der Studie teilnehmenden Radiologen befürworteten bereits, die verwendete Befundvorlage zur Schockraum-Diagnostik in die alltägliche Befundung zu integrieren. Vor einer Integration in den klinischen Alltag wäre es sinnvoll, dass das Template zusätzlich noch interdisziplinär von Klinikern unterschiedlicher Fachrichtungen bewertet wird. Denn die strukturierte Befundung sollte nicht nur von den Radiologen präferiert werden, sondern auch den Bedürfnissen der behandelnden Kliniker entsprechen [9]. In Zukunft könnten solche weiterführenden Analysen Aufschluss darüber geben, ob das entwickelte Schockraum-Template die klinischen Anforderungen erfüllt. Anschließend könnte diese konsensbasierte und qualitätsgesicherte Schockraum-Befundvorlage dann frei verfügbar in die klinische Routine implementiert werden, entsprechend dem Ziel der radiologischen Fachgesellschaften [12,14].

2. Qualität der strukturierten Polytrauma-Befunde

Qualitativ hochwertige radiologische Befunde zeichnen sich unter anderem durch Vollständigkeit und Richtigkeit aus [3]. Deswegen wurden insbesondere diese Aspekte in der vorliegenden Arbeit untersucht. Viele Studien haben bereits den positiven Effekt der strukturierten Befundung auf die Qualität und Vollständigkeit gezeigt, insbesondere beim Tumor-Staging [12,22]. Die Schwierigkeit bei der Analyse der Befundqualität besteht jedoch darin, dass keine validierten Bewertungssysteme für radiologische Befunde existieren. Die Schockraum-Studie war diesbezüglich folglich limitiert. Das in der Klinik für Radiologie eigens entwickelte Klassifizierungssystem zur „Schockraum-Diagnostik“ sollte durch die Punktevergabe eine objektive Befundanalyse ermöglichen. Essenziell bedeutsame Pathologien zählten dabei zu den Hauptkriterien, die zugehörigen Detailangaben entsprachen den Nebenkriterien. Auch wenn diese Einteilung eine objektive Bewertung erzielen sollte, könnten dennoch Diskrepanzen in der klinischen Bedeutsamkeit der Hauptkriterien bestehen. Möglicherweise spiegelt die maximal mögliche Punktzahl nicht die Komplexität des jeweiligen Polytrauma-Falls wider. Gegebenenfalls müssten die Kriterien stärker nach ihrer klinischen Relevanz gewichtet werden, um eine objektivere Vergleichbarkeit der komplexen Polytrauma-Fälle zu ermöglichen. Akut lebensbedrohliche Verletzungen würden dann stärker ins Gewicht fallen. Bei Polytraumatisierten kann aber nicht nur eine Verletzung, sondern auch die Kombination verschiedener verletzter Körperregionen lebensbedrohlich sein [33]. Demnach

müssten diese kombinierten Verletzungen mit akuter Lebensgefahr bei der Gewichtung der klinischen Relevanz ebenfalls berücksichtigt werden. Die Etablierung eines solchen Bewertungssystems ist dementsprechend schwierig.

Zur Klassifizierung des Traumaschweregrads wurde für jeden Fall der ISS kalkuliert. Gemäß der ISS-Kalkulationen waren die Fälle 1-7 bzw. 8-14 demnach vergleichbar komplex. Falls dennoch keine Vergleichbarkeit der Komplexität der ausgewählten Polytrauma-Fälle bestünde, wurde ein Crossover-Studiendesign gewählt. Somit war der Schwierigkeitsgrad bei der Freitext-Befundung und bei der strukturierten Befundung insgesamt betrachtet gleich.

In der Ganzkörper-CT-Untersuchung werden neben den mitunter lebensbedrohlichen, durch das Trauma verursachten Verletzungen darüber hinaus häufig weitere Befunde zufällig detektiert [53]. Die meisten dieser durch Zufall entdeckten Befunde sind im Abdomen lokalisiert und klinisch wenig bedeutsam [27]. Nur ca. 15 % dieser Zufallsbefunde weisen hingegen eine hohe klinische Signifikanz auf, wie zum Beispiel ein abdominelles Aortenaneurysma oder eine maligne Raumforderung [54]. Relevante Zufallsbefunde haben mitunter eine therapeutische Konsequenz und müssen folglich bei der Bewertung der Vollständigkeit im Klassifizierungssystem berücksichtigt werden. Allerdings können jedoch nicht alle theoretisch möglichen Pathologien in eine Befundvorlage integriert und somit explizit abgefragt werden. Das Template würde dann zu umfangreich und dementsprechend unübersichtlich werden. Ein zu detailliertes Template mit mehrfach verschachtelten Elementen ist weiterhin schwierig und umständlich in der Anwendung [12]. Demnach ist eine Auswahl an Pathologien mit vorgegebenen Eingabeelementen für eine qualitativ hochwertige Befundvorlage entscheidend. Nur ein balancierter Template-Aufbau ermöglicht es, übersichtliche und zugleich auch vollständige strukturierte Befunde zu erstellen [12]. Diese Problematik wurde in dem entwickelten Schockraum-Template mit Hilfe von Freitextfeldern gelöst. Diese Freitextfelder bieten die Möglichkeit, zufällige oder seltene Befunde zu ergänzen, die nicht explizit aufgeführt werden. Somit können mit der entwickelten Schockraum-Befundvorlage vollständige und übersichtliche Befunde erstellt werden, während gleichzeitig ein balancierter Template-Aufbau bewahrt bleibt. Weiterhin können in Freitext-Feldern bildmorphologische Unsicherheiten und uneindeutige Befunde beschrieben werden. Ein zu starr gestaltetes Schockraum-Template wäre ansonsten mitunter problematisch, wenn eine Entscheidung über das Vorliegen einer Pathologie nicht eindeutig getroffen werden kann.

Folglich könnte strukturierte Befundung negative Auswirkungen auf die Befundqualität haben [12]. Diese können durch die Integration von Freitext-Feldern vermieden werden.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde nachgewiesen, dass im strukturierten Kurzbefund signifikant mehr Details zu den Hauptdiagnosen angegeben wurden. Dieser Befund deckt sich mit der aktuellen Forschungsliteratur. Bereits in früheren Studien konnte in anderen Bereichen für spezifische Untersuchungen gezeigt werden, dass die Vorgabe der Kriterien vollständiger Befunde erzielen kann [19]. Die strukturierte Befundung führt beispielsweise in der Tumordiagnostik beim Rektum-Karzinom zu vollständigeren Befunden [23]. Die Besonderheit der Schockraum-Befundung ist, dass sie durch die Ganzkörper-CT-Untersuchung deutlich komplexer und umfangreicher ist als bisher etablierte Templates, die sich schwerpunktmäßig meist nur auf eine bestimmte Körperregion konzentrieren [16]. Trotz dieser Komplexität zeigen die vorliegenden Ergebnisse eine verbesserte Vollständigkeit der strukturierten Kurzbefunde.

Es kann jedoch keine Aussage über das klinische Outcome des Patienten getroffen werden, bedingt durch das Studiendesign. Ob die vollständigeren Detailangaben im Kurzbefund auch klinische Relevanz aufweisen, müsste in zukünftigen Studien analysiert werden. Demnach könnten die unterschiedlichen Hauptdiagnosen der Schockraum-Befunde dann gemäß ihrer potenziellen klinischen Relevanz gewichtet werden. Beispielsweise ist unter den diagnostizierten Hauptkriterien eine innere Blutung in der Regel lebensbedrohlicher als eine Fraktur. Verletzungen mit akuter Lebensbedrohung, wie z.B. eine ausgeprägte aktive Blutung, erfordern eine schnelle therapeutische Versorgung der Schwerverletzten [28]. Entscheidend für das klinische Outcome sind zudem weiterhin verschiedene verletzte Körperregionen bei Polytraumatisierten, deren Verletzungsmuster in Kombination lebensbedrohlich ist [33]. Darüber hinaus können auch Verletzungen ohne akute Lebensgefahr das weitere therapeutische Vorgehen beeinflussen [40-42]. Beispielsweise ist bei einem schweren Thoraxtrauma die primäre Marknagel-Osteosynthese zur Versorgung einer begleitenden Fraktur kontraindiziert. Durch Aktivierung posttraumatischer Entzündungsreaktionen bestünde die Gefahr von pulmonalen Komplikationen bis hin zum Organversagen [28]. Zunächst ist das Ziel die umgehende adäquate Therapie der lebensbedrohlichen Verletzungen, um das Mortalitätsrisiko zu senken [28]. Dies legt die Vermutung nahe, dass vollständiger Detailangaben im Kurzbefund auch klinische Relevanz aufweisen. Dieser Aspekt sollte in zukünftigen Studien analysiert werden.

Allerdings hatte die strukturierte Herangehensweise mit der Schockraum-Befundvorlage auch ein verbessertes Detektieren der relevanten Verletzungen in den Hauptkriterien zum Ziel gehabt. Dies konnte in der vorliegenden Arbeit für das Schockraum-Template jedoch nicht gezeigt werden. Da relevante schwerwiegende Traumata insbesondere den Kopf sowie den Thorax betreffen [31], wurden diese Körperregionen gesondert untersucht. Während die thorakalen Hauptkriterien der Freitext-Kurzbefunde geringfügig vollständiger waren, führte dahingegen die strukturierte Befundung zu geringgradig vollständigeren Detailbefunden der Thorax-Region. Die Befundvollständigkeit der Kopf-Region konnte weder im Kurz- noch im Detailbefund verbessert werden. Ein relevant verbessertes Erfassen der essenziellen Pathologien in den Hauptkriterien durch strukturierte Befundung wurde demnach auch nicht in den Körperregionen Kopf und Thorax erzielt. Unvollständige Befunde, in denen wesentliche Verletzungen übersehen werden, stellen ein Problem in der diagnostischen Radiologie dar. Forscher analysierten, dass ungefähr 13 % der Polytrauma-Verletzungen in der CT-Untersuchung nicht erkannt wurden. Bei ca. 3 % der Patienten war die übersehene Verletzung klinisch signifikant und hatte einen großen Einfluss auf die Überlebenschance [39]. Insbesondere wenn bereits Pathologien in zwei Körperbereichen detektiert wurden, führte dies zum Übersehen weiterer Verletzungen [39]. Nach den lebensbedrohlichen Pathologien gewinnen übersehene Verletzungen an Bedeutung, die das langfristige funktionelle Outcome beeinflussen [55]. Relevante Verletzungen zu therapieren ist zwar entscheidend für das Überleben, aber im späteren Leben können auch die vital weniger bedrohlichen Pathologien zu erheblichen Einschränkungen im Alltag führen, wie beispielsweise Verletzungen der Extremitäten [28,55]. Dies kann die Lebensqualität negativ beeinflussen [56]. Deswegen war das Ziel der strukturierten Befundung, vollständigere Befunde zu erstellen. Dieses Ziel konnte immerhin bei den Detailangaben im Kurzbefund unter Berücksichtigung aller Körperregionen erreicht werden.

Gemäß der Ansicht der Forscher besteht keine Assoziation zwischen dem Erfahrungsgrad des Radiologen und dem Übersehen von Pathologien im Ganzkörper-CT [39]. Dennoch könnte die strukturierte Schockraum-Befundung bei Berufsanfängern ohne jegliche Vorerfahrung möglicherweise das Übersehen relevanter Befunde reduzieren. Die Studienteilnehmer hatten alle zumindest grundlegende Erfahrung in der CT-Befundung. Bereits etablierte strukturierte Befunde dienen insbesondere angehenden, unerfahrenen Radiologen als Orientierungshilfe und Leitfaden [9,12]. Möglicherweise ist dieser Leitfaden bei der Schockraum-Befundung für Berufsanfänger ohne jedwede Erfahrung ebenfalls von noch größerem Nutzen. Grafik-

Elemente können die Angabe der exakten anatomischen Lokalisation erleichtern [12]. Beispielbilder können weiterhin für das Erkennen von Pathologien hilfreich sein [12]. Im Schockraum-Template wurden beispielsweise zu Wirbelkörperfrakturen Informationstexte und Grafiken eingesetzt, sodass inhaltliche Aspekte wie Klassifikationen nicht aufwändig in Lehrbüchern recherchiert werden mussten. In zukünftigen Studien mit komplett unerfahrenen Ärzten könnte daher möglicherweise aufgedeckt werden, dass die Vollständigkeit der strukturierten Befunde sogar noch besser ist, als bereits jetzt schon gezeigt werden konnte.

3. Befundungszeit der strukturierten Polytrauma-Befunde

Bei Schwerverletzten hat der Faktor Zeit eine große Bedeutung [57]. Eine verzögerte diagnostische und therapeutische Versorgung stellt ein Problem dar, das mitunter lebensbedrohliche Konsequenzen haben kann [2,33]. Eine schnelle und vollständige Bildinterpretation kann dementsprechend das Überleben des Patienten sichern und weiterhin eine prognostische Bedeutung haben [2]. Ziel bei der bildgebenden Notfalldiagnostik ist eine kurze Untersuchungszeit bei gleichzeitig hoher diagnostischer Aussagekraft [43].

Die Zeit zur Erstellung eines Template-Kurzbefundes war im Vergleich zur Freitext-Befundung vergleichbar. In dieser vergleichbaren Befundungszeit wurden aber dafür in den strukturierten Kurzbefunden signifikant mehr Detailangaben gemacht. Somit führte die verbesserte Vollständigkeit der Kurzbefunde nicht zu einem größeren Zeitaufwand.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit konnte gezeigt werden, dass strukturierte Befundung schneller erstellte Detailbefunde bewirkt. Dieses Ergebnis einer objektiv positiven Einflussnahme auf die Befundungszeit korrelierte mit der subjektiven Einschätzung der Studienteilnehmer. Die Template-Detailbefunde wurden im Vergleich zu den Freitext-Befunden als insgesamt zeiteffizienter beurteilt. Die verbesserte Zeiteffizienz beeinträchtigte nicht die Befundqualität. Die strukturierten Detailbefunde wurden signifikant schneller erstellt, bei vergleichbarer Vollständigkeit der befundeten Haupt- und Nebenkriterien.

Unter Berücksichtigung der aktuellen Forschungsliteratur konnte im Rahmen dieser Studie erstmalig ein zeitsparender Effekt durch strukturierte Befundung bei der CT-Diagnostik nachgewiesen werden. Somit wird diesbezüglich eine Vorreiterposition eingenommen. Überhaupt zeigten insgesamt nur wenige frühere Studien ein zeitersparendes Potenzial durch Strukturierung. Beispiele für eine schnellere Auswertung durch strukturierte Befundung sind Dual-Röntgen-Absorptiometrie-Untersuchungen [17] sowie Ultraschall-Untersuchungen vom Kopf und Hals [58].

Bei den meisten der bereits etablierten Templates ist die Befundungszeit für den Patienten nicht unmittelbar überlebensrelevant. So wurden in früheren Studien wie beispielsweise über Pankreas-Karzinome die Befunde lediglich hinsichtlich der Qualität für die weitere langfristige Therapieplanung evaluiert und folglich nicht die Befundungszeit ausgewertet [20,49]. Möglicherweise haben auch einige der bereits etablierten Befundvorlagen zeitsparendes Potenzial, welches bislang nur noch nicht erforscht worden ist. Die Ergebnisse der Schockraum-Studie legen nahe, dass die Befunderstellung mit anderen Templates ebenfalls schneller sein könnte.

Im Gegensatz zu elektiv geplanten Untersuchungen spielt eine Zeitersparnis durch effiziente Befundung der CT-Bildgebung in der radiologischen Notfalldiagnostik eine essenzielle Rolle [37]. Ganzkörper-CT-Befunde von Schwerverletzten können direkten Einfluss auf die Patientenversorgung haben [2], sodass der Radiologe unter großem Zeitdruck steht. Beispielsweise kann die mittels CT-Diagnostik erkannte aktive Blutung zu einer direkten operativen oder interventionellen Versorgung führen [2]. Die zeiteffiziente radiologische Befundung ist in der Notfallversorgung von Trauma-Patienten somit sehr bedeutsam, weil die Zeit bis zur Diagnosestellung Einfluss auf das Patienten-Outcome haben kann [2]. In weiterführenden Studien sollte untersucht werden, ob die statistisch signifikante Zeitersparnis bei der Template-Detailbefundung klinische Relevanz aufweist.

Mit der Detailbefundvorlage kann Zeit eingespart werden, indem keine ganzen Sätze ausformuliert werden müssen. Dementsprechend sind diese strukturierten Schockraum-Befunde kurzgefasster und besser lesbar, zumindest gemäß der Meinung der an der Studie teilnehmenden Radiologen. Möglicherweise kann in zukünftigen Studien ebenfalls gezeigt werden, dass sich neben der Befundungszeit auch die Lesezeit signifikant verkürzt. In vorangegangenen Studien konnte bereits gezeigt werden, dass Kliniker die strukturierte

Befundung aufgrund verschiedener Vorteile gegenüber den Freitext-Befunden präferieren [3,10,19], wie zum Beispiel die bessere Lesbarkeit [16]. Das gute Verständnis der Befundinformationen erleichtert wiederum das Treffen klinischer Entscheidungen [12].

Der Zeitersparnis könnten weiterhin die bereits realisierten Automatisierungsprozesse des Templates zu Grunde liegen. Die Möglichkeit der automatischen Übertragung ist ein technischer Vorteil des strukturierten Befundungstemplates gegenüber dem Freitext-Befund. Die Befundungsplattform transferierte die befundeten Pathologien automatisch aus dem Template-Kurzbefund in den Detailbefund. Automatisierungen können den Arbeitsablauf in der klinischen Routine beschleunigen und erleichtern [12]. Zur Optimierung sollten zukünftig ebenfalls Messparameter wie zum Beispiel die ausgemessene Größe einer Läsion unmittelbar aus dem Bildprogramm in das Schockraum-Template übertragen werden, um einen weiteren zeitsparenden Aspekt zu erzielen.

Darüber hinaus werden durch diese Automatisierung Übertragungsfehler vermieden [12]. Strukturiert gestaltete Informationen ermöglichen weiterhin das maschinelle Lernen [8]. Denn maschinelles Lernen wird durch die Variabilität der Begrifflichkeiten und Länge von narrativ verfassten Freitext-Befunden erschwert [8]. Standardisierte Befunde könnten in ein Trauma-Register integriert werden, um eine umfassende Datenbank aufzubauen [31]. Die Entwicklung und Etablierung künstlicher Intelligenz (KI) wird erleichtert [59]. Beispielsweise wird im Rahmen der Notfalldiagnostik der ISS zur Klassifizierung des Verletzungsschweregrades berechnet [32]. Wenn durch die Standardisierung der ISS automatisch aus den Pathologien im strukturierten Befund kalkuliert werden könnte, wäre dies ein weiterer zeitsparender Effekt bei der Versorgung polytraumatisierter Patienten. Darüber hinaus könnte durch direkte Übertragung von Messwerten aus dem Bildprogramm in den Befund sowie durch KI-gestützte Bildanalyse-Algorithmen zukünftig die Effizienz noch weiter gesteigert werden [12,60,61]. Ein effizienterer Befundungsprozess wäre bedeutsam für die diagnostische Notfallradiologie [12].

Die strukturierte Befundung hat sich jedoch bislang nicht in der radiologischen Praxis flächendeckend etablieren können [9]. Ein Grund für die Ablehnung sind mögliche Einbußen in der Produktivität [12]. Somit könnte der Nachweis eines zeitsparenden Potenzials diese Vorbehalte gegenüber der strukturierten Befundung reduzieren. Dies könnte wiederum die Etablierung der strukturierten Befundung im radiologischen Alltag mitbewirken. Die in dieser Doktorarbeit gewonnenen Daten konnten somit dazu beitragen, die Bedeutung der effektiven

strukturierten Befundung im Rahmen der radiologischen Notfalldiagnostik weiter zu entschlüsseln. Die Erforschung der strukturierten Befundung bei Polytraumatisierten leistet einen großen Beitrag für eine Einführung des untersuchten Schockraum-Templates im klinischen Alltag.

E. Fazit und Ausblick

In der vorliegenden Arbeit konnte ein positiver Einfluss von strukturierter Befundung in der CT-Diagnostik von Polytraumatisierten gezeigt werden. Sowohl durch die objektive Analyse als auch durch die subjektive Evaluation der strukturierten Befunde konnten neue Einblicke in die Vorteile des Schockraum-Templates erlangt werden. Strukturierte Befundung beeinflusst die Befundungszeit sowie die Befundvollständigkeit positiv und spielt damit eine bedeutsame Rolle für die radiologische Notfalldiagnostik.

Bislang haben sich die strukturierten Befundvorlagen jedoch noch nicht flächendeckend in der radiologischen Praxis etablieren können [9]. Möglicherweise können die gewonnenen Ergebnisse insbesondere aufgrund der aufgedeckten Zeitersparnis einen Beitrag zur größeren Akzeptanz von strukturierter Befundung leisten.

Durch das automatische Übertragen von Messwerten aus dem Bildprogramm in den Schockraum-Befund oder durch KI-gestützte Bildanalysen könnte zukünftig die Effizienz der radiologischen Notfalldiagnostik mutmaßlich sogar noch weiter gesteigert werden [12,60,61]. Zur weiteren Verbesserung des Befundungsprozesses könnten in Zukunft gegebenenfalls noch Modifikationen am Schockraum-Template durchgeführt werden, wie beispielsweise die Integration der Diktierfunktion mit Spracherkennung. Zur Etablierung des Schockraum-Templates wäre somit die Entwicklung technologischer Lösungen durch die Industrie entscheidend, welche die Gebrauchstauglichkeit weiter verbessern und den Mehraufwand reduzieren könnten [9]. Konsekutiv sollte der Schwerpunkt zukünftiger Arbeiten darin liegen, das möglicherweise noch zeiteffizienter gestaltete Schockraum-Template zu evaluieren.

Aktuell kann noch keine Aussage über das potenziell verbesserte klinische Outcome der Patienten getroffen werden. Ob die Zeitersparnis bei der Detailbefundung und die vollständigeren Detailangaben im Kurzbefund auch klinische Relevanz aufweisen, sollte in weiterführenden Studien analysiert werden.

Ausgehend von den erzielten Forschungsergebnissen sollten die Zeiteffizienz und Befundqualität in einer echten klinischen Unfallsituation genauer untersucht werden. Insgesamt betrachtet sind aufgrund der in dieser Arbeit aufgedeckten Erkenntnisse zukünftige Projekte zur Evaluation dieser Schockraum-Befundvorlage im klinischen Alltag sehr vielversprechend.

Zuweiser sind mit der standardisierten Befundung zufriedener und präferieren die strukturierte Befundung aufgrund verschiedener Vorteile gegenüber den Freitext-Befunden [3,10,16-19]. Das Ziel weiterführender Forschungsprojekte sollte sein, die klinischen Anforderungen an das Schockraum-Template weiter aufzuklären, indem die Qualität der strukturierten Schockraum-Befunde insbesondere durch Anästhesisten und Chirurgen bewertet wird. Anschließend könnte diese konsensbasierte und qualitätsgesicherte Schockraum-Befundvorlage dann frei verfügbar in die klinische Routine implementiert werden, entsprechend dem Ziel der radiologischen Fachgesellschaften [12,14].

F. Zusammenfassung

Die diagnostische Radiologie ist im klinischen Alltag von herausragender Bedeutung [1]. Entscheidend ist sowohl eine schnelle und vollständige Bildinterpretation als auch die interdisziplinäre Kommunikation mittels des schriftlichen radiologischen Befundes [3,4]. Frühere Projekte konnten bereits einen positiven Einfluss der strukturierten Befundung auf die Qualität der Befunde zeigen, insbesondere bei onkologischen und kardiologischen Fragestellungen [9,12]. Bisher gibt es keine Daten, die belegen können, dass die strukturierte Befundung beim Ganzkörper-CT von Polytrauma-Patienten vorteilhaft ist. Deshalb war das Ziel der vorliegenden Arbeit, die strukturierte Schockraum-Befundung im Vergleich zur Freitext-Befundung zu evaluieren. Zu den Schwerpunkten zählten einerseits der objektive Vergleich der Befundungsformen hinsichtlich der Befundungsdauer sowie der Vollständigkeit und andererseits die subjektive Bewertung der Befunde durch die Studienteilnehmer mittels eines Fragebogens.

An der experimentellen Studie nahmen acht Assistenzärzte der Klinik für Radiologie am Universitätsklinikum Mainz teil. In einem Überkreuz-Studiendesign befundeten die Studienteilnehmer die eine Hälfte der 14 Polytrauma-CT-Fälle mittels Freitext-Befundung und die andere Hälfte mit Hilfe der strukturierten Befundung. Während essenziell bedeutsame Pathologien zu den Hauptkriterien zählten, entsprachen die zugehörigen Detailangaben den Nebenkriterien. Die Detailangaben in den strukturierten Kurzbefunden waren vollständiger. Dagegen bestand bei den Kurzbefunden kein signifikanter Unterschied in der Vollständigkeit der befundeten Hauptkriterien. Weiterhin ergab die Analyse der Detailbefunde bei den beiden Befundungsarten sowohl bei den detektierten Haupt- als auch Nebenkriterien eine vergleichbare Vollständigkeit. Relevante schwerwiegende Traumata betreffen insbesondere den Kopf sowie den Thorax [31]. In der gesondert untersuchten Kopf-Region war die Befundvollständigkeit vergleichbar. In Hinblick auf die thorakale Körperregion waren die Hauptkriterien im Freitext-Kurzbefund zwar geringfügig vollständiger, aber dafür waren wiederum die Haupt- und Nebenkriterien im strukturierten Detailbefund geringgradig vollständiger. Ob die vollständigeren Befunde klinische Relevanz aufweisen, sollte in weiterführenden Studien analysiert werden.

Im Fragebogen wurden die Vollständigkeit, Qualität, Eindeutigkeit und Korrektheit der beiden Befundungsarten als vergleichbar eingestuft. Dagegen beurteilten die Studienteilnehmer die strukturierte Befundung im Vergleich zur Freitext-Befundung als widerspruchsfreier, kurzgefasster, übersichtlicher und dementsprechend lesbarer. Die teilnehmenden Radiologen bewerteten die Anwendung der Schockraum-Befundvorlage im Rahmen der Studie als unkompliziert. Demnach implizieren die erzielten Ergebnisse, dass die eingesetzte Befundvorlage weder zu umfangreich noch zu einfach gestaltet ist. Die Befragten befürworteten mehrheitlich die Etablierung der strukturierten Schockraum-Befundung in den Alltag.

In den Kurzbefunden waren die gemessenen Befundungszeiten der beiden Befundungsarten vergleichbar lang. Die strukturierte Befundung ermöglichte im Vergleich zur Freitext-Befundung bei den Detailbefunden hingegen ein signifikant schnelleres Ergebnis. Gemäß der Meinung der Studienteilnehmer ist die strukturierte Schockraum-Befundung ebenfalls zeiteffizienter. Die erzielten Forschungsergebnisse könnten zukünftig verwendet werden, um in weiterführenden Studien die klinische Relevanz der zeiteffizienteren Befunderstellung zu untersuchen. Eine verspätete Diagnosestellung kann lebensbedrohliche Konsequenzen haben [2,44]. Der Nachweis einer Zeitersparnis beim Befunden verbessert gegebenenfalls das klinische Outcome der polytraumatisierten Patienten. Strukturierte Befundung ermöglicht das Ziel einer kurzen Untersuchungszeit bei gleichzeitig hoher diagnostischer Aussagekraft [43]. Die unkomplizierte Anwendung und der Nachweis eines zeitsparenden Potenzials durch Befundvorlagen könnten somit deren Etablierung im radiologischen Alltag mitbewirken.

Im Rahmen der durchgeführten experimentellen Studie konnte nachgewiesen werden, dass die entwickelte Schockraum-Befundvorlage großes Potential für eine verbesserte Befundqualität bietet. Das Ziel zukünftiger Forschungsprojekte sollte sein, die klinischen Anforderungen an die Schockraum-Befundvorlage weiter aufzuklären, indem die Qualität der strukturierten Befunde insbesondere durch Anästhesisten und Chirurgen bewertet wird. Anschließend könnte diese konsensbasierte und qualitätsgesicherte Schockraum-Befundvorlage dann frei verfügbar in die klinische Routine implementiert werden, entsprechend dem Ziel der radiologischen Fachgesellschaften [12,14]. Die in dieser Doktorarbeit gewonnenen Daten leisten einen wichtigen Beitrag, die Bedeutung der strukturierten Befundung im Rahmen der radiologischen Notfalldiagnostik aufzuklären.

G. Anhang

Ergebnisse der vorliegenden Arbeit wurden zum Teil vorab veröffentlicht:

Jorg T, **Heckmann** JC, Mildenerger P, Hahn F, Düber C, Mildenerger P, Kloeckner R, Jungmann F. **Structured reporting of CT scans of patients with trauma leads to faster, more detailed diagnoses: An experimental study.** Eur J Radiol. 2021 Nov;144:109954. doi: 10.1016/j.ejrad.2021.109954. Epub 2021 Sep 17. PMID: 34563796.
Impact Factor 2021: 4,5 [62]

H. Literaturverzeichnis

- [1] Pinto Dos Santos D, Brodehl S, Baeßler B, Arnhold G, Dratsch T, Chon SH, Mildenerger P, Jungmann F. **Structured report data can be used to develop deep learning algorithms: a proof of concept in ankle radiographs.** Insights Imaging. 2019 Sep 23;10(1):93. doi: 10.1186/s13244-019-0777-8. PMID: 31549305; PMCID: PMC6777645.
- [2] Waldeck S, Franke A, Güsgen C, Schwab R, Kalff J, Pantelis D. **SMAR3T© – ein neuer zeitsparender diagnostischer Schockraumalgorithmus** [SMAR3T©-a new time-saving diagnostic emergency room management algorithm]. Chirurg. 2019 Oct;90(10):845-850. German. doi: 10.1007/s00104-019-0811-x. PMID: 30888436.
- [3] Brady AP. **Radiology reporting - from Hemingway to HAL?** Insights Imaging. 2018 Apr;9(2):237-246. doi: 10.1007/s13244-018-0596-3. Epub 2018 Mar 14. PMID: 29541954; PMCID: PMC5893492.
- [4] Lee B, Whitehead MT. **Radiology Reports: What YOU Think You're Saying and What THEY Think You're Saying.** Curr Probl Diagn Radiol. 2017 May-Jun;46(3):186-195. doi: 10.1067/j.cpradiol.2016.11.005. Epub 2016 Nov 16. PMID: 28069356.
- [5] Reiner BI. **The challenges, opportunities, and imperative of structured reporting in medical imaging.** J Digit Imaging. 2009 Dec;22(6):562-8. doi: 10.1007/s10278-009-9239-z. PMID: 19816742; PMCID: PMC2782125.
- [6] Bosmans JM, Peremans L, Menni M, De Schepper AM, Duyck PO, Parizel PM. **Structured reporting: if, why, when, how - and at what expense? Results of a focus group meeting of radiology professionals from eight countries.** Insights Imaging. 2012 Jun;3(3):295-302. doi: 10.1007/s13244-012-0148-1. Epub 2012 Mar 14. PMID: 22696090; PMCID: PMC3369122.

- [7] Manning-Stanley AS, Bonnett L, Mellett T, Herreran JR, Anforth R. **Variation in the length and structure of reports written by reporting radiographers: A retrospective study.** Radiography (Lond). 2018 Nov;24(4):383-391. doi: 10.1016/j.radi.2018.06.005. Epub 2018 Jul 13. PMID: 30292510.
- [8] Huesch MD, Cherian R, Labib S, Mahraj R. **Evaluating Report Text Variation and Informativeness: Natural Language Processing of CT Chest Imaging for Pulmonary Embolism.** J Am Coll Radiol. 2018 Mar;15(3 Pt B):554-562. doi: 10.1016/j.jacr.2017.12.017. Epub 2018 Feb 13. PMID: 29396123.
- [9] Kotter E, Pinto Dos Santos D. **Strukturierte Befundung in der Radiologie: Sicht der deutschen und europäischen Fachgesellschaften** [Structured reporting in radiology: German and European radiology societies' point of view]. Radiologe. 2021 Nov;61(11):979-985. German. doi: 10.1007/s00117-021-00921-4. Epub 2021 Oct 18. PMID: 34661685; PMCID: PMC8521492.
- [10] Bunck AC, Baeßler B, Ritter C, Kröger JR, Persigehl T, Pinto Santos D, Steinmetz M, Niehaus A, Bamberg F, Beer M, Ley S, Tiemann K, Beerbaum P, Maintz D, Lotz J. **Structured Reporting in Cross-Sectional Imaging of the Heart: Reporting Templates for CMR Imaging of Cardiomyopathies (Myocarditis, Dilated Cardiomyopathy, Hypertrophic Cardiomyopathy, Arrhythmogenic Right Ventricular Cardiomyopathy and Siderosis).** Rofo. 2020 Jan;192(1):27-37. English, German. doi: 10.1055/a-0998-4116. Epub 2019 Oct 9. Erratum in: Rofo. 2020 Jan;192(1):e1. PMID: 31597176.
- [11] **European Society of Radiology (ESR). ESR paper on structured reporting in radiology.** Insights Imaging. 2018 Feb;9(1):1-7. doi: 10.1007/s13244-017-0588-8. Epub 2018 Feb 19. PMID: 29460129; PMCID: PMC5825315.

- [12] Kim SH, Mir-Bashiri S, Matthies P, Sommer W, Nörenberg D. **Integration der strukturierten Befundung in den radiologischen Routine-Workflow** [Integration of structured reporting into the routine radiological workflow]. *Radiologe*. 2021 Nov;61(11):1005-1013. German. doi: 10.1007/s00117-021-00917-0. Epub 2021 Sep 28. PMID: 34581842; PMCID: PMC8477629.
- [13] Morgan TA, Helibrun ME, Kahn CE Jr. **Reporting initiative of the Radiological Society of North America: progress and new directions**. *Radiology*. 2014 Dec;273(3):642-5. doi: 10.1148/radiol.14141227. PMID: 25420164.
- [14] Pinto Dos Santos D, Hempel JM, Mildenerger P, Klöckner R, Persigehl T. **Structured Reporting in Clinical Routine**. *Rofo*. 2019 Jan;191(1):33-39. English, German. doi: 10.1055/a-0636-3851. Epub 2018 Aug 13. PMID: 30103236.
- [15] Kahn CE Jr, Heilbrun ME, Applegate KE. **From guidelines to practice: how reporting templates promote the use of radiology practice guidelines**. *J Am Coll Radiol*. 2013 Apr;10(4):268-73. doi: 10.1016/j.jacr.2012.09.025. Epub 2013 Jan 16. PMID: 23332496; PMCID: PMC3615027.
- [16] Gassenmaier S, Armbruster M, Haasters F, Helfen T, Henzler T, Alibek S, Pfürringer D, Sommer WH, Sommer NN. **Structured reporting of MRI of the shoulder - improvement of report quality?** *Eur Radiol*. 2017 Oct;27(10):4110-4119. doi: 10.1007/s00330-017-4778-z. Epub 2017 Mar 13. PMID: 28289942.
- [17] Kim SH, Sobez LM, Spiro JE, Curta A, Ceelen F, Kampmann E, Goepfert M, Bodensohn R, Meinel FG, Sommer WH, Sommer NN, Galiè F. **Structured reporting has the potential to reduce reporting times of dual-energy x-ray absorptiometry exams**. *BMC Musculoskelet Disord*. 2020 Apr 16;21(1):248. doi: 10.1186/s12891-020-03200-w. PMID: 32299400; PMCID: PMC7164197.

- [18] Wetterauer C, Winkel DJ, Federer-Gsponer JR, Halla A, Subotic S, Deckart A, Seifert HH, Boll DT, Ebbing J. **Structured reporting of prostate magnetic resonance imaging has the potential to improve interdisciplinary communication.** PLoS One. 2019 Feb 19;14(2):e0212444. doi: 10.1371/journal.pone.0212444. PMID: 30779810; PMCID: PMC6380587.
- [19] Spilseth B, Ghai S, Patel NU, Taneja SS, Margolis DJ, Rosenkrantz AB. **A Comparison of Radiologists' and Urologists' Opinions Regarding Prostate MRI Reporting: Results From a Survey of Specialty Societies.** AJR Am J Roentgenol. 2018 Jan;210(1):101-107. doi: 10.2214/AJR.17.18241. Epub 2017 Oct 24. PMID: 29064758.
- [20] 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 Feb;274(2):464-72. doi: 10.1148/radiol.14140206. Epub 2014 Oct 3. PMID: 25286323.
- [21] Hackländer T. **Strukturierte Befundung in der Radiologie** [Structured reporting in radiology]. Radiologe. 2013 Jul;53(7):613-7. German. doi: 10.1007/s00117-013-2493-6. PMID: 23595099.
- [22] Schoeppe F, Sommer WH, Nörenberg D, Verbeek M, Bogner C, Westphalen CB, Dreyling M, Rummeny EJ, Fingerle AA. **Structured reporting adds clinical value in primary CT staging of diffuse large B-cell lymphoma.** Eur Radiol. 2018 Sep;28(9):3702-3709. doi: 10.1007/s00330-018-5340-3. Epub 2018 Mar 29. PMID: 29600475.
- [23] 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 Sep;205(3):584-8. doi: 10.2214/AJR.14.14053. PMID: 26295645.

- [24] Poullos PD, Tseng JJ, Melcher ML, Concepcion W, Loening AM, Rosenberg J, Willmann JK. **Structured Reporting of Multiphasic CT for Hepatocellular Carcinoma: Effect on Staging and Suitability for Transplant.** AJR Am J Roentgenol. 2018 Apr;210(4):766-774. doi: 10.2214/AJR.17.18725. Epub 2018 Feb 22. PMID: 29470153.
- [25] Persigehl T, Baumhauer M, Baeßler B, Beyer LP, Bludau M, Bruns C, Bunck AC, Germer CT, Grenacher L, Hackländer T, Haneder S, Heinrich S, Heusch P, Hoffmann M, Juchems MS, Kröger JR, Kotter E, Layer G, Maintz D, Menke J, Palmowski M, Pantelis D, Pinto Dos Santos D, Popp FC, Schäfer N, Schlemmer HP, Schreyer AG, Siedek F, Stippel D, Völker M, Waldschmidt DT, Weber TF, von Winterfeld M, Wybranski C, Zander T, Wessling J. **Structured Reporting of Solid and Cystic Pancreatic Lesions in CT and MRI: Consensus-Based Structured Report Templates of the German Society of Radiology (DRG).** Rofo. 2020 Jul;192(7):641-656. English, German. doi: 10.1055/a-1150-8217. Epub 2020 Jul 2. PMID: 32615626.
- [26] Dickerson E, Davenport MS, Syed F, Stuve O, Cohen JA, Rinker JR, Goldman MD, Segal BM, Foerster BR; **Michigan Radiology Quality Collaborative. Effect of Template Reporting of Brain MRIs for Multiple Sclerosis on Report Thoroughness and Neurologist-Rated Quality: Results of a Prospective Quality Improvement Project.** J Am Coll Radiol. 2017 Mar;14(3):371-379.e1. doi: 10.1016/j.jacr.2016.09.037. Epub 2016 Dec 5. PMID: 27932248.
- [27] Gunn ML, Kool DR, Lehnert BE. **Improving Outcomes in the Patient with Polytrauma: A Review of the Role of Whole-Body Computed Tomography.** Radiol Clin North Am. 2015 Jul;53(4):639-56, vii. doi: 10.1016/j.rcl.2015.02.006. PMID: 26046503.
- [28] von Rüden C, Bühren V, Perl M. **Polytraumamanagement – Behandlung des Schwerverletzten in Schockraum und OP** [Polytrauma Management - Treatment of Severely Injured Patients in ER and OR]. Z Orthop Unfall. 2017 Oct;155(5):603-622. German. doi: 10.1055/s-0042-124275. Epub 2017 Oct 19. PMID: 29050055.

- [29] Nicolaou S, Eftekhari A, Sedlic T, Hou DJ, Mudri MJ, Aldrich J, Louis L. **The utilization of dual source CT in imaging of polytrauma.** Eur J Radiol. 2008 Dec;68(3):398-408. doi: 10.1016/j.ejrad.2008.08.014. Epub 2008 Oct 8. PMID: 18845410.
- [30] Stahel PF, Heyde CE, Wyrwich W, Ertel W. **Aktuelle Konzepte des Polytraumamanagements: Von ATLS zu "Damage Control"** [Current concepts of polytrauma management: from ATLS to "damage control"]. Orthopade. 2005 Sep;34(9):823-36. German. doi: 10.1007/s00132-005-0842-5. PMID: 16078059.
- [31] Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU). **Jahresbericht 2021 - TraumaRegister DGU®.** https://www.traumaregister-dgu.de/fileadmin/user_upload/TR-DGU_Jahresbericht_2021.pdf. Heruntergeladen am 05.11.2022.
- [32] Li H, Ma YF. **New injury severity score (NISS) outperforms injury severity score (ISS) in the evaluation of severe blunt trauma patients.** Chin J Traumatol. 2021 Sep;24(5):261-265. doi: 10.1016/j.cjtee.2021.01.006. Epub 2021 Jan 19. PMID: 33581981; PMCID: PMC8563863.
- [33] Tscherne H, Oestern HJ, Sturm JA. **Die Belastbarkeit Mehrfachverletzter und ihre Bedeutung für die operative Versorgung** [Stress tolerance of patients with multiple injuries and its significance for operative care]. Langenbecks Arch Chir. 1984;364:71-7. German. doi: 10.1007/BF01823174. PMID: 6503556.
- [34] Klüter T, Lippross S, Oestern S, Weuster M, Seekamp A. **Operative Versorgungsstrategien von Polytraumapatienten: "Early total care" vs. "damage control"** [Operative treatment strategies for multiple trauma patients: early total care versus damage control]. Chirurg. 2013 Sep;84(9):759-63. German. doi: 10.1007/s00104-013-2478-z. PMID: 24026756.

- [35] Rauf R, von Matthey F, Croenlein M, Zyskowski M, van Griensven M, Biberthaler P, Lefering R, Huber-Wagner S; Section NIS of DGU. **Changes in the temporal distribution of in-hospital mortality in severely injured patients - An analysis of the TraumaRegister DGU.** PLoS One. 2019 Feb 22;14(2):e0212095. doi: 10.1371/journal.pone.0212095. PMID: 30794579; PMCID: PMC6386341.
- [36] Huber-Wagner S, Lefering R, Qvick LM, Körner M, Kay MV, Pfeifer KJ, Reiser M, Mutschler W, Kanz KG; **Working Group on Polytrauma of the German Trauma Society. Effect of whole-body CT during trauma resuscitation on survival: a retrospective, multicentre study.** Lancet. 2009 Apr 25;373(9673):1455-61. doi: 10.1016/S0140-6736(09)60232-4. Epub 2009 Mar 25. PMID: 19321199.
- [37] Pretorius ES, Fishman EK. **Spiral computed tomography of upper abdominal trauma.** Emerg radiol 1995; 2: 285–289.
- [38] Stengel D, Ottersbach C, Matthes G, Weigeldt M, Grundei S, Rademacher G, Tittel A, Mutze S, Ekkernkamp A, Frank M, Schmucker U, Seifert J. **Accuracy of single-pass whole-body computed tomography for detection of injuries in patients with major blunt trauma.** CMAJ. 2012 May 15;184(8):869-76. doi: 10.1503/cmaj.111420. Epub 2012 Mar 5. PMID: 22392949; PMCID: PMC3348190.
- [39] Banaste N, Caurier B, Bratan F, Bergerot JF, Thomson V, Millet I. **Whole-Body CT in Patients with Multiple Traumas: Factors Leading to Missed Injury.** Radiology. 2018 Nov;289(2):374-383. doi: 10.1148/radiol.2018180492. Epub 2018 Aug 7. PMID: 30084754.
- [40] Deunk J, Brink M, Dekker HM, Kool DR, Blickman JG, van Vugt AB, Edwards MJ. **Routine versus selective multidetector-row computed tomography (MDCT) in blunt trauma patients: level of agreement on the influence of additional findings on management.** J Trauma. 2009 Nov;67(5):1080-6. doi: 10.1097/TA.0b013e318189371d. PMID: 19901671.

- [41] Karaaslan T, Meuli R, Androux R, Duvoisin B, Hessler C, Schnyder P. **Traumatic chest lesions in patients with severe head trauma: a comparative study with computed tomography and conventional chest roentgenograms.** J Trauma. 1995 Dec;39(6):1081-6. doi: 10.1097/00005373-199512000-00012. PMID: 7500398.
- [42] Rizzo AG, Steinberg SM, Flint LM. **Prospective assessment of the value of computed tomography for trauma.** J Trauma. 1995 Mar;38(3):338-42; discussion 342-3. doi: 10.1097/00005373-199503000-00005. PMID: 7897711.
- [43] Löw R, Düber C, Kreitner KF, Blum J. **Radiologische Diagnostik polytraumatisierter Patienten: Management unter Verwendung der Ganzkörper-Spiral-Computertomographie.** Dtsch Arztebl 2001; 98(26): A-1744 / B-1477 / C-1376.
- [44] Pfeifer R, Pape HC. **Missed injuries in trauma patients: A literature review.** Patient Saf Surg. 2008 Aug 23;2:20. doi: 10.1186/1754-9493-2-20. PMID: 18721480; PMCID: PMC2553050.
- [45] Pinto Dos Santos D, Klos G, Kloeckner R, Oberle R, Dueber C, Mildenerger P. **Development of an IHE MRRT-compliant open-source web-based reporting platform.** Eur Radiol. 2017 Jan;27(1):424-430. doi: 10.1007/s00330-016-4344-0. Epub 2016 Apr 30. PMID: 27137649.
- [46] AO Spine. **Thoracolumbar Injury Classification System.** https://media.aofoundation.org/spine/-/media/project/aocd/aospine/documents/aos_injury_classification_pocket_card_thoracolumbar.pdf?rev=2cf8d26a1d654ed499e573d8d5b36d3f. Heruntergeladen am 05.11.2022.
- [47] Mamlouk MD, Chang PC, Saket RR. **Contextual Radiology Reporting: A New Approach to Neuroradiology Structured Templates.** AJNR Am J Neuroradiol. 2018 Aug;39(8):1406-1414. doi: 10.3174/ajnr.A5697. Epub 2018 Jun 14. PMID: 29903922; PMCID: PMC7410548.

- [48] Sigl B, Herold C. **Strukturierte Befundung in der Radiologie – Chance für die radiologische Jugend?** [Structured reporting in radiology - a chance for young radiologists?]. *Radiologe*. 2021 May;61(5):487-489. German. doi: 10.1007/s00117-021-00826-2. Epub 2021 Mar 19. PMID: 33740065; PMCID: PMC7976685.
- [49] Franconeri A, Fang J, Carney B, Justaniah A, Miller L, Hur HC, King LP, Alammari R, Faintuch S, Mortelet KJ, Brook OR. **Structured vs narrative reporting of pelvic MRI for fibroids: clarity and impact on treatment planning.** *Eur Radiol*. 2018 Jul;28(7):3009-3017. doi: 10.1007/s00330-017-5161-9. Epub 2017 Dec 15. PMID: 29247353.
- [50] Dunnick NR, Langlotz CP. **The radiology report of the future: a summary of the 2007 Intersociety Conference.** *J Am Coll Radiol*. 2008 May;5(5):626-9. doi: 10.1016/j.jacr.2007.12.015. PMID: 18442766.
- [51] Schwartz LH, Panicek DM, Berk AR, Li Y, Hricak H. **Improving communication of diagnostic radiology findings through structured reporting.** *Radiology*. 2011 Jul;260(1):174-81. doi: 10.1148/radiol.11101913. Epub 2011 Apr 25. PMID: 21518775; PMCID: PMC3121011.
- [52] Sobez LM, Kim SH, Angstwurm M, Störmann S, Pfürringer D, Schmidutz F, Prezzi D, Kelly-Morland C, Sommer WH, Sabel B, Nörenberg D, Berndt M, Galiè F. **Creating high-quality radiology reports in foreign languages through multilingual structured reporting.** *Eur Radiol*. 2019 Nov;29(11):6038-6048. doi: 10.1007/s00330-019-06206-8. Epub 2019 Apr 26. PMID: 31028444.
- [53] Sierink JC, Saltzherr TP, Russchen MJ, de Castro SM, Beenen LF, Schep NW, Goslings JC. **Incidental findings on total-body CT scans in trauma patients.** *Injury*. 2014 May;45(5):840-4. doi: 10.1016/j.injury.2013.10.009. Epub 2013 Oct 30. PMID: 24252575.

- [54] Munk MD, Peitzman AB, Hostler DP, Wolfson AB. **Frequency and follow-up of incidental findings on trauma computed tomography scans: experience at a level one trauma center.** J Emerg Med. 2010 Apr;38(3):346-50. doi: 10.1016/j.jemermed.2008.01.021. Epub 2008 Sep 19. PMID: 18804935.
- [55] Probst C, Richter M, Lefering R, Frink M, Gaulke R, Krettek C, Hildebrand F. **Incidence and significance of injuries to the foot and ankle in polytrauma patients - an analysis of the Trauma Registry of DGU.** Injury. 2010 Feb;41(2):210-5. doi: 10.1016/j.injury.2009.10.009. Epub 2009 Nov 3. PMID: 19889412.
- [56] Simmel S, Bühren V. **Unfallfolgen nach schweren Verletzungen: Konsequenzen für die Trauma-Rehabilitation** [Sequelae of severe injuries: consequences for trauma rehabilitation]. Chirurg. 2013 Sep;84(9):764-70. German. doi: 10.1007/s00104-013-2579-8. PMID: 23934403.
- [57] Hussmann B, Lendemans S. **Pre-hospital and early in-hospital management of severe injuries: changes and trends.** Injury. 2014 Oct;45 Suppl 3:S39-42. doi: 10.1016/j.injury.2014.08.016. PMID: 25284232.
- [58] Ernst BP, Strieth S, Katzer F, Hodeib M, Eckrich J, Bahr K, Rader T, Künzel J, Froelich MF, Matthias C, Sommer WH, Becker S. **The use of structured reporting of head and neck ultrasound ensures time-efficiency and report quality during residency.** Eur Arch Otorhinolaryngol. 2020 Jan;277(1):269-276. doi: 10.1007/s00405-019-05679-z. Epub 2019 Oct 14. PMID: 31612337.
- [59] Pinto Dos Santos D, Baeßler B. **Big data, artificial intelligence, and structured reporting.** Eur Radiol Exp. 2018 Dec 5;2(1):42. doi: 10.1186/s41747-018-0071-4. PMID: 30515717; PMCID: PMC6279752.
- [60] Cuocolo R, Caruso M, Perillo T, Ugga L, Petretta M. **Machine Learning in oncology: A clinical appraisal.** Cancer Lett. 2020 Jul 1;481:55-62. doi: 10.1016/j.canlet.2020.03.032. Epub 2020 Apr 3. PMID: 32251707.

- [61] Erickson BJ, Korfiatis P, Akkus Z, Kline TL. **Machine Learning for Medical Imaging.** Radiographics. 2017 Mar-Apr;37(2):505-515. doi: 10.1148/rg.2017160130. Epub 2017 Feb 17. PMID: 28212054; PMCID: PMC5375621.
- [62] Jorg T, Heckmann JC, Mildenerger P, Hahn F, Düber C, Mildenerger P, Kloeckner R, Jungmann F. **Structured reporting of CT scans of patients with trauma leads to faster, more detailed diagnoses: An experimental study.** Eur J Radiol. 2021 Nov;144:109954. doi: 10.1016/j.ejrad.2021.109954. Epub 2021 Sep 17. PMID: 34563796.

I. Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
AIS	Abbreviated Injury Scale
CT	Computertomographie
et al.	et alii (Maskulinum), et aliae (Femininum) und andere
ggf.	gegebenenfalls
h	Stunde
HWS	Halswirbelsäule
IMBEI	Institut für Medizinische Biostatistik, Epidemiologie und Informatik
ISS	Injury Severity Score
KI	künstliche Intelligenz
LWS	Lendenwirbelsäule
min	Minute
MRT	Magnetresonanztomographie
n	Anzahl
sec	Sekunde
Tab.	Tabelle
z.B.	zum Beispiel

J. Abbildungsverzeichnis

Abb. B1:	Auszug aus dem Template „Schockraum-Diagnostik“	11
Abb. B2:	Auswahl einer Informationsbox aus dem Template „Schockraum-Diagnostik“	12
Abb. B3:	Ablauf der Studie „Strukturierte CT-Befundung von Polytrauma-Patienten“	14
Abb. B4:	Auszug aus dem Fragebogen zur subjektiven Bewertung der Schockraum-Befunde.....	18
Abb. C1:	Beispielhafter Freitext-Detailbefund für den Polytrauma-Fall 2.....	22
Abb. C2:	Beispielhafter Template-Detailbefund für den Polytrauma-Fall 2.....	23
Abb. C3:	Erzielte Punktzahl in den Polytrauma-Fällen.....	25
Abb. C4:	Erreichte Gesamtpunktzahl zur Bestimmung der Vollständigkeit der Befunde.....	27
Abb. C5:	Vollständigkeit der Befunde in der Kategorie Kopf.....	29
Abb. C6:	Vollständigkeit der Befunde in der Kategorie Thorax.....	31
Abb. C7:	Benötigte Befundungszeit zur Bestimmung der Zeiteffizienz.....	33
Abb. C8:	Befundungsdauer zur Bestimmung der Zeiteffizienz.....	34
Abb. C9:	Bewertung der Schockraum-Untersuchungsbedingungen mittels Fragebogen.....	35
Abb. C10:	Bewertung der Schockraum-Befunde mittels Fragebogen.....	37
Abb. C11:	Evaluation der Schockraum-Befunde mittels Fragebogen.....	39
Abb. C12:	Bewertung des Schockraum-Templates mittels Fragebogen.....	41

K. Tabellenverzeichnis

Tab. B1:	Schweregrad der Verletzungen der Polytrauma-Fälle.....	9
Tab. B2:	Klassifizierungssystem zur objektiven Bewertung der Befundvollständigkeit.....	16
Tab. C1:	Erreichte Gesamtpunktzahl zur Bestimmung der Vollständigkeit der Befunde.....	26
Tab. C2:	Geschätzter Effekt der strukturierten Befundung auf die Vollständigkeit der Befunde.....	28
Tab. C3:	Geschätzter Effekt der strukturierten Befundung auf die Vollständigkeit der Befunde in der Kategorie Kopf.....	30
Tab. C4:	Geschätzter Effekt der strukturierten Befundung auf die Vollständigkeit der Befunde in der Kategorie Thorax.....	32
Tab. C5:	Evaluation der Befunde mittels Fragebogen.....	38

L. Danksagung

M. Lebenslauf