

Aus dem Zentrum für Orthopädie und Unfallchirurgie (ZOU) der Universitätsmedizin der
Johannes Gutenberg-Universität Mainz

und dem Bundeswehr Zentralkrankenhaus Koblenz, Klinik für Unfallchirurgie und
Orthopädie, Medizincampus Koblenz

Implementierung eines Algorithmus zur Bildgebung in der Schockraumbehandlung des
Traumas

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

Vorgelegt von

Beatrix Becker
aus Mainz

Wissenschaftlicher Vorstand: Univ.-Prof. Dr. med. Philipp Drees

Tag der Promotion: 09. März 2026

Nachnutzungslizenz: CC-BY-SA-4.0

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	IV
Tabellenverzeichnis.....	IV
1. Einleitung	1
1.1 Aktueller Wissensstand	1
1.2 Fragestellung und Zielsetzung	2
2. Literaturdiskussion	4
2.1 Epidemiologie	4
2.2 Klinische Behandlungsstrategien	7
2.3 Bestehende Algorithmen zur Bildgebung	9
2.4 Das WBCT im Rahmen der Schwerstverletztenbehandlung.....	16
2.5 Kritische Betrachtung	20
2.6 Fazit	23
3. Material und Methoden.....	24
3.1 Studiendesign	24
3.2 Kollektiv	25
3.3 Methodik	25
3.4 Statistische Methoden.....	27
4. Ergebnisse	30
4.1 Altersverteilung	30
4.2 Geschlechterverteilung	31
4.3 Unfallursachen	31
4.4 Initiale Verletzungsschwere.....	32
4.5 Klinische Befunde	34
4.6 Verletzungsschwere (ISS).....	34
4.7 Diagnostik im Rahmen der Schockraum-Untersuchung	35
4.8 Weitere Behandlung.....	40

4.9 Weitere Ergebnisse.....	42
4.9.1 NACA-Score	42
4.9.2 FAST und abdominelle Verletzung.....	44
4.9.3 Klinische Befunde nach ISS	45
5. Diskussion.....	47
5.1 Einordnung des Kollektives	47
5.2 Prähospitale Erkenntnisse.....	49
5.3 Analgosedierung	50
5.4 Klinische Konsequenz.....	51
5.5 FAST und Untersuchung des Abdomens	54
5.6 Limitationen	56
6. Zusammenfassung.....	58
7. Literaturverzeichnis	60
8. Danksagung	65
9. Tabellarischer Lebenslauf	66

Abkürzungsverzeichnis

AIS.....	Abbreviated Injury Scale
ATLS.....	advanced trauma life support
BPM.....	beats per minute
BwZKrhs.....	Bundeswehrzentral Krankenhaus
CT.....	Computertomographie
CCT.....	Craniale Computertomographie
DGU.....	Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie
eFAST.....	extended Focused Assessment with Sonography for Trauma
FAST.....	Focussed Assessment with Sonography in Trauma
GCS.....	Glasgow-Coma-Scale
HWS.....	Halswirbelsäule
ISS.....	Injury Severity Score
KIS.....	Krankenhausinformationssystem
m.....	Meter
MAIS.....	Maximaler AIS
min.....	Minute
mmHg.....	Millimeter-Quecksilbersäule
MRT.....	Magnetresonanztomographie
MSCT.....	Mehrschichtcomputertomographie
NACA -Score.....	National Advisory Committee for Aeronautics
PHTLS.....	pre hospital trauma life support
SHT.....	Schädel-Hirn-Trauma, Schädel-Hirn-Trauma
SOP.....	Standard Operating Procedure
TRISS.....	Trauma and Injury Severity Score
WBCT.....	whole body computed tomography

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Kriterien zur Schockraumaktivierung, GoR A (17)	6
Abbildung 2 Kriterien zur Schockraumaktivierung, GoR B (17)	7
Abbildung 3: The Canadian CT Head Rule for patients with minor head injury (37).....	10
Abbildung 4 The Canadian C-Spine Rules	11
Abbildung 5 NEXUS chest: validation of a decision instrument for selective chest imaging in blunt trauma (43)	13
Abbildung 6 Vittel-Kriterien (5)	15
Abbildung 7 Handlungsschema zur Indikationsstellung einer WBCT	24
Abbildung 8 Zur anonymisierter Datenerfassung verwendeter Fragebogen	26
Abbildung 9 Altersverteilung in Prozent nach Untersuchungszeiträumen	30
Abbildung 10 Geschlechterverteilung in Prozent nach Untersuchungszeiträumen.....	31
Abbildung 11 Verteilung der Unfallursachen den Patientenkollektiven	32
Abbildung 12 NACA-Score nach Vergleichsgruppe	33
Abbildung 13 Initialer GCS nach Vergleichsgruppe	33
Abbildung 14 Prähospitale Befund und Schockraumbefunde nach Vergleichsgruppe	34
Abbildung 15 Verteilung der ISS der beiden Patientenkollektive in Prozent	35
Abbildung 16 Anzahl der WBCTn nach ISS und Vergleichsgruppen	36
Abbildung 17 Anteil unauffälliger Traumaspirale nach ISS nach Vergleichsgruppen	37
Abbildung 18 Durchführung WBCT nach Vergleichsgruppen und Alter >70 Jahre	38
Abbildung 19 Durchführung WBCT nach Vergleichsgruppen und Analgosedierung	38
Abbildung 20 Alternative initiale Diagnostik und nachträgliche Diagnostik nach stationärer Aufnahme nach Vergleichsgruppen.....	40
Abbildung 21 Stationärer Aufenthalt nach Vergleichsgruppen	41
Abbildung 22 Weitere Behandlung bei auffälligem CT	42
Abbildung 23 Korrelation von prähospitaler Einschätzung und tatsächlicher Verletzungsschwere vor Algorithmus	43
Abbildung 24 Korrelation von prähospitaler Einschätzung und tatsächlicher Verletzungsschwere nach Algorithmus.....	43
Abbildung 25/26 FAST-Untersuchung und auffälliger abdomineller Befund im CT vor/nach dem 31.03.2015	45
Abbildung 26 Befunde nach ISS	45

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Vierfeldertafel mit Zusammenhang Beobachtungszeitraum und Geschlecht.....	31
---	----

1. Einleitung

Die adäquate diagnostische und therapeutische Versorgung von schwer- und schwerstverletzten Patienten stellt eine Herausforderung für jedes Krankenhaus dar. Sie erreicht eine besondere Dimension in Quantität und Qualität für solche Kliniken, die in der Versorgungsstufe eines Überregionalen Traumazentrums und im Schwerstverletztenverfahren der gewerblichen Berufsgenossenschaften akkreditiert sind

Elementarer Bestandteil vieler Schockraumprotokolle ist die frühzeitige Bildgebung mittels der Computertomographie (CT). Spätestens seit der Einführung der Mehrschichtcomputertomographie (MSCT) 1998 erhielt die Ganzkörpercomputertomographie (whole body computed tomography, WBCT) einen zunehmenden Stellenwert im Rahmen der Schockraumversorgung (1, 2). Inzwischen ist sie ein nicht mehr wegzudenkender Bestandteil der frühen innerklinischen Diagnostik. Bei der Indikationsstellung zur Durchführung eines WBCT spielen in der vorliegenden Literatur unter anderem der Unfallmechanismus, das Alter sowie der Befund der klinischen Untersuchung eine entscheidende Rolle (3, 4). Einige Studien belegen eine signifikant bessere Überlebenswahrscheinlichkeit für Patienten, die ein WBCT erhielten (5-7).

1.1 Aktueller Wissensstand

Trotz dieser nachgewiesenen Vorteile ist die Indikationsstellung zur Durchführung einer WBCT kritisch zu hinterfragen, da mit der Untersuchung eine Strahlenbelastung vergesellschaftet ist, die ein additives Lebenszeitrisiko für Krebserkrankungen von 0,08%, sowie 190 zusätzliche Krebstote pro 100.000 Untersuchten bedeutet (8). Zudem zeigt sich, dass eine höhere Anzahl von Verletzungen nachgewiesen werden kann, jedoch steht die Signifikanz und der Effekt auf das klinische Outcome zur Debatte (9). Eine Studie konnte zudem belegen, dass eine initial durchgeführte konventionelle Röntgendiagnostik mit anschließendem CT im Vergleich mit einem WBCT keinen Nachteil hinsichtlich der Sterblichkeitsrate nach sich zieht (10). Eine Analyse aus dem Traumaregister DGU® im Zeitraum zwischen 1993 bis 2009 zeigt, dass von 18.268 untersuchten, schwerverletzten Patienten (ISS>16) 27,2% der Patienten eine primäre CT-Diagnostik erhielten, 66,2% erhielten eine kombinierte

Diagnostik aus konventionellem Röntgen und selektivem CT. Bei insgesamt 1195 (6,5%) wurde auf eine weiterführende CT-Diagnostik verzichtet (11).

1.2 Fragestellung und Zielsetzung

Im Fokus dieser Arbeit stehen diejenigen Patienten, bei denen ein CT durchgeführt wurde, aber keine Traumafolgen nachgewiesen werden konnten. Ziel soll es sein, Kriterien zu definieren, um die Patienten zu identifizieren, die von der Durchführung eines WBCT nicht profitieren.

Hieraus ergeben sich folgende Fragestellungen:

- Bei welchen Verunfallten ist im klinischen Alltag keine WBCT-Untersuchung erforderlich?
- Kann die Anzahl der CT-Untersuchungen bei Leichtverletzten gesenkt werden, ohne die Anzahl der initial übersehenen Verletzungen zu erhöhen?
- Führt eine Reduktion der Ganzkörper-CT Untersuchung zu einer höheren Anzahl an verzögert diagnostizierten Verletzungen?
- Welche Standards und Parameter können definiert werden, die den Verzicht auf ein Ganzkörper-CT erlauben?

Ausgangspunkt für die Beantwortung der Fragestellung war eine retrospektive Studie. Zunächst wurden alle Patienten betrachtet, die zwischen dem 1. März 2014 und dem 31. März 2015 am Bundeswehrzentral Krankenhaus in Koblenz im Rahmen einer Schockraumbehandlung versorgt werden mussten. In der Analyse der Daten sollen abgesehen vom Unfallmechanismus definierte klinische Kriterien und Parameter untersucht werden, die einen prädiktiven Wert für mögliche Verletzungsfolgen haben könnten. Hier soll insbesondere untersucht werden, welche Befunde nur mittels des WBCT detektiert werden können bzw. welche in Kombination auftretend auch einen negativen Befund der WBCT erwarten lassen und sie somit im entsprechenden Fall entbehrlich machen.

Das Bundeswehrzentral Krankenhaus Koblenz ist in der Region Mittelrhein ein wichtiger Versorger für die Patientengruppe der Schwer- und Schwerstverletzten. Als überregionales zertifiziertes Traumazentrum und SAV-Klinik mit angebundenem Hubschrauberstandort ist die Versorgung dieses Patientengutes elementarer Bestandteil des Versorgungs- und Ausbildungsauftrages des Krankenhauses.

Es wurden daher für diese Studie diejenigen Patienten untersucht, welche im unmittelbar anschließenden Zeitraum zwischen dem 1. April 2015 und dem 28. Februar 2016 im Schockraum behandelt werden mussten. Der wesentliche Unterschied zur ersten Untersuchungsperiode ist das Vorhandensein eines Posters mit einem Algorithmus im Schockraum, nach dem die Kriterien für die Durchführung einer WBCT eindeutig aufgezeigt werden. (siehe Abb. 4)

Nachgeordnetes Ziel der Analyse war es, die Auswirkungen des strikten Befolgens des Algorithmus zur Durchführung einer WBCT zu dokumentieren. Primäres Ziel der Analyse war es, somit die Zahl der WBCT ohne nachgewiesene Traumafolgen reduzieren zu können. Im Ergebnis können klare Kriterien bestätigt werden, die eine WBCT im Rahmen der Schockraumdiagnostik entbehrlich machen, ohne die Anzahl verzögert diagnostizierter Verletzung zu erhöhen und das Outcome negativ zu beeinflussen.

2. Literaturdiskussion

Ziel der Literaturdiskussion ist es, die eigenen Resultate mit der Evidenz aus der zeitgenössischen Literatur abzugleichen, Übereinstimmung wie Diskrepanzen aufzuzeigen und Folgerungen für die fachliche Weiterentwicklung zu ziehen. Hierzu erfolgt zunächst eine Einordnung des Patientenkollektives, im Anschluss werden die Behandlungsstrategien, sowie die bestehenden Algorithmen zur Bildgebung dargestellt. Nachfolgend wird Rolle des WBCT bei der Versorgung von Schwerverletzten diskutiert, abschließend erfolgt die kritische Betrachtung der bildgebenden Verfahren.

2.1 Epidemiologie

Die Behandlung von polytraumatisierten bzw. schwer- und schwerstverletzten Patienten stellt das Gesundheitssystem im Vorfeld der prähospitalen und klinischen Versorgung bereits vor große Herausforderungen durch die kontinuierliche Vorhaltung von breit und hinreichend tief aufgestellten Ressourcen. Bei einem schweren Schadensfall werden ad hoc personelle, materielle und infrastrukturelle vor finanziellen, materiellen und organisatorischen Herausforderungen wirksam.

Der Blick in das Traumaregister DGU® der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie zeigt, dass die Gruppe der schwerverletzten Patienten trotz verbesserter Sicherheitsmaßnahmen weiterhin eine große Rolle spielt. So wurden im Jahr 2023 im Rahmen der Datenerhebung für das Traumaregister DGU® deutschlandweit 37.590 Patienten erfasst. Grundsätzlich unterscheidet das Traumaregister nach Unfallursachen. Bei im Straßenverkehr verletzten Patienten standen die Autounfälle mit 16,1% an erster Stelle, gefolgt von Fahrradunfällen (11,8%), Motorradunfällen (10,9%) und Verletzungen als Fußgänger (4,9 %). Als weitere Unfallursachen werden der Sturz aus großer Höhe (>3m) mit 14,4 Prozent beziffert, Sturz aus niedriger Höhe (29,0%), Verdacht auf Suizid (4,5%) und Verdacht auf Verbrechen (3,0%).

Von den erfassten Patienten entfielen 84% (31.217) auf das Basis-Kollektiv, auf dessen Grundlage die Auswertung der Zahlen erfolgt. Die Definition des Basiskollektiv umfasst Patienten mit MAIS 3+ (ein maximaler Schweregrad von AIS 3 oder mehr) und Patienten die entweder verstorben sind oder auf der Intensivstation betreut wurden, jedoch ohne MAIS 1. 55% dieser Patienten hatten einen Injury Severity Score

(ISS) ≥ 16 und können damit, im Hinblick auf die international gängige Literatur, als schwerverletzt bezeichnet werden (12). Als lebensgefährlich (schwer) verletzt wurden nach der Berlin-Definition 32% der Patienten eingestuft. Hier werden die Verletzungsschwere (ISS ≥ 16) mit physiologischen Traumafolgen (z.B. Bewusstlosigkeit, Schock, Azidose, Gerinnungsstörung und hohes Alter) kombiniert. Aufgrund verschiedener Klassifikationssysteme gibt es erhebliche Unterschiede in der Definition eines Schwerverletzten. Lefering et al. weisen in ihrer Arbeit aus dem Jahr 2009 darauf hin, dass „die Definition eines „Schwerverletzten“ nicht trivial [ist]“. Der häufig verwendete ISS Score kann auch ein schweres Monotrauma beinhalten. Die Polytraumadefinition nach Tscherne gibt vor, dass multiple Verletzungen vorliegen müssen, von denen eine oder die Kombination der Verletzungen lebensgefährlich ist. Im Kontrast hierzu steht die Definition der Verkehrsunfallstatistik. Hier gelten Unfallbeteiligte ab einem Krankenhausaufenthalt von 24 Stunden als schwerverletzt. Die Autoren verweisen auf unterschiedliche Schweregradklassifikationen, die unterschiedliche Mortalitätsraten und Prävalenzen bedingen. Lefering et al fordern aufgrund der unterschiedlichen Klassifikationen und Scores eine klare Begriffsdefinition des Schwerverletzten (15). Im Rahmen dieser Arbeit werden, der gängigen Literatur folgend und dem Traumaregister entsprechend, Patienten mit einem ISS ≥ 16 als schwerverletzt bezeichnet.

Nicht nur eben beschriebene finale Verletzungsschwere und deren Definition, sondern auch die prähospitalen Einschätzung und die damit verbundenen Alarmierungskriterien für einen Schockraumversorgung sind aufwändig. In einer monozentrischen Studie konnten Spering et al. belegen, dass die Verwendung eines Algorithmus zur Schockraumaktivierung, der Unfallmechanismus wie den Patientenzustand berücksichtigt, die Versorgungsqualität der Traumapatienten verbessern kann (16). Im Zusammenspiel zwischen Rettungsdienst und Notaufnahmepersonal sollte bereits vorab gemäß den aktuell gültigen S3-Leitlinien die Entscheidung getroffen werden, ob eine Schockraumversorgung nötig ist (17).

GoR A	<p>Bei folgenden pathologischen Befunden nach Trauma soll gemäß der S3-Leitlinie aus dem Jahr 2022, das Schockraumteam aktiviert werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • A/B - Problem <ul style="list-style-type: none"> • Atemstörungen (SpO₂ <90%) /erforderliche Atemwegssicherung • AF <10 oder >29 • C - Problem • systolischer Blutdruck <90 mmHg <ul style="list-style-type: none"> • Herzfrequenz >120/min • Schockindex >0,9 • Positiver eFAST • D - Problem <ul style="list-style-type: none"> • GCS ≤12 • E - Problem <ul style="list-style-type: none"> • Hypothermie <35,0°C <p>Bei folgenden Verletzungen oder Maßnahmen nach Trauma soll das Schockraumteam aktiviert werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • instabiler Thorax • Mechanisch instabile Beckenverletzung • Vorliegen von penetrierenden Verletzungen der Rumpf-Hals-Region • Amputationsverletzung proximal der Hände/Füße • Sensomotorisches Defizit nach Wirbelsäulenverletzung • prähospital Intervention (erforderliche Atemwegssicherung, Thoraxentlastung, Katecholamingabe, Pericardiozentese, Anlage Tourniquet)
-------	---

Abbildung 1 Kriterien zur Schockraumaktivierung, GoR A (17)

Als Grad A-Empfehlung zur Schockraumaktivierung werden pathologische Untersuchungsbefunde, spezifische Verletzungsmuster und prähospital Intervention festgelegt.

Im Sinne einer Grad B Empfehlung findet der Traumamechanismus Berücksichtigung.

GoR B	Bei folgenden zusätzlichen Kriterien sollte das Trauma-/Schockraumteam aktiviert werden: <ul style="list-style-type: none">• (Ab)Sturz aus über 3 Metern Höhe• Verkehrsunfall (VU) mit Ejektion aus dem Fahrzeug oder Fraktur langer Röhrenknochen
-------	---

Abbildung 2 Kriterien zur Schockraumaktivierung, GoR B (17)

Verletzungen sind weiterhin die führende Todesursache bei Patienten unter 44 Jahren. Pfeifer et al. (18) konnten in einer Literaturrecherche über PubMed/Medline für den Zeitraum 1980 bis 2015 nachweisen, dass Schädelverletzungen die führende Todesursache nach Trauma sind. Als weitere Letalitätsursachen sind ein massiver Blutverlust sowie eine Kombination aus SHT und Blutverlust zu nennen (19).

Die Letalität im Basiskollektiv des Jahresbericht 2024 – TraumaRegister DGU® für das Unfalljahr 2023 lag bei 7,4%. Die Frühletalität, hier definiert durch ein Versterben innerhalb der ersten 24 Stunden wurde mit 4,7% beziffert. In der Gruppe der lebensgefährlich (schwer) verletzten lag die Mortalität bei insgesamt 21,4%, (12) Unterstrichen werden diese Daten auch durch das statistische Bundesamt in Wiesbaden. Dieses berichtet von 363.109 Verletzten im Straßenverkehr im Jahr 2024, bei 2759 Getöteten. Im Vergleich zum Vorjahr zeigt sich sowohl bei der Gesamtzahl der Verletzten als auch bei den tödlichen Verletzungen ein leichter Rückgang (20).

2.2 Klinische Behandlungsstrategien

Um eine optimale Versorgung von Traumapatienten zu gewährleisten, spielen strukturiertes und zielgerichtetes Handeln eine entscheidende Rolle. Bereits am Unfallort erfolgen eine erste Einschätzung der Patienten und die Entscheidung hinsichtlich des Transportzieles und der damit verbundenen Versorgungsmöglichkeiten. Die Anwendung von standardisierten Handlungsabläufen wie z.B. des xABCDE-Algorithmus im Rahmen des „pre hospital trauma life support“ [PHTLS] und „advanced trauma life support“ [ATLS] hat einen positiven Einfluss auf den Behandlungserfolg und sorgt zudem für eine einheitliche Sprache in der Behandlung von Traumapatienten (21-23).

Im Rahmen der 53 zertifizierten Traumanetzwerke mit 700 angeschlossenen Kliniken aus Deutschland, Österreich, Schweiz, Niederlande, Belgien und Luxemburg (Stand 11.01.2020) werden Krankenhäuser in lokale, regionale und überregionale Traumazentren unterteilt (24). Als Grundlage ist hier das „Weißbuch Schwerverletztenversorgung“ der DGU aus dem Jahr 2019 zu nennen, das Empfehlungen zur Struktur, Organisation und Ausgestaltung der Schwerverletzten-Versorgung enthält. Darin sind auch die Richtlinien der personellen und räumlichen Ausstattung der aufnehmenden Kliniken festgehalten (25). Um eine optimale Behandlung der Patienten sicherzustellen, sollten in der prähospitalen Versorgung nicht nur die Verletzungsschwere korrekt eingeschätzt werden, sondern idealerweise auch die richtigen Schlüsse daraus gezogen werden. Neben der Auswahl des richtigen Transportzieles, sollte der Patient möglichst exakt angekündigt werden, um die passende Versorgung, beginnend mit dem alarmierten, adäquat aufgestellten Schockraumteam im aufnehmenden Krankenhaus zu gewährleisten.

Die Aufnahme und initiale Versorgung des Patienten im Krankenhaus sollten ebenfalls strukturiert erfolgen. Hier hat sich gemäß des Advanced trauma life support-Konzeptes [ATLS] im Rahmen des „Primary Survey“ das xABCDE-Schema bewährt. Ziel von ATLS ist es „prioritätengesteuerte Maßnahmen im Traumamanagement einzuleiten und durchzuführen“ (26). Bereits im Rahmen des ersten Untersuchungsganges dem sogenannten „primary survey“ kommen zusätzliche apparative diagnostische Maßnahmen zur Anwendung. Hier sind insbesondere das *Focussed Assessment with Sonography in Trauma* [FAST] sowie die konventionelle radiologische Diagnostik und indikationsbezogen die *whole body computed tomography* [WBCT] zu nennen (21, 27).

Ruchholtz et al. (28) konnten bereits 1997 nachweisen, dass die Anwendung von Behandlungsleitlinien zu einem „deutlichen Rückgang der Letalität“ im Rahmen der Schockraumversorgung führt. Entscheidend für eine optimale Behandlung des Traumapatienten ist die interdisziplinäre und vernetzte Zusammenarbeit der verschiedenen an der Schwerverletztenversorgung beteiligten Fachgebiete (25).

Ziel muss es sein, kritische Patienten frühzeitig zu identifizieren und der entsprechenden weiterführenden Diagnostik und Behandlung zuzuführen.

2.3 Bestehende Algorithmen zur Bildgebung

Eine entscheidende Rolle in der Bildgebung nimmt das WBCT ein. Bis Ende der 1990er war die CT-Untersuchung aufgrund der eingeschränkten Verfügbarkeit, der möglichen Scanstrecke und der Zeitdauer nur bedingt in Schockraumalgorithmen zu integrieren. Seit Beginn der 2000er schreitet die Entwicklung kontinuierlich voran. Die „European Society of Emergency Radiology“ empfiehlt im Rahmen ihrer Leitlinie aus dem Jahr 2020 zur Bildgebung von Polytraumapatienten die Etablierung von mindestens zwei WBCT-Protokollen (29). Eine Variante soll hinsichtlich Zeit und Genauigkeit optimiert sein, die zweite Variante dosisreduziert für klinisch stabile und orientierte Patienten mit entsprechender CT-Indikation. In Ergänzung zu der S3-Leitlinie „Polytrauma / Schwerverletzten-Behandlung“ hat die Deutsche Röntgengesellschaft eine Protokollempfehlung zur Durchführung eines WBCT abgeben. Diese Empfehlung beinhaltet neben einem zeit- und einem dosisoptimierten Protokoll folgende Empfehlungen hinsichtlich der Scan-Abschnitte:

„1. Scan: Native cCT über das komplette Neurokranium

Ausschluss intrakranieller Blutungen/Verletzungen und Frakturen des Schädels

2. Scan: KM-gestützte, arterielle CT-Angiographie von Orbitadach bis Aortenbogen
Frakturausschluss Mittelgesicht und HWS sowie Ausschluss von Verletzungen der supraaortalen Gefäße

3. Scan: KM-gestützte CT von Thorax/Abdomen/Becken in venöser Phase (kompletter Schultergürtel bis Sitzbein), Ausschluss von Verletzungen des Körperstamms

4. Scan: fakultativer Scan der Beine falls seitens Unfallchirurgie bei klinischem Verdacht auf substantielle Verletzungen der Beine gewünscht, direkt im Anschluss an den Körper-Scan“ (30).

Neben der bereits erfolgten Festlegung von Standards und Algorithmen zeichnet sich auch ein technischer Fortschritt ab. So konnte die Zeitdauer der Untersuchungen und das Auftreten von Bewegungsartefakten durch die Weiterentwicklung der Technik in den letzten Jahren deutlich reduziert werden. Weiterhin kann durch modifizierte Untersuchungsprotokolle die Strahlenbelastung erheblich gesenkt werden (31-33). In signifikant kürzerer Zeit kann heute eine höhere Bildqualität erzielt werden. Eine flächendeckende Verfügbarkeit von Photon-Counting Detektor CT (PCD-CT) kann möglicherweise in der Zukunft zu einer „besseren Dosiseffizienz, Beseitigung von

elektronischem Rauschen und eine Verbesserung der räumlichen Auflösung“ (34) in der Bildgebung nach Trauma führen (35).

Neben den eben beschriebenen technischen Möglichkeiten müssen die Patienten zeitgerecht der jeweils richtigen Bildgebung zugeführt werden. Hierzu bestehen verschiedene Algorithmen, für verschiedene isolierte Körperregionen, die in folgenden Abschnitt dargestellt werden.

Nennenswert sind hier hinsichtlich der Indikation zum CCT die Canadian CT Head Rules (36) aus dem Jahr 2001. Als Kriterien werden ein anhaltender GCS <15 zwei Stunden nach Trauma, ein neurologisches Defizit, offene Schädelfrakturen und Zeichen einer Schädelbasisfraktur genannt. Als weitere Aspekte zur Durchführung werden mehr als zweimaliges Erbrechen, extreme Altersgruppen, eine retrograde Amnesie sowie schwerwiegende Kopfschmerzen angeführt.

Panel 1: Canadian CT Head Rule

CT Head Rule is only required for patients with minor head injuries with any one of the following:

High risk (for neurological intervention)

- GCS score <15 at 2 h after injury
- Suspected open or depressed skull fracture
- Any sign of basal skull fracture (haemotympanum, 'raccoon' eyes, cerebrospinal fluid otorrhoea/rhinorrhoea, Battle's sign)
- Vomiting \geq two episodes
- Age \geq 65 years

Medium risk (for brain injury on CT)

- Amnesia before impact >30 min
- Dangerous mechanism (pedestrian struck by motor vehicle, occupant ejected from motor vehicle, fall from height >3 feet or five stairs)

Minor head injury is defined as witnessed loss of consciousness, definite amnesia, or witnessed disorientation in a patients with a GCS score of 13–15.

Abbildung 3: The Canadian CT Head Rule for patients with minor head injury (37)

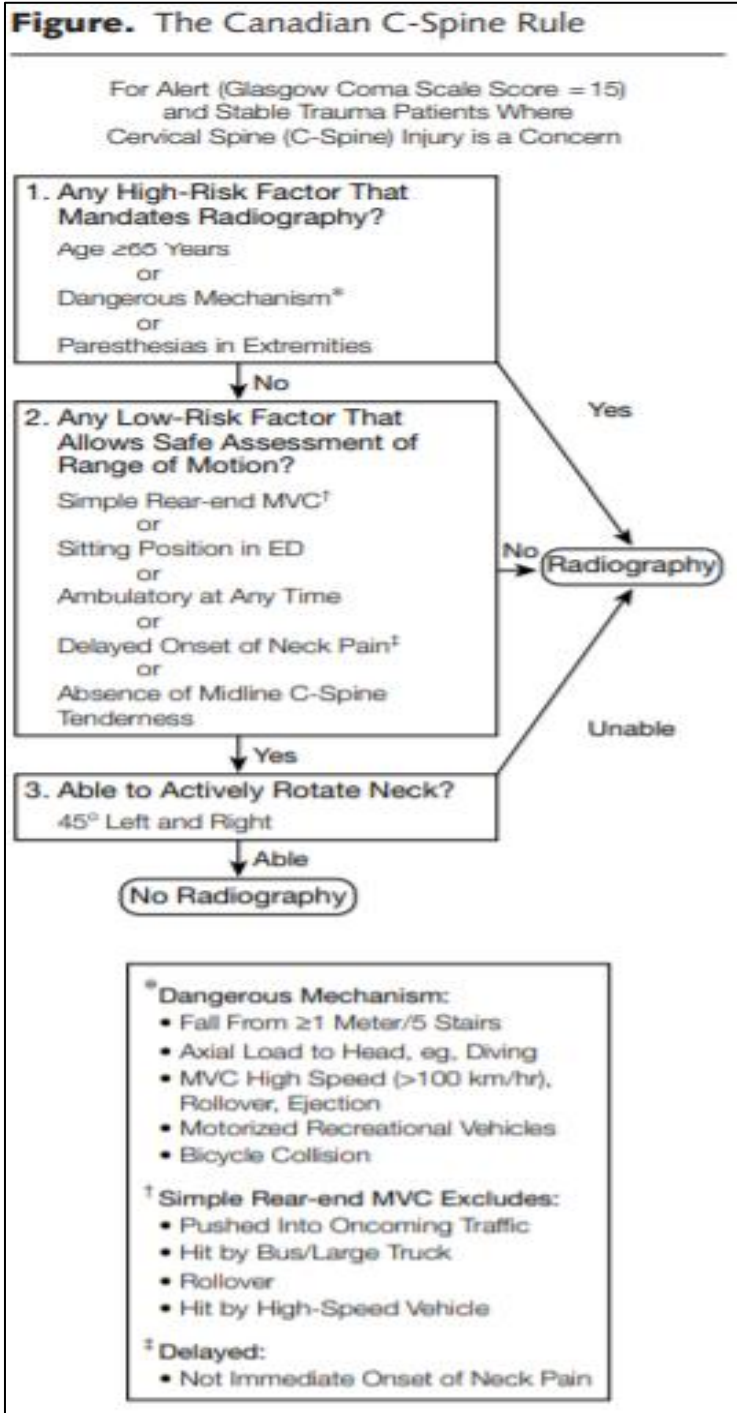


Abbildung 4 The Canadian C-Spine Rules (38)

Kriterien zur Bildgebung der HWS definieren die Canadian C-Spine Rules (38). Hier finden das Patientenalter, der Unfallmechanismus sowie klinische Befunde Berücksichtigung.

Eine weitere Orientierung zur Bildgebung an der HWS bieten die NEXUS-Kriterien aus dem Jahr 1992 (39). Die Autoren empfehlen die Durchführung einer radiologischen Untersuchung der HWS bei Druckschmerz über den Dornfortsätzen, Intoxikation, GCS <15 , fokalem neurologischem Defizit oder anderen ablenkenden Verletzungen.

Bei der Entscheidung zur Durchführung einer Bildgebung der HWS mittels konventionellem Röntgen sollte man sich der Limitationen bewusst sein. Crim et al konnten nachweisen, dass selbst bei einer Röntgenaufnahme der HWS in drei Ebenen nur ca. 60-80% der Frakturen detektiert werden konnten. In der Bildgebung mittels CT konnten 97-100% nachgewiesen werden. Die Limitation des CTs besteht im Nachweis von reinen ligamentären Verletzungen (40). Zudem kommt die konventionell geröntgte HWS, auch bei Durchführung einer „Schwimmeraufnahme“, regelmäßig nicht adäquat / inkomplett zur Darstellung. Die Schwächen der konventionellen Aufnahmen werden hier insbesondere in der Darstellung des cervicothorakalen Überganges beschrieben (41). Bei „relevantem Traumen mit einem hohen Schädigungspotenzial“ sollte eine Darstellung mittels CT erfolgen (42).

Hinsichtlich der Durchführung einer radiologischen Diagnostik des Thorax kann das „Nexus chest decision instrument“ (43) verwendet werden. Dieses findet Anwendung bei Patienten älter als 14 Jahre und stumpfem Trauma.

Ist der Patient älter als 60 Jahre oder liegt ein Dezelerationstrauma mit einem Sturz aus einer Höhe über 6m oder ein Verkehrsunfall >64km/h vor, beklagt der Patient Thoraxschmerzen bzw. äußert er Schmerzen im Rahmen der Thoraxuntersuchung, besteht eine Intoxikation oder ein veränderter Geisteszustand oder eine ablenkende Verletzung, dann kann eine intrathorakale Verletzung nicht ausgeschlossen werden. Liegt keines der oben genannten Kriterien vor, besteht ein geringes Risiko für eine intrathorakale Verletzung und keine Indikation zur Bildgebung mittels konventionellem Röntgen oder CT. Rodriguez et al. (43) konnten darüber hinaus anhand einer prospektiven Studie nachweisen, dass anhand klinischer Kriterien einschließlich einer konventionell radiologischen Diagnostik des Thorax signifikante intrathorakale Verletzungen mit einer hohen Sensitivität ohne Einsatz des CTs nachweisbar sind.

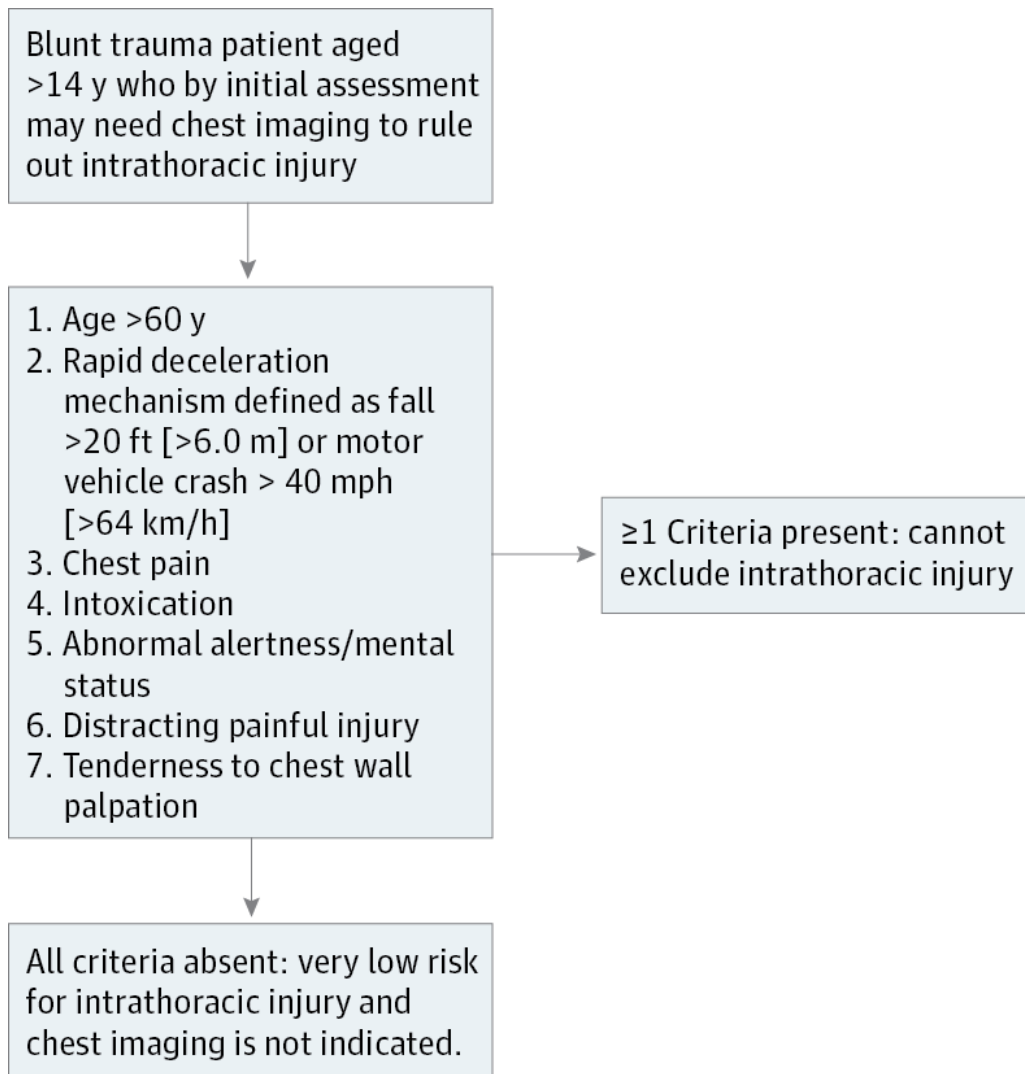


Abbildung 5 NEXUS chest: validation of a decision instrument for selective chest imaging in blunt trauma (43)

Neben den eben dargestellten Indikationen zur Bildgebung einzelner Körperregionen, existieren auch Algorithmen zur Durchführung eines WBCT. Die Indikation für dieses bildgebende Verfahren lässt sich nach Harvey et al. (3) in drei Kategorien einteilen:

der Hochrisiko-Traumamechanismus, sowie anatomische und physiologische Begebenheiten. Als Hochrisiko-Traumamechanismus definieren die Autoren einen Verkehrsunfall mit Tod eines Insassen, Herausschleudern des Patienten, technische Rettung >15 Minuten sowie Fußgänger, Fahrradfahrer und Motorrad vs. Auto sowie einen Sturz >2m und Treppensturz. Als anatomische Entscheidungskriterien werden sichtbare Verletzungen von mehr als zwei Körperregionen, der hochgradige Verdacht auf eine Gefäßverletzung und der hochgradige Verdacht auf eine Rückenmarksverletzung genannt. Als physiologische Indikation finden ein GCS<12,

ein systolischer Blutdruck <90mmHg, eine Herzfrequenz >120/min, Alter >65 Jahre sowie die Einnahme von Marcumar Berücksichtigung.

Uleberg et al. (44) konnten nachweisen, dass die alleinige Betrachtung des Unfallmechanismus nicht ausreicht. Hier zeigte sich, dass bei alleiniger Betrachtung des Traumamechanismus eine Overtriage für die Schockraum-Alarmierung von 93% resultiert. Die Autoren konnten in ihrer Studie aufzeigen, dass ein kombiniertes Protokoll aus anatomischen und physiologischen Begebenheiten unter Einbeziehung des Traumamechanismus eine präzisere Vorhersage zur Notwendigkeit der Aktivierung eines Schockraumteams erzielen kann. Linder et al. (45) konnten in einer retrospektiven Kohortenstudie nachweisen, dass das WBCT die Versorgung der Patienten nach Hochrasanztrauma nicht beeinflusst. Hierzu wurden die Patienten in drei Gruppen eingeteilt: Hohes, mittleres und niedriges Risiko. Als niedriges Risiko wurden diejenigen Patienten klassifiziert, die nicht intoxikiert waren und allenfalls kleinere Verletzungen (AIS ≤1) aufwiesen. Bei keinem der 139 in diese Gruppe eingeschlossenen Patienten konnte im WBCT eine Verletzung nachgewiesen werden. Die Autoren geben an, dass der Verzicht auf eine Bildgebung mittels WBCT, auch bei einem Hochrasanztrauma sicher sei, wenn keine klinischen Zeichen einer schweren Verletzung vorlägen und zudem keine Intoxikation bestünde. Die Beobachtung dieser Patientengruppe mit klinischer Reevaluation anstelle einer Bildgebung sollte erwogen werden, da es sich häufig um junge Patienten handelt, Belabbas et al. (4) analysierten die Ergebnisse der Traumaspirale bei Motorradfahrern, die im Rahmen des Unfalls einer hohen kinetischen Energie ausgesetzt waren, im Rahmen der Schockraumuntersuchung jedoch einen unauffälligen Untersuchungsbefund des Körperstammes sowie einen GCS von 15 präsentierten. Die Definition der kinetischen Elemente folgte den Vittel-Kriterien.

Von 93 eingeschlossenen Patienten zeigten 11 auffällige Befunde im Ganzkörper-CT. Keiner dieser Patienten benötigte eine spezifische Therapie.

Evaluation and Severity Criteria

Physiologic variables

Glasgow Coma Scale score <13

Systolic blood pressure <90 mm Hg

Oxygen saturation <90%

Kinetic elements

Ejection of patient from vehicle

Death of another passenger in vehicle

Fall >6 m

Passenger ejected or crushed

Overall assessment (vehicle deformity, estimated speed, no helmet, no seat belt)

Blast

Anatomic injuries

Penetrating trauma: head, neck, chest, abdomen, pelvis, arm, thigh

Flail chest

Severe burn, smoke inhalation

Smashed pelvis

Suspected spinal cord injury

Amputation at the wrist, ankle, or above

Acute ischemia of a limb

Resuscitation prior to admission

Assisted ventilation

>1000 mL colloid fluids

Catecholamines

Inflated antishock trousers

Predisposition (to be determined)

Age >65 y

Heart or coronary failure

Respiratory failure

Pregnancy (second or third trimester)

Dyscrasia

Note.— The presence of any one criterion defines severe trauma.

Abbildung 6 Vittel-Kriterien (5)

Die Autoren kamen zu dem Schluss, dass die alleinige Betrachtung kinetischer Elemente bei unauffälliger Untersuchung nicht zu einer systematischen Durchführung einer WBCT führen sollte.

Grundsätzlich muss in der Beurteilung des Patienten die spezielle Notfallsituation berücksichtigt werden. Hier spielen unter anderem der mentale Status oder der

Einfluss von Alkohol und Drogen eine Rolle. Diese Faktoren können die Anamneseerhebung von Notfallpatienten erschweren.

Es bleibt festzuhalten, dass die akkurate Erhebung der klinischen Zeichen und der physiologischen Parameter den Schlüssel zum Erkennen von potentiell lebensbedrohlichen Erkrankungen und die Indikation für weitere Diagnostik und Therapie darstellt (46). Trotz Kenntnis der vorliegenden Algorithmen zeigen sich immer wieder unauffällige Befunde im WBCT. Adiotomre et al. (47) konnten in einer retrospektiven Studie (201 Ganzkörperskans) nachweisen, dass 31% der untersuchten Patienten, bei denen initial der Verdacht auf ein Polytrauma bestand, keine Traumafolgen hatten. Bingol et al. (48) konnten im Rahmen ihrer retrospektiven Studie mit 210 Patienten, die sich in einem Zeitraum von 12 Monaten wegen eines stumpfen Traumas in die Notaufnahme vorgestellt und die ein WBCT erhielten, einen Anteil von 38,6% unauffälliger CTs detektieren.

Gründe hierfür könnten in der Überschätzung der Verletzungsschwere, aber auch in der erschwerten körperlichen Untersuchung, sowie in der schnellen Verfügbarkeit einer umfassenden Bildgebung durch eine WBCT, die dem Untersucher das Gefühl von diagnostischer Sicherheit vermittelt, liegen.

2.4 Das WBCT im Rahmen der Schwerstverletztenbehandlung

Huber-Wagner et al. (5) konnten anhand einer retrospektiven Analyse aus dem Traumaregister der DGU belegen, dass Schockraumpatienten, die ein WBCT erhielten, einen signifikanten Überlebensvorteil hatten. Weiterhin konnten die Autoren nachweisen, dass auch für hämodynamisch instabile Patienten ein Überlebensvorteil besteht. Kritisch muss hierzu angemerkt werden, dass die Einteilung in hämodynamisch stabil bzw. instabil lediglich anhand des initialen Blutdrucks im Schockraum vorgenommen wurde und Patienten mit einem systolischen Blutdruck unter 60mmHg ausgeschlossen wurden (49).

Unterstrichen werden diese Daten durch eine Metaanalyse von Jiang et al. (6), die in den Datenbanken PubMed, Cochrane Library database, China biology medical literature database, Web of knowledge, ProQuest, EBSCO, OvidSP und ClinicalTrials.gov. solche Studien auswerteten, bei denen eine konventionelle

Bildgebung mit dem WBCT im Rahmen der Traumaversorgung verglichen wurde. Das primäre Ziel war die Betrachtung der Mortalität. Im Rahmen von elf eingeschlossenen Studien mit insgesamt 26.371 Patienten konnte ebenfalls belegt werden, dass sich eine verminderte Sterblichkeit nach durchgeführtem WBCT zeigt.

Zu einem ähnlichen Ergebnis kommen Tsutsumi et al. (7) im Rahmen der Auswertung der japanischen Trauma Datenbank 2004-2015. Hier wurde retrospektiv Patienten mit stumpfem Trauma analysiert, bei denen mindestens ein auffälliger Vitalparameter (systolischer Blutdruck ≤ 100 mmHg, Herzfrequenz ≥ 120 , Atemfrequenz ≥ 30 oder ≤ 10 oder GCS ≤ 13) vorlag. Die Autoren konnten eine signifikante Assoziation zwischen der Durchführung eines WBCT und einer verminderten innerklinischen Sterblichkeit nachweisen. Sie kommen zu dem Schluss, dass Patienten nach stumpfem Trauma und beeinträchtigten Vitalfunktion von der Durchführung eines WBCT profitieren.

Auch Wurmb et al. (50) teilten die im Schockraum der Uniklinik Würzburg behandelten Patienten in drei Gruppen ein: Traumapatienten, die mit konventionellen bildgebenden Verfahren im Schockraum untersucht worden waren, die nur WBCT erhalten hatten und solche, die mit WBCT untersucht worden waren und bei denen nach „standard operating procedures“ (SOPs) vorgegangen worden war. Sie konnten in ihrer retrospektiven Studie dokumentieren, dass der frühzeitige Einsatz eines WBCT, sowie die Formulierung und Einführung von SOPs im Schockraum zu einer Optimierung des Versorgungsablaufes im Schockraum führen. Zudem konnte die Verweildauer im Schockraum reduziert werden.

Wada et al untersuchten in einer retrospektiven Studie in zwei tertiären Traumazentren in Japan im Zeitraum von 2004 bis 2010 solche Patienten, die eine sofortige operative oder interventionelle Blutungskontrolle benötigten. Insbesondere in der Gruppe der Patienten mit schwerem Trauma (TRISS Ps $< 50\%$) und in der Gruppe der hämodynamisch instabilen Patienten war das erwartete Überleben nach Durchführung eines CTs besser als prognostiziert. In der Gruppe ohne CT entsprach die Überlebensrate der mittels TRISS-Methode prognostizierten. Als mögliche Gründe für die bessere Überlebensrate nennen die Autoren, dass insbesondere bei Mehrfachverletzung aufgrund der erfolgten Bildgebung eine Priorisierung der operativen Versorgung erfolgen kann (51).

Hong et al. (52) definierten als Kriterien zur Durchführung eines WBCT einen Glasgow-Coma-Scale (GCS) <8, initiale hämodynamische Instabilität, einen Sturz aus größerer Höhe, Schussverletzungen des Kopfes oder Körperstammes, Beckenfrakturen und den Verdacht multipler Organverletzungen. Anhand ihrer retrospektiven Studie konnten sie bei Durchführung eines WBCT im Vergleich mit Patienten, die kein Ganzkörper-CT erhielten, eine signifikante Reduktion der Behandlungszeit im Schockraum und im Krankenhaus insgesamt, sowie eine Reduktion der Mortalität nachweisen.

Zu einem anderen Ergebnis kamen Arruzza et al. (53), die in einer Metaanalyse von 12 Studien herleiteten, dass keine signifikante Reduktion der Gesamtmortalität zwischen Patienten, die ein WBCT erhielten und Patienten ohne WBCT bestand. Kritisch anzumerken ist bei dieser Studie, dass sich die Berechnung der Mortalität auf die Gesamtheit aller Patienten bezieht und nicht zwischen den verschiedenen Verletzungsschweren differenziert.

Wierzcholowski et al. (54) zeigten in einer 2020 veröffentlichten Studie auf, dass in einem Kollektiv von 303 Patienten, die ein WBCT erhielten, nur 24,4% einen ISS >15 aufwiesen. Nach Ausschluss der Patienten mit Extremitätenfrakturen betrug der Anteil 20,8%. Dies könnte möglicherweise an einer initialen Überschätzung der Verletzungsschwere liegen. Die Autoren fordern eine kritische Analyse der Indikationsstellung und weisen auf fehlende bewährte Kriterien zur Indikationsstellung der WBCT im Rahmen der Schockraumversorgung hin.

Dass diese individuelle Risiko-Nutzen-Analyse eine wichtige Rolle spielt, zeigt sich bei der Strahlenbelastung, die das WBCT verursacht. Brenner et al. (8) beziffern das zusätzliche additive lebenslange Krebsmortalitätsrisiko durch WBCT mit 0,08%. Tien et al. (55) sprechen von 190 zusätzlichen Krebstoten pro 100.000 WBCTn. Insgesamt besteht bei Traumapatienten durch die diagnostische Strahlenbelastung ein geringes, aber nachweisbares, Krebsrisiko.

Sierink et al. (10) konnten nachweisen, dass Patienten, die initial ein WBCT erhielten, einer signifikant höheren Strahlung ausgesetzt waren - sowohl im Rahmen der Schockraumversorgung, als auch während des gesamten Krankenhausaufenthaltes. Zudem konnte die innerklinische Mortalität bei Durchführung einer WBCT im Vergleich zur konventionellen Röntgendiagnostik nicht reduziert werden. Kritisch muss hierbei jedoch betrachtet werden, dass die Reduktion der Strahlung in der Gruppe, die ein

konventionelles Röntgen mit ergänzender selektiver CT-Untersuchung erhielt, dadurch erzielt worden sein könnte, dass die Patienten in dieser Studie nicht schwer genug verletzt waren. Das Mortalitätsrisiko nach TRISS-Methode wurde mit ca. 7% angegeben. Etwas über ein Drittel der Patienten erfüllte nicht die hier verwendete Definition des Polytraumas. Abschließend forderten die Autoren eine genauere Selektion von Patienten, die von einer WBCT profitieren. Perspektiv ist im Bereich der Strahlenbelastung durch die Einführung des Photon-Counting Detektor CT (PCD-CT) mit einer Verbesserung zu rechnen.

Als Vorteil der frühen CT-Diagnostik mit Kontrastmittel sollte die schnelle Visualisierung potentiell lebensbedrohlicher Zustände gewertet werden. Bereits das Topogramm ermöglicht eine sofortige Intervention z.B. bei Fehllage des Tubus oder Vorliegen eines Spannungspneumothorax (56).

Zur Einordnung des WBCT ist es zudem erforderlich, einen Vergleich mit alternativen Untersuchungsmethoden zu bemühen. Linsenmaier und Schueller geben erhebliche Limitationen des konventionellen Röntgens sowie der Sonografie zu bedenken. Lungenkontusionen, Lacerationen und vaskuläre Verletzungen und solche des Herzens ebenso wie Verletzungen des thorakalen Skeletts lassen sich nicht oder nur unzureichend darstellen. Gleiches gilt für die Darstellung von Organverletzungen und Verletzungen des Gefäßsystems (57).

Körner et al. (58) benennen hier insbesondere Schwierigkeiten bei der sonografischen Diagnostik des Pankreas. Durch die Überlagerung der Darmgase besteht allenfalls eine eingeschränkte Beurteilbarkeit. Zwar beziffern die Autoren die Zahl der Pankreasverletzungen mit <2% der Patienten mit Abdominaltrauma, geben aber die hohe Mortalität und Morbidität der Verletzungen zu bedenken.

Eine geringe Sensitivität des abdominalen Ultraschalls sowohl bei der Detektion freier Flüssigkeit als auch beim Nachweis von Organläsionen konnten Stengel et al. (59) in ihrer Metaanalyse nachweisen.

Nagarsheth et al. (60) konnten in einer prospektiven Studie belegen, dass nur 32% der im CT detektierten Pneumothoraces im konventionellen Röntgen des Thorax sichtbar waren, 82% waren im Ultraschall nachweisbar.

In einer Studie aus dem Jahr 2017 waren 59% der im CT dokumentierten Pneumothoraces im eFAST erkannt worden. In der Gruppe derer, die eine Behandlung mittels Thoraxdrainage benötigten, konnten nur 81% sonografisch nachgewiesen werden. Die Pneumothoraces, die ausschließlich im CT zu sehen waren, waren jedoch signifikant kleiner und befanden sich in atypischen Lokalisationen, verglichen mit denen, die im eFAST detektiert werden konnten (61). Beiden Studien zeigen die Limitationen der Untersuchung mittels Röntgen und Sonografie auf.

Zu diskutieren ist zudem die Ungenauigkeit der klinischen Untersuchung. Im Rahmen einer prospektiven Studie durch Salim et al. (62) wurde das CT von 592 Patienten analysiert, die in der klinischen Untersuchung keine sichtbaren Verletzungen des Thorax oder Abdomens aufwiesen, hämodynamisch stabil waren und eine unauffällig Untersuchung des Abdomens aufwiesen. Die Patienten präsentieren sich zudem neurologisch unauffällig, wiesen jedoch einen relevanten Unfallmechanismus auf. Klinisch signifikante Befunde fanden sich bei 3,5% der CCTs, bei 5,1% der CT Untersuchung der HWS, bei 19,6% des CT Thorax und bei 7,1% der CT Abdomen. Insgesamt wurde das Behandlungsregime durch die gefundenen Befunde bei 18,9% der Patienten geändert.

Ein weiterer Aspekt einer CT-Untersuchung im Rahmen der Schockraumversorgung ist die Detektion traumaunabhängiger Befunde sein: Ruessler et al. (63) konnten in einer retrospektiven Analyse nachweisen, dass bei 50,9% der Patienten ein oder mehrere Zufallsbefunde erhoben werden konnten. 27,1% der Patienten benötigen hierfür eine Behandlung oder eine Verlaufskontrolle. Insbesondere bei diesen Patienten besteht ein zusätzlicher Benefit durch die im Rahmen der Schockraumversorgung erfolgte CT-Kontrolle. Treskes et al. (64) konnten ebenfalls im Vergleich des WBCT mit selektivem CT-Untersuchungen eine signifikant höhere Rate an traumaunabhängigen Verletzungen belegen. Im Rahmen des Ganzkörper-CTs konnten bei 43% der Patienten Zufallsbefunde erhoben werden, von denen 42% als klinisch relevant gewertet wurden.

2.5 Kritische Betrachtung

Das WBCT spielt in der Diagnostik wie Behandlung von Traumapatienten eine maßgebliche Rolle. Dennoch sollte die Entscheidung zur Durchführung für jeden Patienten individuell abgewogen werden und anhand von exakt definierten

Algorithmen erfolgen, da die Entscheidung zur Schockraumbehandlung nicht mit der Durchführung eines WBCT gleichzusetzen ist.

Trotz der dargestellten Vorteile des WBCT im Rahmen der Schockraumbehandlung, sollten überflüssige CT-Untersuchungen vermieden werden. Dies gilt unter anderem dann, wenn sie keine Konsequenzen für die weitere Behandlung haben oder eine vergleichbare diagnostische Sicherheit mit anderen Mitteln erzielt werden kann.

Ein Beispiel hierfür ist das Erkennen der Fehllage des Tubus und des Spannungspneumothorax, die von Geyer et al. (56) als Vorteil des WBCT aufgeführt wurden. Hier stellt sich die Frage, ob eine detaillierte klinische Untersuchung und die Verwendung weiterer Hilfsmittel, wie des Stethoskops oder der Kapnometrie, ohne oder mit einer geringeren Strahlenbelastung den gleichen Erfolg zeigen. So wäre im Rahmen des „primary survey“ des ATLS (65) bei Verdacht auf eine Thoraxverletzung die frühzeitige Durchführung einer konventionellen Röntgenaufnahme eine alternative Möglichkeit. Dies ermöglicht ein schnelleres Handeln durch frühzeitiges Erkennen und kann möglicherweise die Strahlenbelastung reduzieren.

Bei der Durchführung eines WBCT spielt die Strahlenbelastung eine wichtige Rolle. Gefährdet durch eine hohe diagnostische Strahlenbelastung sind Kinder und jüngere Patienten mit kurativem Therapieansatz. Eine signifikante Dosisreduktion kann durch auf die Fragestellung optimierte Protokolle erfolgen. Dabei handelt es sich um eine optimale Abstimmung von für die jeweilige Fragestellung adäquater Bildqualität und maximal erreichbarer Dosisreduktion (66).

Ein weiterer Aspekt ist eine vermeintliche diagnostische Sicherheit nach durchgeführtem CT. Maung et al. (67) konnten in einer prospektiven Multicenterstudie nachweisen, dass bei 23,6% der Patienten mit persistierenden Cephalgien oder fehlender Möglichkeit der klinischen Reevaluation, in einem nachträglich durchgeführtem MRT bei zuvor negativem CT, Traumafolgen nachgewiesen werden konnten. Es zeigten sich ligamentäre Verletzungen, Weichteilschwellungen, Verletzungen der Bandscheibe sowie durale Hämatome. Bei 1,4% der Patienten erfolgte im Anschluss eine operative Intervention.

Sierink et al. (10) untersuchten in einer multizentrischen, prospektiven, randomisierten, kontrollierten Studie im Zeitraum April 2011 bis Januar 2016, ob es einen Mortalitätsunterschied zwischen WBCT und konventionellem Röntgen und

ergänzender selektiver CT-Untersuchung gibt. Hier konnte kein statistisch signifikanter Unterschied hinsichtlich der Krankenhausmortalität zwischen den untersuchten Gruppen nachgewiesen werden, wobei hier erneut die bereits angesprochene Kritik, einer möglicherweise nicht hinreichenden Verletzungsschwere, zum Tragen kommt.

Neben der Detektion der Verletzungen bleibt ein weiteres Problemfeld, die klinische Konsequenz der nachgewiesenen Befunde.

Vorausgegangene Studien haben gezeigt, dass bei 10 – 24% der Patienten mit stumpfem Trauma, die eine CT-Diagnostik erhalten, eine intraabdominelle Traumafolge nachgewiesen werden konnte. 64 Prozent erhielten im Anschluss jedoch keine spezifische Therapie. Die Autoren merkten an, dass die Ergebnisse der klinischen Untersuchung eines Patienten nur in einer geringen Prozentzahl Auswirkungen auf die Durchführung eines CTs haben. Bemängelt wird insbesondere, dass die klinische Untersuchung nicht zuverlässig diejenigen Patienten identifiziert, die eine intraabdominelle Verletzung erlitten haben. Kritisch zu beurteilen ist, dass nur diejenigen Patienten untersucht wurden, die eine CT-Untersuchung erhielten. Weitere Faktoren wie der Traumamechanismus oder die Ergebnisse der vorausgegangenen Ultraschall-Untersuchung wurden zudem nicht berücksichtigt (68). Es stellt sich somit die Frage, ob eine weiterführende Analyse unter Einschluss der Sonografie und zusätzlicher Betrachtung der Patienten ohne CT-Bildgebung zum selben Ergebnis gekommen wäre.

Topp et al. (11) verglichen anhand des Traumaregisters DGU[®] solche Patienten, die zunächst ein konventionelles Röntgen und im Anschluss eine WBCT erhielten mit denjenigen, bei denen sofort eine CT-Diagnostik durchgeführt wurde. In beiden Gruppen wurde zuvor ein FAST durchgeführt. In beiden Gruppen zeigte sich eine vergleichbare Mortalität. Darüber hinaus zeigte sich, dass für diejenigen mit primärem CT eine kürzere Verweildauer im Schockraum bestand, die Zeit bis zur weiteren Behandlung einschließlich ICU und Operationsaal gleich war. Weiterhin bemerken die Autoren, dass im Untersuchungszeitraum von 1993-2009 nur in 21% der überregionalen Traumazentren und in 5% der regionalen Traumazentren das CT direkt im Schockraum verfügbar war. In den Fällen der relevanten räumlichen Dislokation könnte eine vorab durchgeführte konventionelle Diagnostik zu einer schnelleren Durchführung notwendiger Maßnahmen wie die Anlage einer Thoraxdrainage führen.

2.6 Fazit

In Zusammenschau der aktuellen Literatur ist das WBCT ein elementarer Bestandteil der frühen Diagnostik bei der Versorgung von Traumapatienten. Insgesamt bestehen mehrere, oft nur Teilgebiete umfassende, Algorithmen, die zur Entscheidungsfindung hinsichtlich der durchzuführenden Diagnostik beitragen.

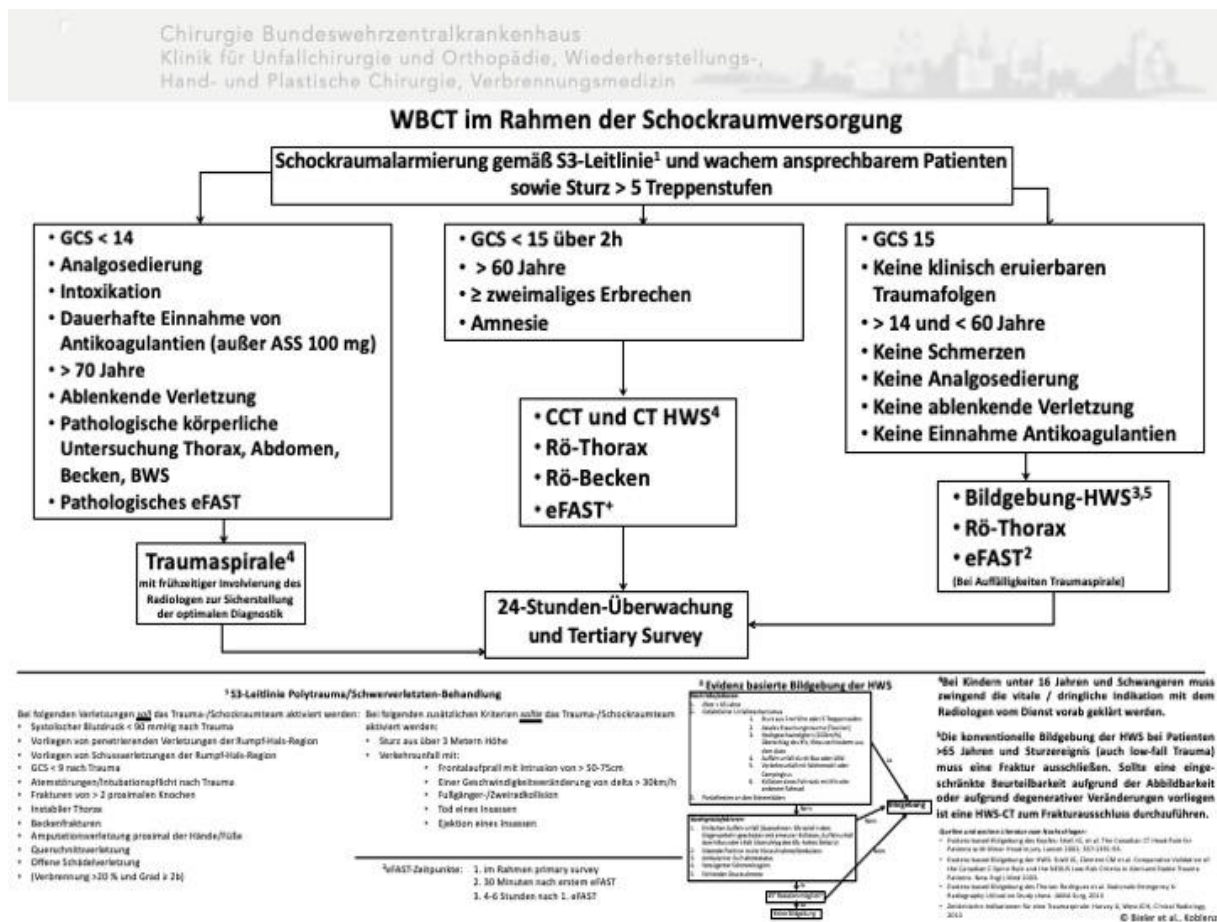
Um eine bessere Handlungssicherheit zu gewährleisten, wurden die bestehenden Algorithmen zusammengefasst und im Schockraum des Bundeswehrzentralkrankenhauses visualisiert. Ziel war es, die Handlungssicherheit bei der Indikation zur WBCT zu geben. Insbesondere galt es, die Patienten zu selektieren, die mit hoher Wahrscheinlichkeit einen negativen Befund in der WBCT zeigen.

3. Material und Methoden

3.1 Studiendesign

Bei der vorliegenden Studie handelt es sich um eine retrospektive, statistische Auswertung von im klinischen Alltag erhobenen Daten.

Es erfolgte zunächst die retrospektive Betrachtung der im Zeitraum vom 01.03.2014 bis zum 31.03.2015 im Schockraum des Bundeswehrzentralkrankenhauses behandelten Patienten. Am 31.03.2015 wurde ein Handlungsschema zur Indikationsstellung für ein WBCT im Schockraum visualisiert. Retrospektiv erfolgte nun im Zeitraum vom 01.04.2015 bis einschließlich 28.02.2016 die Auswertung der im Schockraum behandelten Patienten.



3.2 Kollektiv

Im Rahmen des innerklinischen Krankenhausinformationssystem (KIS) besteht die Möglichkeit, Patienten die über den Schockraum aufgenommen wurden, entsprechend zu markieren. Im Rahmen einer Analyse der dort eingegebenen Daten zeigte sich, dass im Zeitraum 01.03.2014 bis zum 31.03.2015 insgesamt 479 Patienten und im Zeitraum vom 01.04.2015 bis einschließlich 28.02.2016 insgesamt 403 Patienten über den Schockraum aufgenommen wurden.

3.3 Methodik

Über das Zentral- und das Ambulanzarchiv des BwZKrhs Koblenz wurden die Akten anhand der individuellen Fallnummer angefordert und retrospektiv erfasst. Die Daten wurden aus den dort vorliegenden Dokumenten, einschließlich des Notarztprotokolls und des Entlassungsbriefes, übernommen. In der Akte fehlende Daten wurden, soweit möglich, mittels KIS-Informationen ergänzt. Nicht zu ermittelnde Werte und Daten wurden als unbekannt erfasst.

Ausgeschlossen wurden internistische Patienten sowie Patienten, die bereits zuvor in einem anderen Krankenhaus aufgrund des desselben Traumas behandelt wurden oder unmittelbar nach der Schockraumbehandlung ohne stationäre Aufnahme in ein anderes Krankenhaus verlegt wurden.

Die Erfassung der Daten erfolgte anhand eines anonymisierten Datenerfassungsbogen, der im Anschluss zunächst mittels Microsoft Access® 2010 erfasst und im Verlauf in SPSS® überführt wurde.

Alter: _____ Geschlecht: m w Traumaleader: UCH ACH Anästhesie

Präklinik _____ Facharzt

NACA Score: _____ GCS: _____ Puls: _____ Blutdruck: _____ Sättigung: _____ RTH NA RettAss alleine

Unfallmechanismus: Sturz Höhe: _____ Geschwindigkeit > 50km/h bekannt:
 Verkehrsunfall Motorrad Geschwindigkeit > 30 km/h bekannt:
 Fahrrad Helm getragen
 Fußgänger

Pferd
 körperliche Auseinandersetzung
 Sonstige:

Maßnahmen durch Notarzt: Dormicum Ketanest Opiate Intubation Sonstige

Schockraum

Klinik: GCS: _____ Puls: _____ Blutdruck: _____ Sättigung: _____ Temperatur: _____ Erbrechen Sonstige: _____

Abwehrspannung auffällige Auskultation Instabiles Becken/Thorax Prellmarken/Schürfwunde wo:

Fast: ja auffällig nein keine Traumaspirale

Befund Traumaspirale: Thorax: _____ Therapie: _____

Daten der Traumaspirale: Intraabdominell: _____ Therapie: _____

Dosis: Becken: _____ Therapie: _____

Wirbelsäule: _____ Therapie: _____

ISS: Schädel: _____ Therapie: _____

Sonstige: _____ Therapie: _____

unauffällig Aufnahme des Patienten: ja Intensivtherapie nein:

Klinik

Weitere Diagnostik bei auffälligem Befund innerhalb der ersten 48 h

Re-Fast: ja auffällig mit therapeutischer Konsequenz nein Röntgen nachträgliches CT

Abbildung 8 Zur anonymisierter Datenerfassung verwendeter Fragebogen

Insgesamt konnten 588 Patienten mit traumatisch initiiertem Schockraum eingeschlossen werden, hiervon wurden 332 vor und 256 nach dem 31.03.2015 behandelt.

In der Gruppe „Sturz“ wurden sämtliche Sturzereignisse subsummiert, unabhängig von der Sturzhöhe, diese wurde separat erfasst. Weiterhin erfasst und ausgewertet wurden Treppenstürze und Unfälle als Radfahrer oder Fußgänger. Eine eigene Gruppe stellten die Verletzungsfolgen durch körperliche Auseinandersetzungen dar. Unter „Pferd“ wurden alle Unfälle, die im Zusammenhang mit Pferden stehen, zusammengefasst. Es handelt sich um Verletzungen beim generellen Umgang mit Pferden.

Unter „Sonstige“ fielen unter anderem Sportverletzungen und Schussverletzungen.

3.4 Statistische Methoden

Die erhobenen Daten wurden digital mittels Microsoft Access® erfasst. Die erfassten Angaben wurden mit Microsoft Excel® und SPSS Statistics® 23, einem modular aufgebauten Programm zur statistischen Analyse von Daten, aufgearbeitet. Die Textverarbeitung erfolgte mittels Microsoft Word.

Es wurden so relative und absolute Häufigkeiten sowie Standardabweichung, Mittelwert, Median, Range und Varianz im Sinne der deskriptiven Statistik ermittelt. Die graphische Darstellung erfolgte mittels Boxplots und Säulendiagrammen. Säulendiagramme wurden zur besseren Übersichtlichkeit bei einer höheren Anzahl zu vergleichender Elemente verwendet. Bei der Darstellung eines Parameters kamen Box-Plots zur Anwendung.

Zur Ermittlung der Ergebnisse wurden Kreuztabellen erstellt. Der Vergleich von Häufigkeitsunterschieden zweier Merkmale mit je zwei Ausprägungen erfolgte mittels Chi-Quadrat-Test, wenn die zu erwartende Häufigkeit des Merkmals >5 betrug. Als Nullhypothese gilt eine homogene Verteilung innerhalb der Summenzeilen.

Die Darstellung der statistischen Methoden erfolgt mittels des „Basiswissen Medizinische Statistik (Springer-Lehrbuch)“ (69).

Chi-Quadrat-Test

Der Chi-Quadrat-Test untersucht die Unabhängigkeit von zwei verschiedenen Merkmalen. Der Chi-Quadrat-Vierfeldertafel liegen Häufigkeiten für das Auftreten von

vier Merkmalskombinationen zugrunde. Als Nullhypothese wird angenommen, dass es zwischen den verschiedenen Ausprägungen keine Unterschiede gibt.

Als Beispiel wird die Geschlechtsverteilung innerhalb der beiden Vergleichsgruppen dargestellt.

	weiblich	männlich	gesamt
Vor 31.03.2015	124 (37,3%) a	208 (62,7%) b	332 n1=a+b
Nach 31.03.2015	76 (29,7%) c	180 (70,3%) d	256 n2=c+d
gesamt	200 a+c	388 b+d	588 n=a+b+c+d

Tabelle 2 Vierfeldertafel mit Zusammenhang Beobachtungszeitraum und Geschlecht

Ziel der Analyse ist die Frage, ob die Verteilung der Geschlechter vom Betrachtungszeitraum abhängt. Die Nullsummenhypothese lautet: Die Verteilung der Geschlechter ist unabhängig vom Beobachtungszeitraum.

Aus Tabelle 1 lässt sich die Prüfgröße mit folgender Formel berechnen:

$$\chi^2 = \frac{n \cdot (ad - bc)^2}{(a + b)(a + c)(c + d)(b + d)}$$

Das Signifikanzniveau der zweiseitigen asymptotischen Signifikanz wird mit $p < 0,05$ angegeben. Wendet man die Formel auf die Daten aus Tabelle 1 an, ergibt sich für den Chi-Quadrat-Test nach Pearson ein Wert von 0,052, er ist somit statistisch nicht signifikant. Eine Homogenität kann nachgewiesen werden.

Exakter Test nach Fisher

Kann der Chi-Quadrat-Test nicht zur Anwendung kommen, weil die erwarteten Häufigkeiten zu klein sind, wurde der exakte Test nach Fisher zur Prüfung der Nullhypothese durchgeführt. Der p-Wert als Prüfgröße wird hierbei direkt berechnet.

t-Test für unverbundene Stichproben

Vor Durchführung des t-Tests für unverbundene Stichproben, erfolgte der Levene-Test auf Varianzgleichheit. Im Anschluss wurde dann der Mittelwert der beiden Stichproben

verglichen. Als Nullhypothese wird angenommen, dass es keinen Unterschied zwischen den Mittelwerten der Vergleichsgruppen gibt.

Box-Plot

Als graphische Darstellung wurden u.a. Box-Plots (Box-Whisker-Plots) verwendet. Die mittig gelegene Box wird vom 1. und 3. Quartil begrenzt, ein breiter Strich markiert den Mittelwert. Mittels der von der Box ausgehenden Striche (Whiskers) werden Minimum und Maximum dargestellt. Einzelne Ausreißer werden mittels Punkten dargestellt, um die Whiskers nicht unnötig zu verlängern.

4. Ergebnisse

4.1 Altersverteilung

Die insgesamt 588 Patienten hatten eine Altersverteilung von 11 – 95 Jahren. Im Untersuchungszeitraum vor dem 31.05.2015 lag das mittlere Alter der 332 eingeschlossenen Patienten bei 46,9 Jahren (Median 45,5, Minimum 11, Maximum 95). Im Zeitraum nach dem 31.03.2015, bei insgesamt 256 eingeschlossenen Patienten, lag der Altersdurchschnitt bei 47,3 Jahren (Median 48,0, Minimum 13, Maximum 94). Hinsichtlich des Alters besteht kein signifikanter Unterschied in den beiden Patientenkollektiven (p-Wert 0,120).

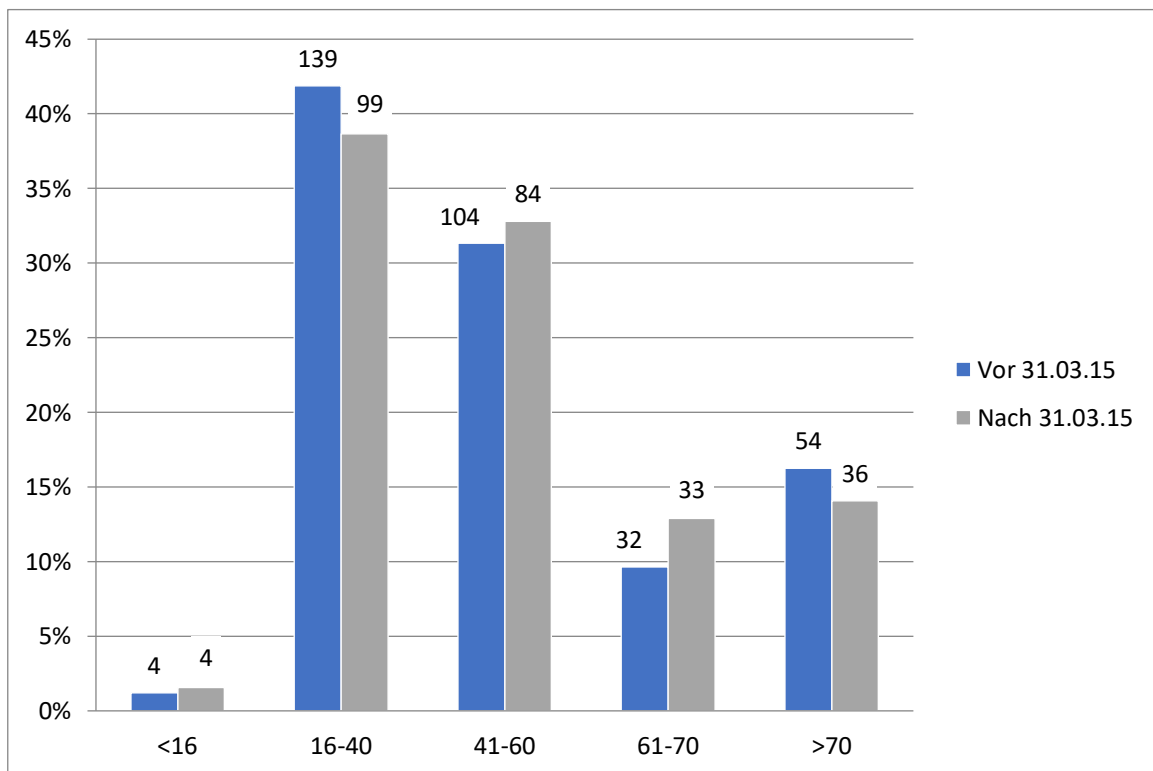


Abbildung 9 Altersverteilung in Prozent nach Untersuchungszeiträumen

4.2 Geschlechterverteilung

Von den eingeschlossenen Patienten waren im Zeitraum vor dem 31.03.2015 208 männlichen Geschlechtes, 124 weiblich. Das Verhältnis männlich zu weiblich betrug 1,7:1. Nach dem 31.03.2015 waren 180 männliche Patienten eingeschlossen, bei 76 weiblichen, das Verhältnis lässt sich somit mit 2,4:1 beziffern.

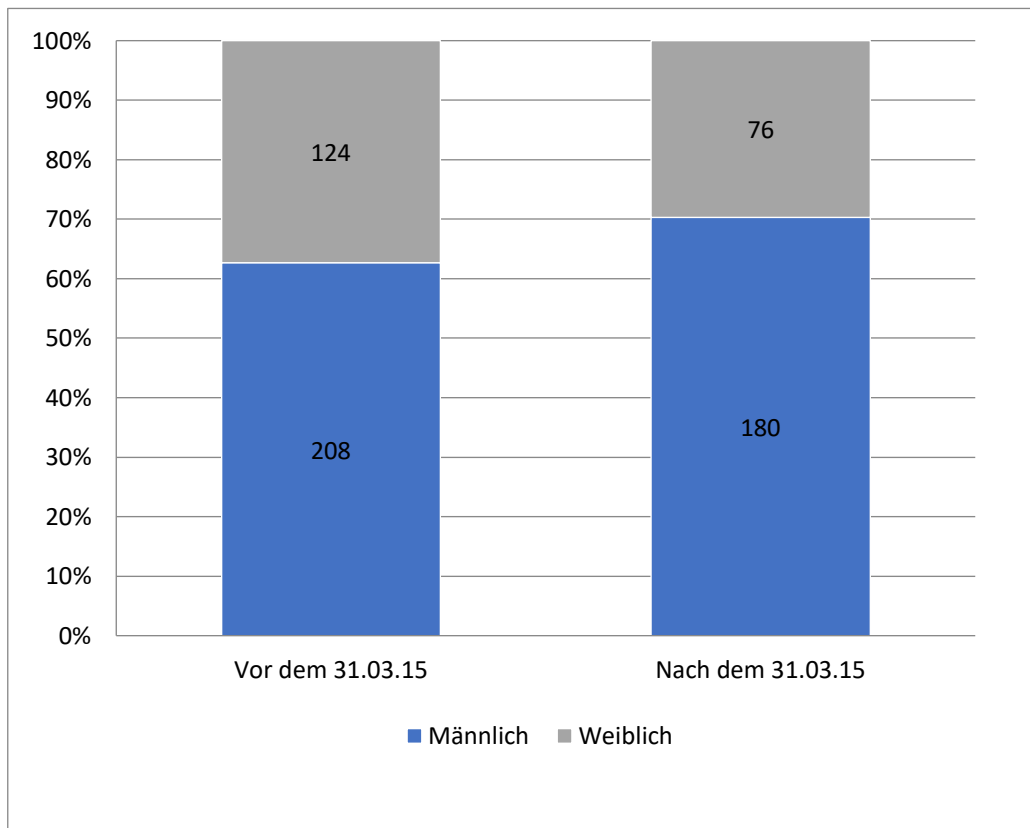


Abbildung 10 Geschlechterverteilung in Prozent nach Untersuchungszeiträumen

4.3 Unfallursachen

Die Hauptursache für die Behandlung im Schockraum des BwZkrhs Koblenz stellte in beiden Vergleichsgruppen der PKW-Unfall dar. Hier wurden alle Insassen des PKW unabhängig von der Geschwindigkeit des Fahrzeugs und der Art der Kollision zusammengefasst.

Vor Etablierung des Algorithmus war die zweithäufigste Unfallursache der Sturz, gefolgt von Motorradunfällen. In der Vergleichsgruppe nach Etablierung des Algorithmus stellte die Gruppe der verunfallten Motorradfahrer den zweitgrößten Patientenanteil, gefolgt von Sturzereignissen.

Bei ca. 2% der Patienten in beiden Kollektiven konnte der Unfallmechanismus nicht geklärt werden oder wurde nicht dokumentiert.

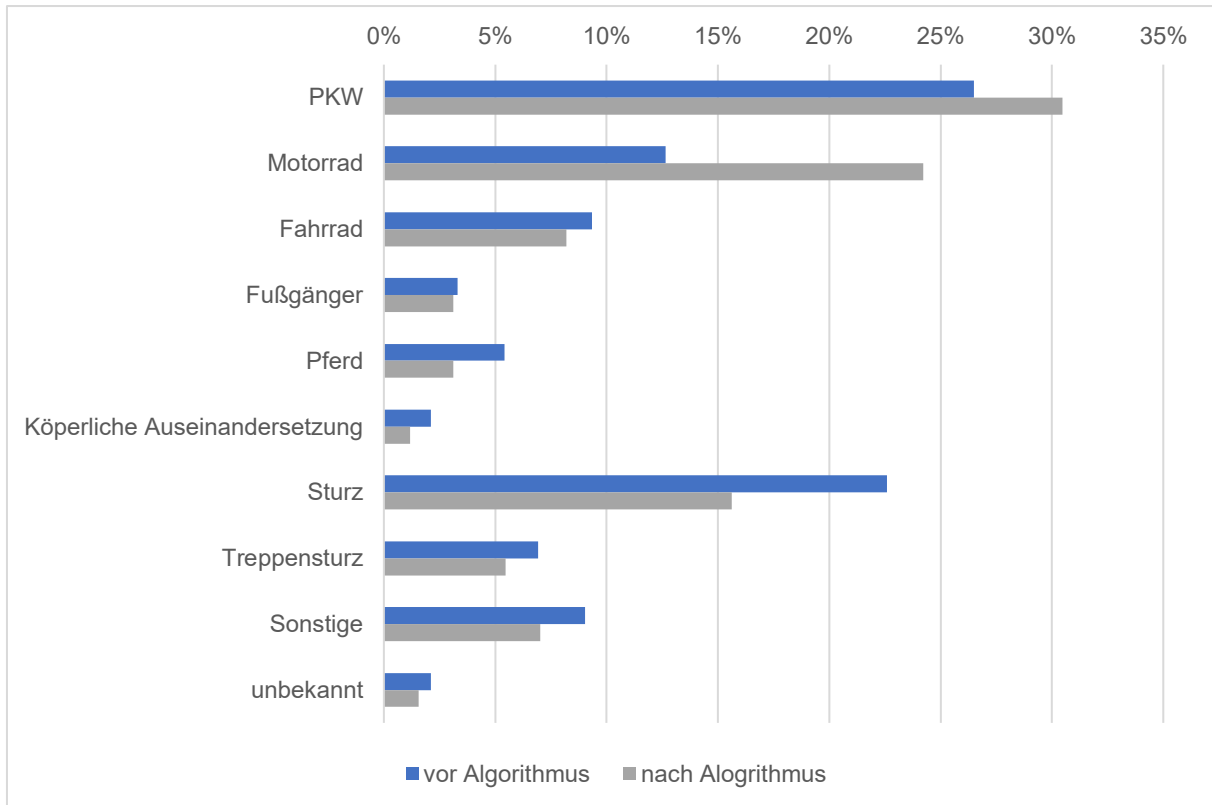


Abbildung 11 Verteilung der Unfallursachen den Patientenkollektiven

4.4 Initiale Verletzungsschwere

Anhand der Protokolle des Rettungsdienstes konnten vor dem 31.03.2015 bei 62,7% der Patienten der NACA-Score und GCS dokumentiert werden, in der zweiten Vergleichsgruppe bei 75,4%. Vor dem 31.03.2015 lag der Mittelwert des NACA Scores bei 3,66 (Median 4,0, Minimum 1,0, Maximum 6,0), der mittlere GCS wurde mit 13,41 (Median 15,0, Minimum 3,0, Maximum 15,0) beziffert. Im zweiten Patientenkollektiv lag der Mittelwert des NACA-Scores bei 3,57 (Median 4,0, Minimum 2,0, Maximum 6,0). Der durchschnittliche GCS lag bei 13,41 (Median 15,0, Minimum 3,0, Maximum 15,0). Es liegt damit weder beim NACA-Score ($p=0,856$) noch bei initialem GCS ($p=0,109$) ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Vergleichsgruppen vor.

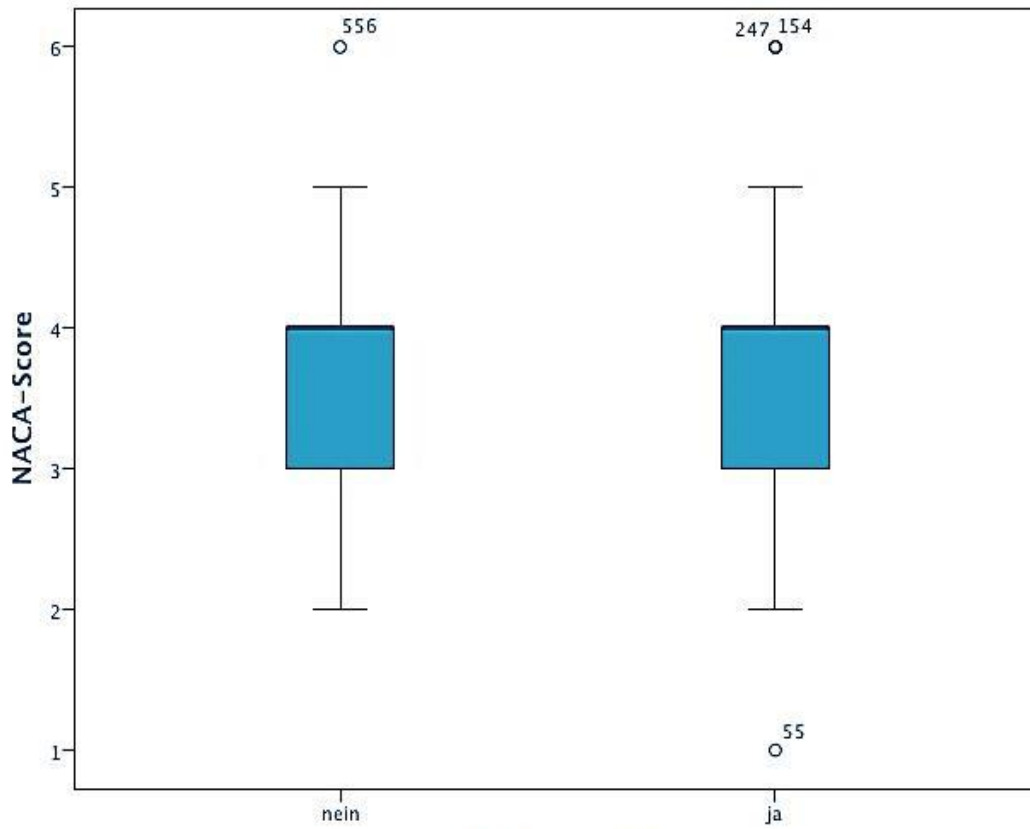
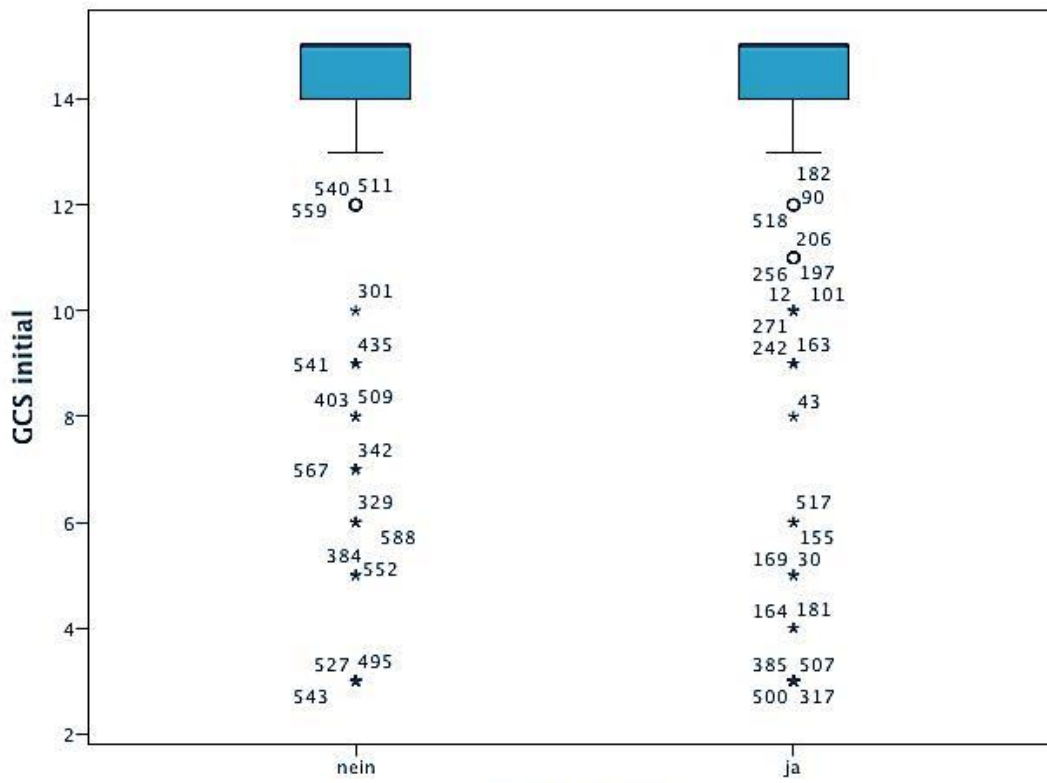


Abbildung 12 NACA-Score nach Vergleichsgruppe



Vor 31032015

Abbildung 13 Initialer GCS nach Vergleichsgruppe

4.5 Klinische Befunde

In den beiden Vergleichsgruppen bestanden keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich prähospitaler Sättigung, prähospitaler Herzfrequenz, systolischem Blutdruck im Schockraum, Herzfrequenz im Schockraum, Sättigung im Schockraum oder gemessener Temperatur.

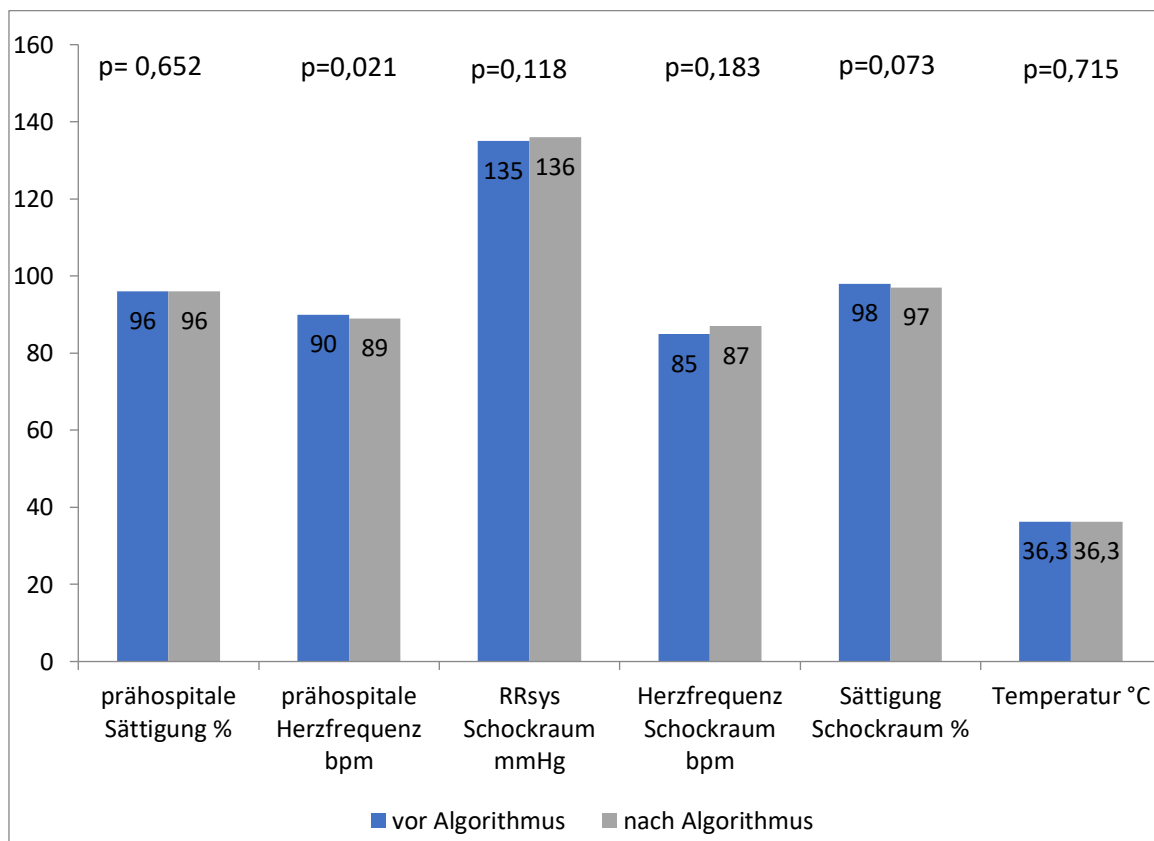


Abbildung 14 Prähospitaler Befund und Schockraumbefunde nach Vergleichsgruppe

4.6 Verletzungsschwere (ISS)

Die Verletzungsschwere gemessen mit dem ISS betrug vor dem 31.03.15 im Mittel 8,38 (Median 4,00, Minimum 0, Maximum 75,0), nach dem 31.03.15 11,00 (Median 5,00, Minimum 0, Maximum 66,0). Der größte Anteil der im Schockraum behandelten Patienten war nicht oder nur leicht verletzt und wies einen ISS von 0-1 auf. Vor Etablierung des Algorithmus war insgesamt 64 Patienten mit einem ISS von ≥ 16 schwerverletzt, 31 hiervon wiesen einen ISS von ≥ 25 auf. In der zweiten Vergleichsgruppe war insgesamt 81 Patienten mit einem ISS ≥ 16 schwerverletzt, 32 Patienten erreichen einen ISS ≥ 25 . Bei Varianzheterogenität zeigt sich ein signifikanter

p-Wert von 0,01, es besteht somit ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen.

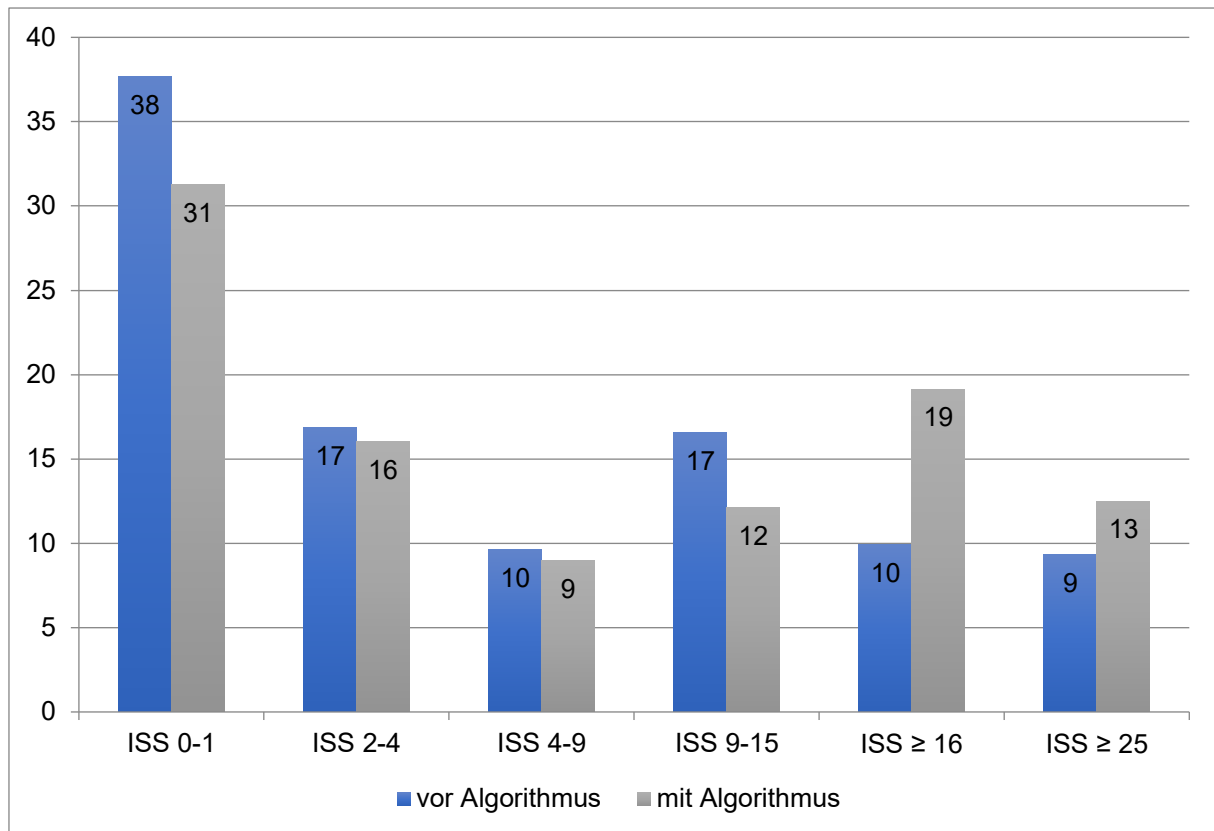


Abbildung 15 Verteilung der ISS der beiden Patientenkollektive in Prozent

4.7 Diagnostik im Rahmen der Schockraum-Untersuchung

Im Patientenkollektiv vor dem 31.03.2015 erhielten 206 Patienten im Rahmen der initialen Diagnostik ein WBCT, dies entspricht einem prozentualen Anteil von 62,05%. Nach Einführung des Algorithmus wurde bei 187 Patienten ein Ganzkörper-CT durchgeführt, demnach liegt der Anteil in dieser Vergleichsgruppe bei 73,05%. Analysiert man die durchgeführten WBCT in Bezug auf die Verletzungsschwere, zeigt sich, nach Etablieren des Algorithmus ein Anteil von 41,18% der WBCT auf Schwerverletzte mit einem ISS ≥ 16 . In der Vergleichsgruppe vor Etablieren des Algorithmus entfiel 29,13% auf die Gruppe der Schwerverletzten.

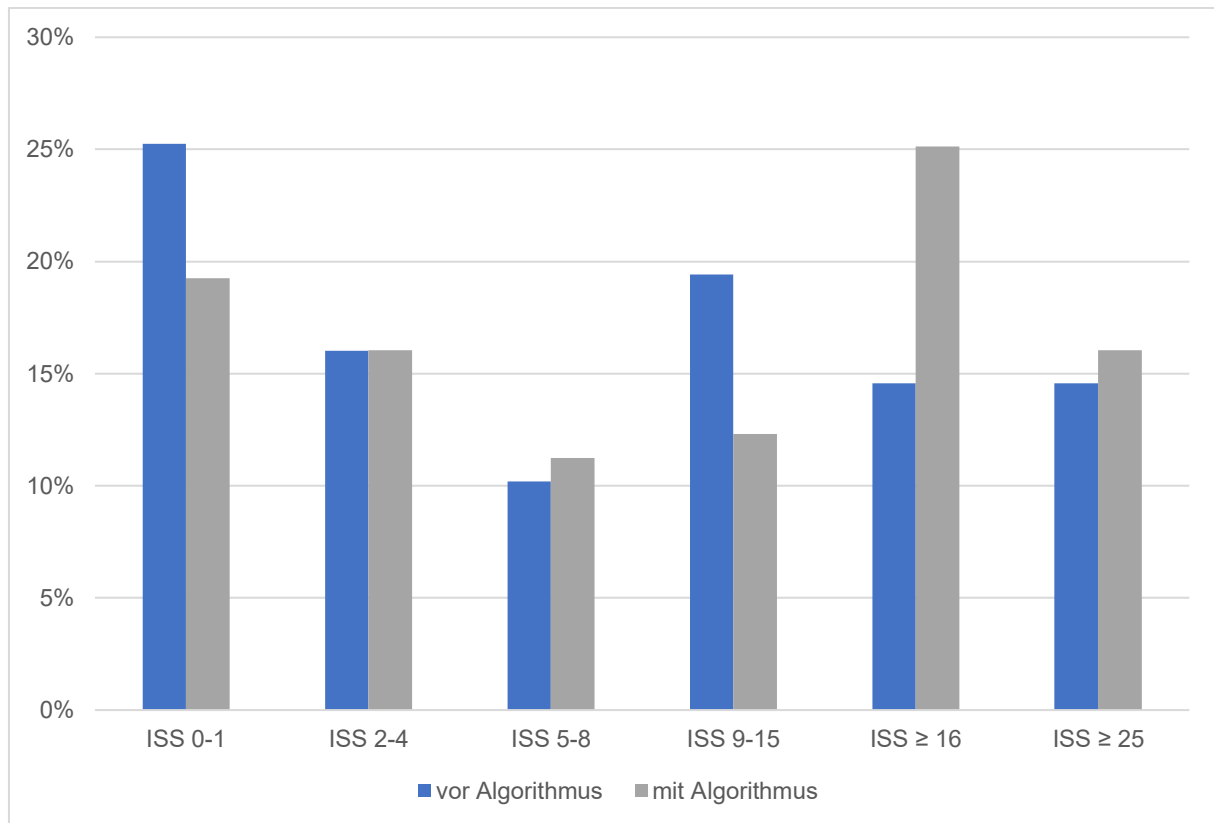


Abbildung 16 Anzahl der WBCTn nach ISS und Vergleichsgruppen

Darüber hinaus stellt man bei einer Betrachtung der unauffälligen WBCT fest, dass der Wert von 33% auf 31% gesunken ist, diese Reduktion nicht signifikant ist. Vor Einführung des Algorithmus waren ex post 90% der Befunde von Patienten negativ, die mit einem ISS von 0-1 entlassen wurden und eine WBCT erhielten. Nach Einführung des Algorithmus betrug dieser Wert 83%. Hier war eine deutliche Zunahme im Bereich ISS 2-8 zu verzeichnen. Grund für den hohen Anteil unauffälliger WBCT in dieser Gruppe sind insbesondere Extremitätenverletzungen, die im Standardprotokoll nicht nachgewiesen werden können. Bei einer Patientin mit ISS 17 und unauffälliger WBCT zeigte sich z. B. im nachträglichen MRT der HWS eine traumatische Bandscheibenzerreißung, die im CT nicht nachweisbar war.

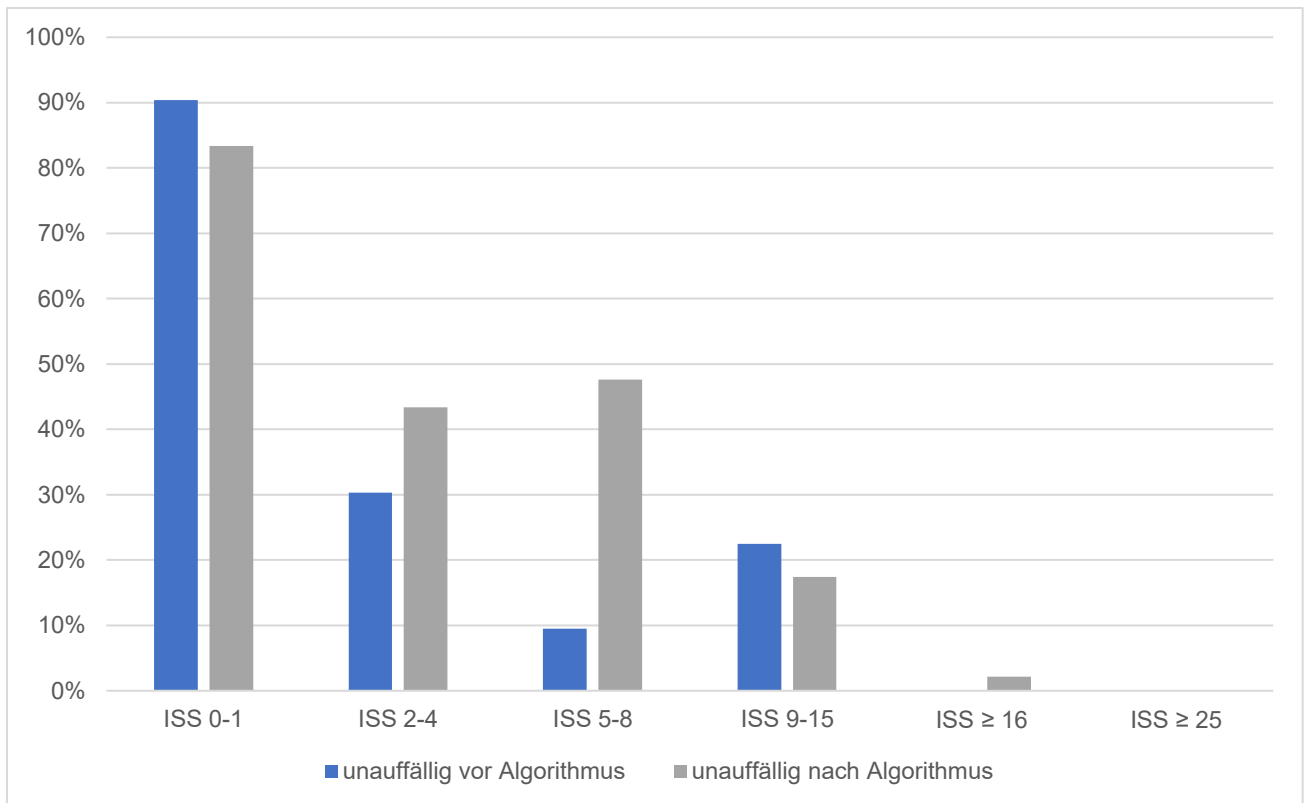


Abbildung 17 Anteil unauffälliger Traumaspirale nach ISS nach Vergleichsgruppen

Analysiert man die Indikationsstellung zur Durchführung des WBCT jeweils unter den Aspekten Alter >70 Jahre und Analgosedierung, lässt sich ableiten, dass sich an den Vorgaben des Algorithmus orientiert wurde. Die Unterschiede waren nicht signifikant (Alter >70: $p=0,69$, Analgosedierung: $p=0,112$).

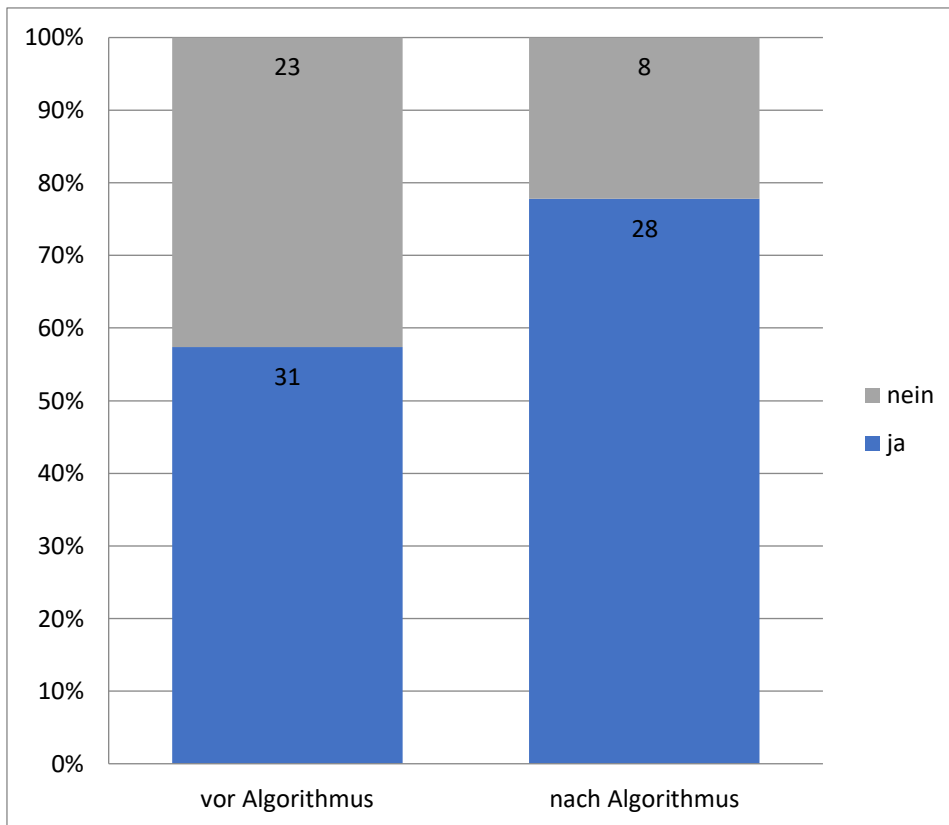


Abbildung 18 Durchführung WBCT nach Vergleichsgruppen und Alter >70 Jahre

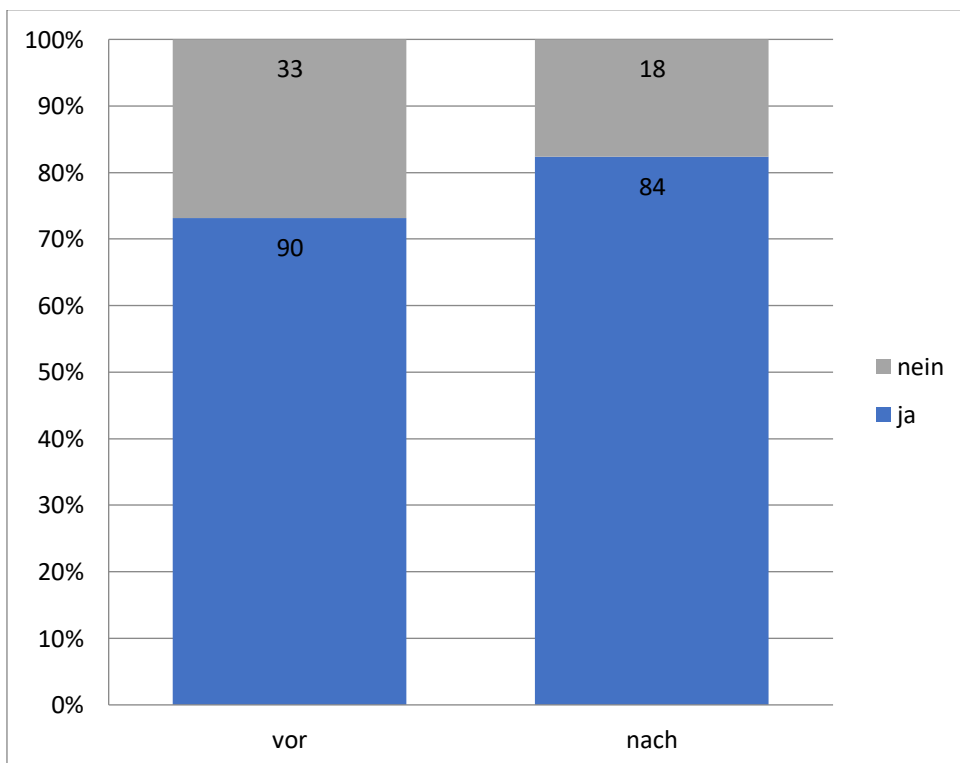


Abbildung 19 Durchführung WBCT nach Vergleichsgruppen und Analgosedierung

Betrachtet man zusätzlich das Kriterium „ablenkende Verletzung“ zeigt sich, dass nach Etablierung des Algorithmus nur 2 von insgesamt 11 Patienten trotz unauffälliger körperlicher Untersuchung und somit fehlendem Vorliegen ablenkender Verletzungen ein WBCT erhielten, dies entspricht 18,18%. Vor Etablierung des Algorithmus wurde bei 18 von 26 Patienten (64,29%) ohne Auffälligkeiten in der körperlichen Untersuchung eine WBCT angeordnet. Hier zeigt sich ein signifikanter Unterschied ($p=0,04$).

Analysiert man in Ergänzung die durchgeführte alternative Diagnostik, zeigt sich, dass nach Implementierung des Algorithmus eine signifikant geringere Anzahl an zusätzlichen Computertomographien durchgeführt wurde ($p=0,007$). Vor Etablierung des Algorithmus wurden im Rahmen der alternativen Diagnostik bei 22% Prozent der durchgeführt, nach Implementierung des Algorithmus konnte diese Zahl auf 13% werden.

Auch die Anzahl der nachträglich durchgeführten diagnostischen Maßnahmen nach stationärer Aufnahme konnte reduziert werden, wenn auch nicht signifikant ($p=0,289$).

Bei der nachträglichen Diagnostik handelte es sich im Schwerpunkt um Röntgenuntersuchungen der Extremitäten, da im Rahmen des Tertiary Survey der Verdacht auf weitere Verletzungen gestellt wurde. Bei den nachträglich durchgeführten Computertomographien handelte es sich um ergänzende Untersuchungen oder Verlaufskontrollen bei initial durchgeführter Traumaspirale. Bei zwei Patienten wurde initial keine WBCT durchgeführt. Bei einer 81-jährigen Patientin nach Verkehrsunfall in der Gruppe nach Etablierung des Algorithmus zeigte sich eine mehrfragmentäre subkapitale Humerusfraktur. In der initialen Diagnostik wurde im Rahmen einer CT des Ellenbogens nur eine distale Humerusfraktur diagnostiziert.

Bei einem 34-jährigen Patienten nach Motorradunfall z. B. aus der Gruppe vor Etablieren des Algorithmus erfolgte die Diagnostik im Schockraum mittels Röntgenuntersuchung. In der nachträglich durchgeführten CT Diagnostik konnte kein weiterer Befund detektiert werden.

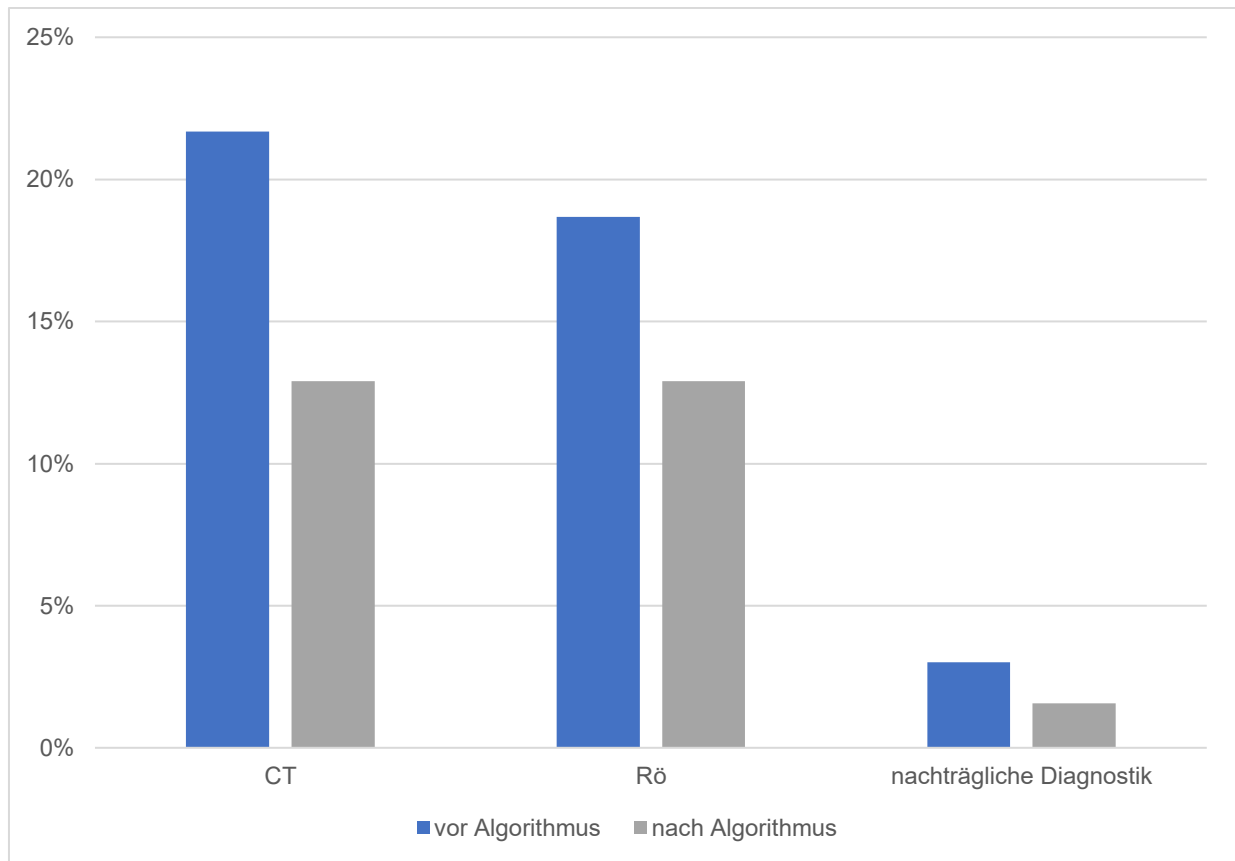


Abbildung 20 Alternative initiale Diagnostik und nachträgliche Diagnostik nach stationärer Aufnahme nach Vergleichsgruppen

4.8 Weitere Behandlung

Vor dem 31.03.2015 wurden 85% der Patienten (n=283) stationär aufgenommen, nach dem 31.03.2015 waren es 88% Patienten (n=226). Die mittlere Verweildauer betrug vor dem Algorithmus 8,02 Tage (Median 3,00, Minimum 0, Maximum 89,0), mit Algorithmus 8,67 Tage (Median 5,50, Minimum 0, Maximum 97,0). Es bestand somit kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Vergleichsgruppen (p=0,742).

Gründe gegen eine weitere Behandlung im Krankenhaus waren neben fehlenden Traumafolgen, die Entlassung gegen ärztlichen Rat sowie die Verlegung in andere Krankenhäuser aufgrund mangelnder Intensivkapazitäten.

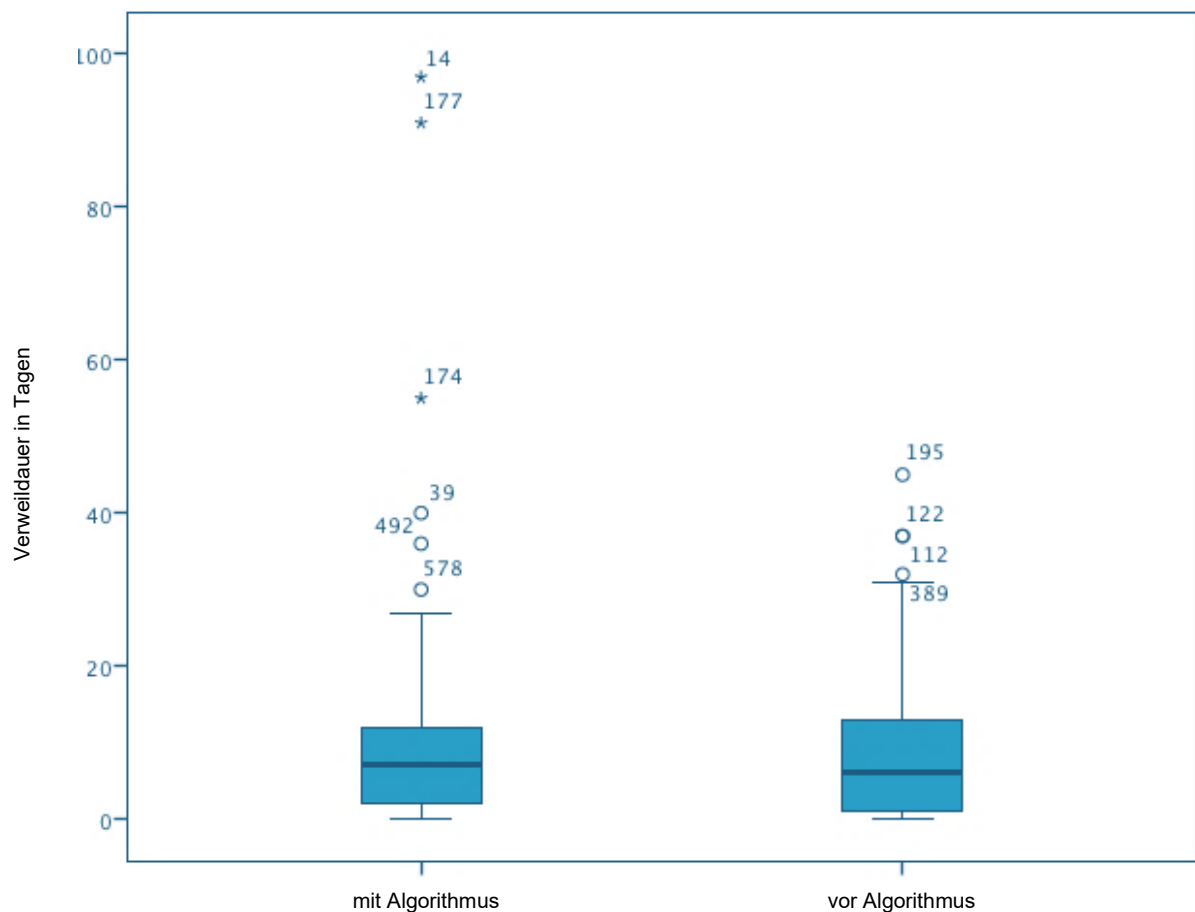


Abbildung 21 Stationärer Aufenthalt nach Vergleichsgruppen

In Zusammenschau der beiden Vergleichsgruppen konnten bei insgesamt 270 Patienten Auffälligkeiten in der WBCT festgestellt werden. 95% (vor Etablieren des Algorithmus) bzw. 97% (nach Etablieren des Algorithmus) hiervon wurden stationär aufgenommen, bei 61%/77% war eine intensivmedizinische Betreuung erforderlich. Jeweils 54% der Patienten benötigten unmittelbar nach Aufnahme eine invasive Intervention. In der Regel handelte es sich um eine operative Versorgung oder die Anlage einer Thoraxdrainage. Ein Patient entließ sich bei Gefügestörung der unteren HWS gegen ärztlichen Rat, ein weiterer Patient wurde bei Nasenbeinfraktur in die Häuslichkeit entlassen.

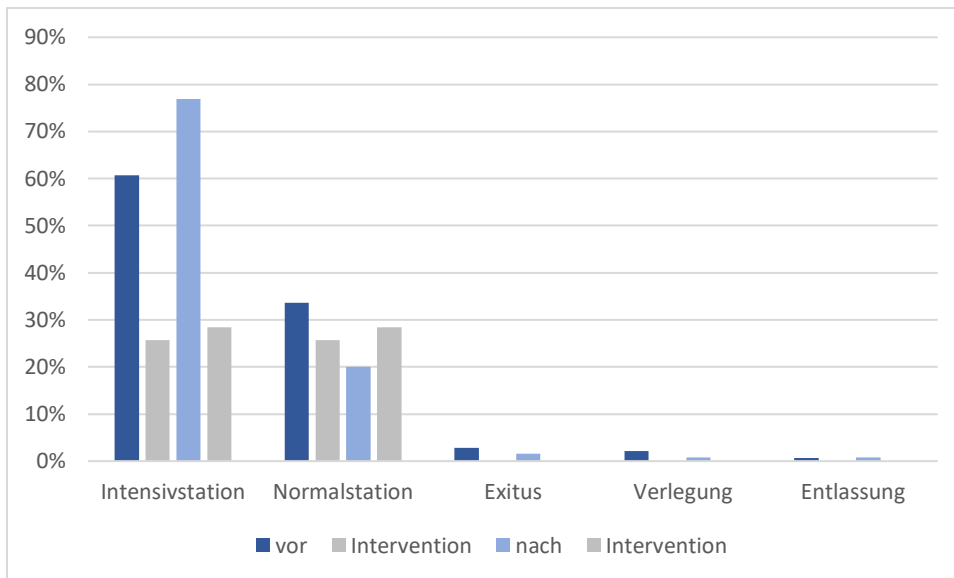


Abbildung 22 Weitere Behandlung bei auffälligem CT

4.9 Weitere Ergebnisse

4.9.1 NACA-Score

Im Rahmen der Datenauswertung wurde erfasst, wie gut die prähospitalen Einschätzung des Rettungsdienstes mit der tatsächlichen Verletzungsschwere korreliert.

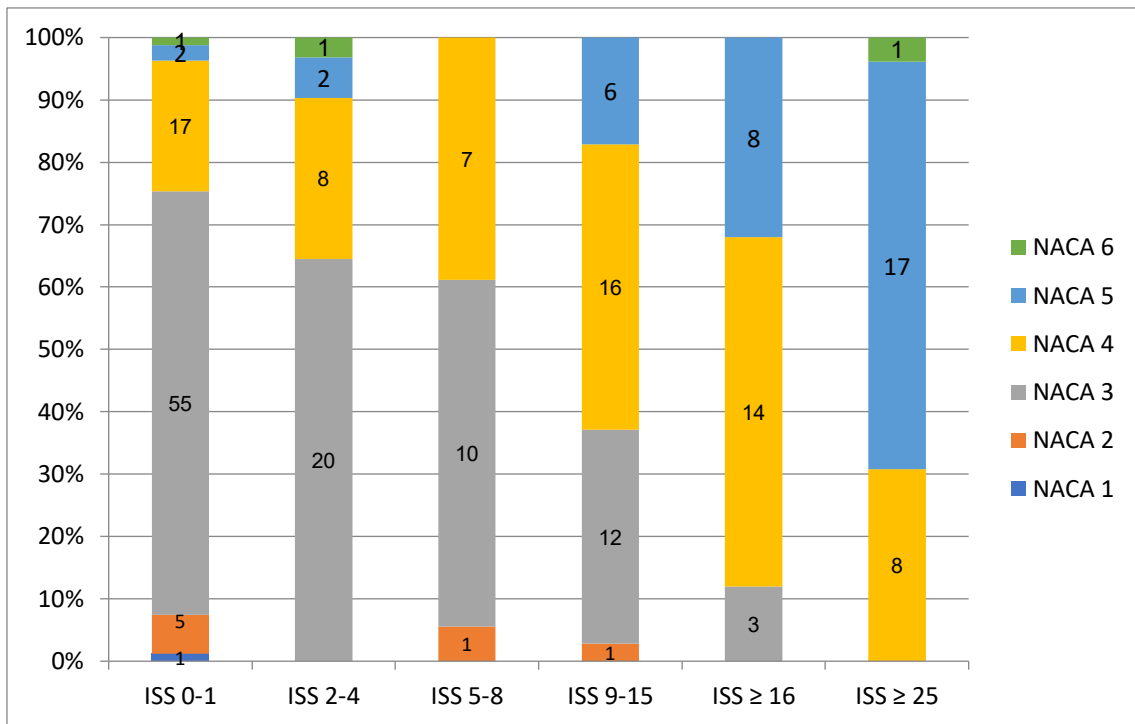


Abbildung 23 Korrelation von prähospitaler Einschätzung und tatsächlicher Verletzungsschwere vor Algorithmus

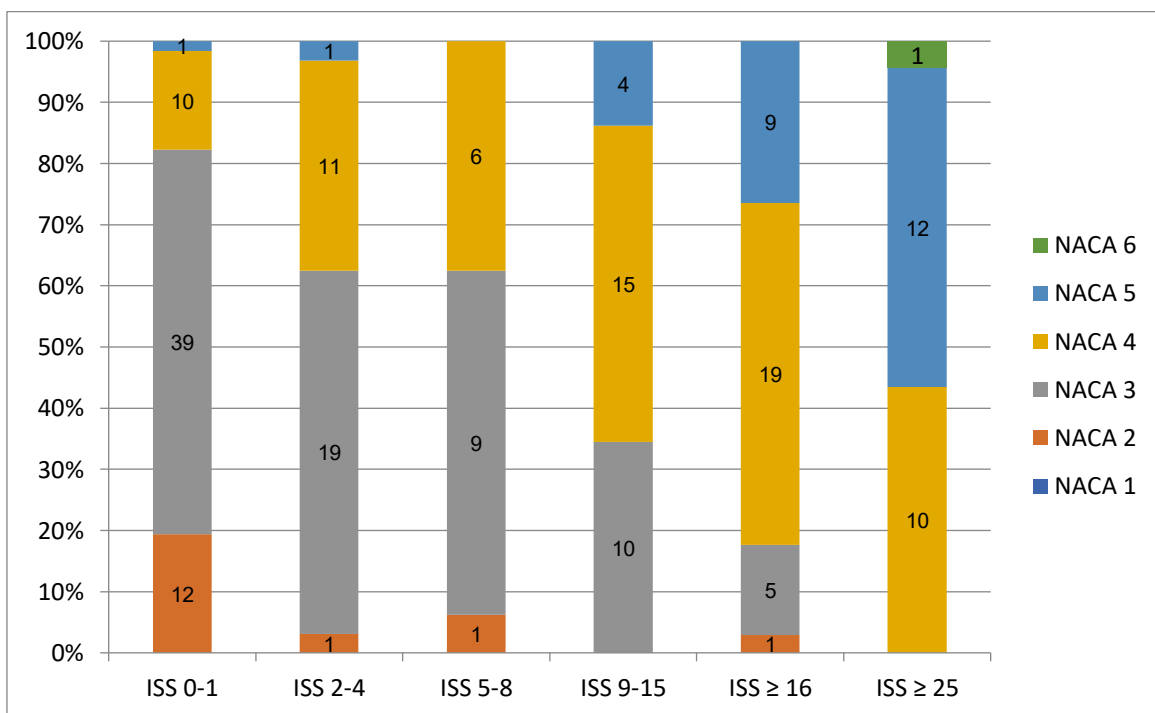


Abbildung 24 Korrelation von prähospitaler Einschätzung und tatsächlicher Verletzungsschwere nach Algorithmus

Zusammenfassend lässt sich hierzu feststellen, dass in einem Großteil der Fälle die prähospitaler Einschätzung gut mit dem klinischen Befund korrelierte. Bei beiden NACA 6 Patienten vor Etablierung des Algorithmus lag eine Patientenverfügung vor, so dass entweder keine Diagnostik oder nur eine anteilige Diagnostik durchgeführt wurde. Der erhobene ISS entspricht in diesen Fällen mutmaßlich nicht der tatsächlichen Verletzungsschwere.

4.9.2 FAST und abdominelle Verletzung

Bei insgesamt 51 Patienten zeigten sich im Rahmen der WBCT abdominelle Verletzungen. Bei 32 dieser Patienten wurde im initialen FAST ein negativer Befund dokumentiert, bei 16 Patienten lag eine sonografische Auffälligkeit vor. Bei genauer Analyse der dokumentierten Daten zeigt sich, dass bei einem Patienten mit freier Flüssigkeit im FAST die Indikation zur zeitnahen operativen Versorgung gestellt wurde. Ein CT wurde im Rahmen der Schockraumuntersuchung in diesem Fall nicht durchgeführt. Dieser Patient war mit einem systolischen Blutdruck von 60 mmHg hämodynamisch instabil und wies ein pralles Abdomen auf. Insgesamt konnte bei drei Patienten mit auffälligem FAST keine Verletzung im CT nachgewiesen werden, dies entspricht einem Anteil von 15% falsch positiver sonografischer Befunde. Bei zwei Patienten mit auffälligem FAST war eine sofortige Milzexstirpation erforderlich, in einem Fall entfiel hierdurch die anschließende WBCT. Bei den anderen abdominalen Verletzungen, die im Rahmen des WBCT detektiert werden konnten, handelt es sich überwiegend um organbegrenzte Schäden ohne Flüssigkeitsaustritt oder um retroperitoneal gelegene Schäden.

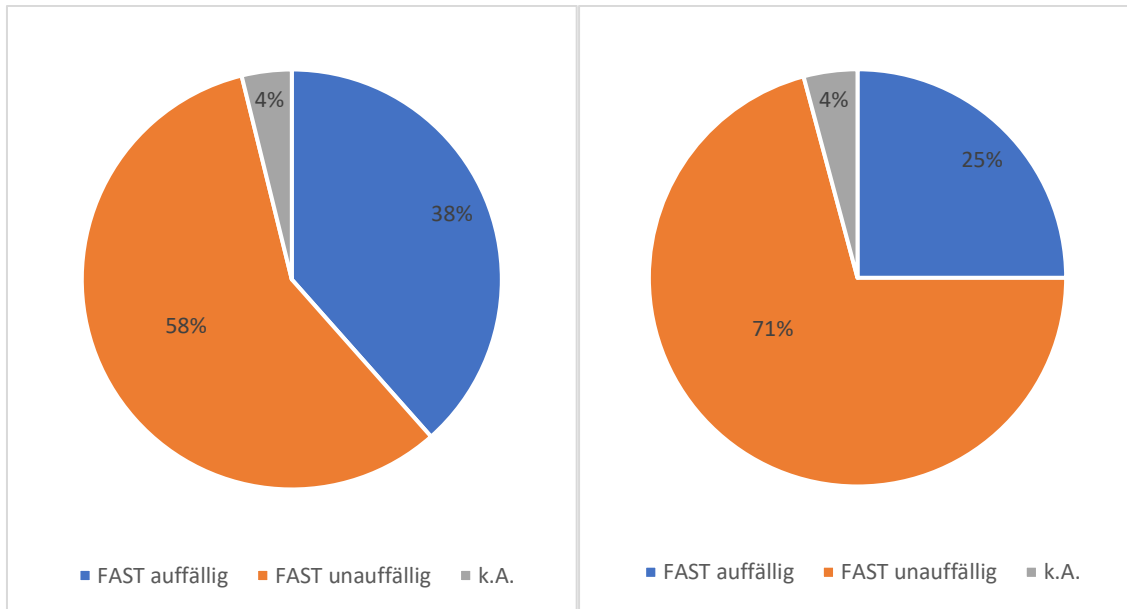


Abbildung 25/26 FAST-Untersuchung und auffälliger abdomineller Befund im CT vor/nach dem 31.03.2015

4.9.3 Klinische Befunde nach ISS

	Intubation	Analgosedierung	klinische Pathologie
ISS 0-1	2%	22%	88%
ISS 2-4	4%	40%	95%
ISS 5-8	0%	60%	96%
ISS 9-15	9%	55%	98%
ISS ≥ 16	20%	51%	94%
ISS ≥ 25	59%	29%	100%

Abbildung 26 Befunde nach ISS

Bei Analyse der erhobenen klinischen Befunde, gruppiert nach ISS, zeigt sich, dass klinische Befunde in allen Vergleichsgruppen detektiert werden konnten. Weiterhin wurden in allen Vergleichsgruppen Analgosedierungen durchgeführt. Auch Patienten mit vergleichsweise leichteren Verletzungen bekamen prähospital entsprechende Medikamente verabreicht. Der Spitzenwert mit 60% findet sich in der Gruppe ISS 5-8.

Prähospital intubiert wurden Patienten, die ex post als schwerer oder schwer verletzt herausstellten. Bei einem reanimationspflichtige Patienten, wurde aufgrund einer vorliegenden Patientenverfügung keine Diagnostik durchgeführt, die

Verletzungsschwere konnte somit nicht abschließend bestimmt werden. Zwei weitere Patienten wurden kurz nach der stationären Aufnahme, jedoch vor Abschluss der abschließenden Diagnostik, verlegt. Es konnte hiermit somit kein abschließender ISS ermittelt werden. Bei zwei weiteren Patienten fanden sich keine klinische Auffälligkeit als Grundlage für die erfolgte Intubation.

In der Gruppe der intubierten Patienten der Gruppe ISS 2-4 zeigten sich mittelschwere und leichtere Verletzung (geschlossene Schädeldachfraktur, Fibulafraktur und Quer- oder Dornfortsatzfrakturen der Lendenwirbelkörper).

5. Diskussion

Im Rahmen dieser Arbeit wurden Patienten retrospektiv betrachtet, die im Zeitraum vom 01.03.2014 bis zum 31.03.2015 im Schockraum des Bundeswehrzentralkrankenhauses Koblenz behandelt wurden. Am 31.03.2015 wurde ein Algorithmus zur Unterstützung bei der Indikationsstellung für ein WBCT im Schockraum eingeführt und visualisiert. Anschließend erfolgte bis zum 28.02.2016 die Auswertung der im Schockraum behandelten Patienten. Die Ziele waren, mögliche Unterschiede zwischen den beiden Gruppen festzustellen, sowie allgemeine Optimierungspotenziale für die Behandlung und die Indikationsstellung zur WBCT von Schockraum-Patienten zu generieren und daraus das Handlungsschema ggf. zu optimieren und weiter zu entwickeln.

Zudem wurde überprüft, ob die Etablierung eines einheitlichen Algorithmus zur Durchführung von WBCT zu mehr Handlungssicherheit bei möglicher Reduktion unauffälliger WBCT führt, ohne dabei die Anzahl übersehener Verletzungen zu erhöhen. Ein wesentlicher Aspekt des neu etablierten Algorithmus war eine Abkehr von kinetischen Aspekten, die bereits im Rahmen der Leitlinie zur Schockraumindikation Berücksichtigung fanden, hin zu einer Indikationsstellung, die auf klinischen Aspekten basiert. Für die folgenden Fragen galt es dabei, eine Antwort zu finden:

- Bei welchen Verunfallten ist im klinischen Alltag keine WBCT-Untersuchung erforderlich?
- Kann die Anzahl der CT-Untersuchungen bei Leichtverletzten gesenkt werden, ohne die Anzahl der initial übersehenen Verletzungen zu erhöhen?
- Führt eine Reduktion der Ganzkörper-CT Untersuchung zu einer höheren Anzahl an verzögert diagnostizierten Verletzungen?
- Welche Standards und Parameter können definiert werden, die den Verzicht auf ein Ganzkörper-CT erlauben?

5.1 Einordnung des Kollektives

Es liegt eine gute Vergleichbarkeit zwischen den beiden Kohorten vor. Sowohl hinsichtlich Alter, als auch Geschlecht und Unfallmechanismus wurden keine

signifikanten Unterschiede festgestellt. Bei der Betrachtung der prähospital erhobenen Daten wurden keine signifikanten Unterschiede identifiziert.

Bei Betrachtung der Verletzungsschwere mittels ISS wurde ein signifikanter Unterschied zwischen beiden Gruppen dokumentiert: Der mittlere ISS in dieser Studie betrug vor dem 31.03.15 im Mittel 8,38 und nach dem 31.03.15 11,00. Eine mögliche Erklärung für den Anstieg der Verletzungsschwere ist die Visualisierung der Kriterien zur Schockraumaktivierung (17). Nach Ankündigung eines potentiellen Schockraumpatienten durch den Rettungsdienst wird von der Notaufnahme über die Aktivierung des Schockraums entschieden. Es kann postuliert werden, dass diese Visualisierung zu einer genaueren Selektion der Patienten, die eine Schockraumbehandlung benötigen, geführt haben könnte.

Im Vergleich mit anderen Studien zeigt sich eine Abweichung der Gesamtverletzungsschwere. Die Werte liegen beispielsweise unterhalb des Durchschnitts des TraumaRegisters DGU® (70), mit einem mittleren ISS von 15,9. Insgesamt ist der Vergleich des Kollektives hinsichtlich des ISS nicht uneingeschränkt möglich, da in der Regel nicht alle im Schockraum behandelten Patienten betrachtet werden, sondern vor Betrachtung eine Selektion erfolgt. So schlossen Huber et al. (49) nur Patienten mit einem ISS ≥ 16 ein, bei Sierink et al. (10) wurden nur Patienten mit beeinträchtigten Vitalparameter, dem klinischen Verdacht lebensbedrohlicher Verletzungen oder augenscheinlich schweren Verletzungen inkludiert. Vorteil dieser Studie ist die umfassende Betrachtung aller chirurgischen Patienten, die im Schockraum des BwZKrhs behandelt wurden.

Hinsichtlich des Altersdurchschnitts von ca. 47 Jahren zeigt sich eine leichte Abweichung von der Gesamtheit der Traumapatienten aus dem Traumaregister DGU® (12). Hier lag der Altersdurchschnitt im Jahr 2019 bei 53,4 Jahren, der Schnitt der letzten 10 Jahre betrug 50,9. Der Anteil der männlichen Patienten betrug 62,7% (vor Algorithmus) und 70,3% (nach Implementierung Algorithmus) im Rahmen dieser Arbeit, das Traumaregister beziffert den Anteil der Männer mit 69,2% und 70% im 10-Jahres-Mittel. Eine gute Vergleichbarkeit und Übertragbarkeit der hier gewonnenen Erkenntnisse auf die Gesamtheit der Traumapatienten kann somit angenommen werden.

Die Unfallursachenstatistik weicht von den Zahlen des Traumaregisterberichtes aus dem Jahr 2020 ab (12, 70). Im Traumaregisterbericht wird die Statistik von Stürzen aus niedriger Höhe (27,2%) angeführt, gefolgt von Verkehrsunfällen mit dem Auto (19,3%). Auf dem vierten Platz finden sich Motorradunfälle mit einer Häufigkeit von 11,8%. Als führende Ursache für eine Schockraumbehandlung zeigten sich im Rahmen dieser Arbeit Verkehrsunfälle mit dem Auto (27% und 31%). Insbesondere in der Vergleichsgruppe nach dem 31.03.2015 ist der Anteil der Motorradunfälle, ebenfalls in Abweichung vom Traumaregister, mit 24% auffällig hoch. Die Abweichung erklärt sich durch die dezentrale Lage des BwZKrhs am Stadtrand von Koblenz. Durch die Nähe zu den Bundesautobahnen und als Hubschrauberstandort sind Verkehrsunfälle dort stark präsent. Insbesondere die Zahl der Stürze aus niedriger Höhe, die sich vor allen Dingen im häuslichen sowie urbanen Umfeld ereignen, sind insgesamt unterrepräsentiert, da diese Verletzungen regelhaft in den nächstgelegenen Krankenhäusern versorgt werden. Der entwickelte Algorithmus orientiert sich jedoch an klinischen und nicht an kinetischen Aspekten orientiert, ist die Möglichkeit der Anwendung auf Traumapatienten in anderen Bereichen weiterhin gegeben.

5.2 Prähospitale Erkenntnisse

Vergleicht man die gewonnenen Erkenntnisse mit den Vorgaben des Algorithmus, fällt auf, dass die Einschätzung der Verletzungsschwere durch prähospital eingesetzte Kräfte bisher nicht berücksichtigt wurde. Die Korrelation der vermuteten Verletzungsschwere durch das prähospital eingesetzte Personal und der im Rahmen der Diagnostik tatsächlich festgestellten Traumafolgen war insbesondere bei Patienten mit akuter Lebensgefahr gut. Bei Dokumentation eines NACA V-Scores im Einsatzprotokoll waren die Patienten mit einem ISS von 9 - 25 erheblich verletzt. Vorausgegangene Studien kritisieren den teilweise fehlenden Zusammenhang des subjektiven NACA-Scores mit objektivierbaren Parametern (71). Andere Studien konnten jedoch eine hohe Korrelation zwischen innerklinischer Mortalität und prähospitalem NACA-Score feststellen (72, 73). Goedecke et al. (74) konnten 2019 im Rahmen ihrer Studie zum Umgang mit Patienten nach stumpfem Bauchtrauma jedoch ebenfalls eine signifikante Korrelation zwischen dem prähospitalen NACA-Score und dem innerklinischen ISS nachweisen. Jaekel et al. (75) konnten in ihrer Studie Defizite bei der Erfassung von Verletzungen spezifischer Körperregionen aufzeigen. Die

Autoren konnten belegen, dass die Gesamtverletzungsschwere durch die eingesetzten Notärzte gut eingeschätzt wird.

Im Rahmen dieser Arbeit zeigt sich ebenfalls, dass der prähospitaler Eindruck bei schwerer verletzten Patienten insgesamt gut mit der tatsächlichen Verletzungsschwere deckt, gemessen am ISS. Mögliche Erklärungen sind der eigene Hubschrauberstandort, der Einsatz erfahrener Rettungsmediziner, sowie die Rettungswache am Bundeswehrzentral Krankenhaus.

Unter Einbeziehung der Studien, die eine gute Korrelation von Mortalität und hohem NACA-Score zeigen und ergänzt um die hier gewonnenen Erkenntnisse, sollte die Aufnahme des Kriteriums $NACA \geq V$ einer weiteren Betrachtung unterzogen werden.

5.3 Analgosedierung

Im Algorithmus ist als Kriterium zur Durchführung einer WBCT u. a. die Analgosedierung aufgeführt. Bei Betrachtung der als schockraumpflichtig angekündigten Patienten fiel auf, dass in allen Verletzungsschweren Medikamente im Sinne einer Analgosedierung verabreicht wurden. Selbst im Bereich ISS 0-1 erhielten 22% der Patienten entsprechende Medikamente, bei ISS 2-4 waren es sogar 40%. Die verabreichte Dosis in Relation zum Körpergewicht und der klinischen Effekte, wie die sedierende Wirkung finden im Algorithmus gegenwärtig keine Berücksichtigung.

Ein Resultat der hier vorgestellten Untersuchung läuft darauf hinaus, dass eine alleinige Betrachtung der Medikamentengabe im Sinne einer Analgosedierung kein geeignetes Kriterium ist, um die Anzahl unauffälliger WBCT zu reduzieren. Die Aufnahme in den Algorithmus erfolgte unter der Annahme, dass bei der Gabe von sedierenden Medikamenten die eigene Urteilsfähigkeit der Patienten hinsichtlich ablenkender Verletzungen bei der klinischen Untersuchung eingeschränkt sein könnte. Entsprechende Studien, die sich explizit mit der Fragestellung einer prähospitalen Medikamentengabe und der WBCT-Indikation auseinandersetzen, liegen aktuell nicht vor. Möglicherweise ist die Betrachtung des GCS als alleiniges Kriterium im Sinne eines Surrogatparameters sinnvoll. Wenn die Gabe einer entsprechenden Medikation zu einer Minderung der Orientierung und Beeinträchtigung des Patienten führt, werden diese über das Kriterium GCS erfasst und erhalten dementsprechend eine WBCT.

5.4 Klinische Konsequenz

Die klinische Konsequenz der detektierten CT-Befunde wurde bereits vorab diskutiert (68). Hier wurde z. B. eine ausbleibende spezifische Therapie insbesondere bei intraabdomineller Traumafolge nach stumpfem Trauma angemerkt. Lang et al. (76) verglichen in ihrer Studie Patienten, die ein WBCT erhielten mit Patienten, die mittels konventionellem Röntgen mit oder ohne fokussiertem CT hinsichtlich Thoraxverletzungen untersucht wurden. Insgesamt konnten mittels WBCT eine höhere Anzahl an Thoraxverletzungen detektiert werden. Die Diagnostik mittels WBCT führte dabei nicht zu einer erhöhten Rate an sofortigen Interventionen.

Bei Betrachtung der Gesamtheit der auffälligen CT-Untersuchungen (270 Patienten) in Zusammenschau der beiden Vergleichsgruppen, wurden 61% bzw. 77% der Patienten intensivmedizinisch betreut, weitere vier Patienten wurden zeitnah nach Aufnahme auf Intensivstationen umliegender Krankenhäuser verlegt, sechs Patienten verstarben noch im Schockraum und 54% benötigten eine sofortige Intervention. Hierbei handelte es sich um eine operative Versorgung oder die Anlage einer Thoraxdrainage. Aus diesen Werten könnte man herleiten, dass nur rund die Hälfte der Patienten eine spezifische Therapie erhielt. Eine unspezifische Therapie in Form einer intensivmedizinischen Betreuung war aufgrund der Schwere der nachgewiesenen Verletzungen bei deutlich mehr als der Hälfte der Patienten mit auffälligem CT erforderlich. Die erhobenen CT-Untersuchungen hatten somit eine unmittelbare klinische Konsequenz. Es lässt sich keine Aussage darüber treffen, ob diese Form der Überwachung einen prognostischen Vorteil und oder ein besseres klinisches Outcome nach sich zieht. Um diesen Aspekt eingehender zu beleuchten, bedarf es prospektiver Untersuchungen mit dieser speziellen Fragestellung.

Im Vergleich der beiden Gruppen wird ein besonderes Augenmerk auf diejenigen Patienten mit unauffälliger WBCT gelegt. Diese sind de facto einer Strahlenbelastung ausgesetzt, ohne von der durchgeführten Diagnostik therapeutisch zu profitieren.

Selbst nach Etablierung des Algorithmus ergab sich bei 31% der Patienten ein unauffälliger Befund in der WBCT, davor betrug der Wert 33%. Dies entspricht dem von Adiotomre et. al (47) im Rahmen ihrer Untersuchung festgestellten Wert von 31% unauffälliger Ganzkörper-CTs. Die vorliegende Studie zeigt auf, dass es bei der Verteilung der unauffälligen CT Unterschiede zu der Diagnostik vor und nach der

Etablierung des Algorithmus gab. Vor der Etablierung des Algorithmus wurden überwiegend unauffällige CTs bei Patienten beobachtet, die mit einem ISS 0-1 entlassen wurden. Ein möglicher Grund hierfür könnte die starke Fokussierung auf den Unfallmechanismus sein. Nach Etablierung des Algorithmus verändert sich der prozentuale Anteil der unauffälligen CTs insbesondere im Bereich ISS 2-15. Bei dieser Gruppe konnte durch ergänzende Diagnostik bei bestehendem klinischem Verdacht, insbesondere Röntgenuntersuchungen der Extremitäten, Verletzungen nachgewiesen werden. Auch Wierzchołowski et al. (54) konnten in ihrer Studie den Effekt von Extremitätenverletzungen auf den Gesamt-ISS nachweisen. In der dort betrachteten Kohorte reduzierte sich der Anteil von Patienten mit einem ISS ≥ 16 nach Ausschluss gravierender Extremitätenverletzungen (Femur-, Tibia-, Humerus und offene Radiusfraktur) von 24,4% auf 20,8%. Auch wenn diese Patienten keine unauffälligen WBCT aufwiesen, lässt sich dennoch der Effekt von Frakturen der Extremitäten auf die Gesamtverletzungsschwere erkennen. Weiterhin werden hier auch die Limitationen des WBCT deutlich. Gerade schwere Verletzungen der Extremitäten müssen außerhalb des WBCT gesondert erfasst werden, es sei denn, es wird ein tatsächlicher scan von Kopf bis Fuß gefahren.

Es besteht bei der Indikationsstellung zur WBCT das Risiko, die Schwere und Bedeutung von Extremitätenverletzungen als ablenkende Verletzung zu überschätzen. Ein möglicher Grund für die Anzahl der unauffälligen WBCT bei leichtverletzenden Patienten besteht darin, dass die dort detektierten Verletzungen als ablenkend bewertet wurden.

Erfasst wurden in dieser Studie sämtliche pathologischen Befunde zum Aufnahmezeitpunkt. Schürfwunden und Prellmarken wurden bei 196 Patienten (33%) beobachtet, bei 78 (13%) der 589 betrachteten Patienten lag kein Untersuchungsbefund vor. Patienten in allen Verletzungsgraden wiesen Schürfwunden auf. Sie scheinen damit kein geeignetes Kriterium zu sein, um eine Selektion vor WBCT vorzunehmen. Insgesamt fanden sich klinische Pathologien sowohl bei Nicht- oder Leichtverletzten, aber auch bei allen anderen Verletzungsgraden.

Das Kriterium „ablenkende Verletzung“ wurde im Rahmen dieses Algorithmus nicht abschließend festgelegt. Linder et al. (45) definierten als gravierende Verletzungen penetrierende Traumen des Abdomens, Thorax oder des Nackens, ≥ 2 Frakturen

langer Knochen, instabile Beckenfrakturen, Amputationen der Hände oder Füße, Verbrennungen oder Inhalationstrauma, Ertrinken oder Hypothermie, instabiler Thorax oder Wirbelsäulenfrakturen. Waren die Patienten neben der erfolgten Risikostratifizierung wach und nicht-intoxikiert, konnte auch nach Hochrasanztrauma kein erhöhter Anteil an „missed lesions“ detektiert werden.

Durch die fehlende Konkretisierung der ablenkenden Verletzungen ist eine Überschätzung der Schwere der ablenkenden Verletzungen ein mögliches Risiko und es gilt die Wertigkeit ablenkender Verletzungen kritisch zu hinterfragen.

Cason et al. (77) konnten in ihrer Studie zu Verletzungen der thorakolumbalen Wirbelsäule belegen, dass ablenkende Verletzungen bei wachen und aufmerksamen Patienten die Sensitivität der klinischen Untersuchung hinsichtlich signifikanter Verletzungen der thorakolumbalen Wirbelsäule nicht verschlechterten. Zu einem ähnlichen Ergebnis kamen Rostas et al. (78) in ihrer Studie zur Validität der klinischen Untersuchung des Abdomens bei stumpfem Trauma mit ablenkenden Verletzungen. Bestandteil dieser klinischen Untersuchung des Abdomens waren die Palpation der vier Quadranten, Untersuchung der Flanken, des unteren Thorax, des Beckens und der thorakolumbalen Wirbelsäule. Die Autoren konnten nachweisen, dass Sensitivität der klinischen Untersuchung auch bei ablenkenden Verletzungen bei 97% lag. Betrachtet man die Notwendigkeit einer chirurgischen Intervention oder Bluttransfusion, lag der Wert bei 100%.

In dieser Arbeit lag die Einschätzung, ob die Schwere einer Verletzung als ablenkend gewertet wurde, im Beurteilungskorridor des Traumaleaders. Die Entscheidung, ob aufgrund einer Verletzung die Indikation zur Traumaspirale bestand, lag somit in der Verantwortung des jeweiligen Schockraumteams. Ein besonderes Augenmerk sollte aber auf den konkreten Untersuchungsbefund gelegt werden. Dieser bietet, wie eben dargestellt, zum einen die Möglichkeit einer zielgerichteten Diagnostik. Er bietet aber auch die Möglichkeit, die Anzahl an nicht zwingend erforderlichen WBCT zu reduzieren. Dass dies möglich ist, wird durch die Reduktion der durchgeführten WBCTs nach Etablierung des Algorithmus bei unauffälligem Untersuchungsbefund unterstrichen.

5.5 FAST und Untersuchung des Abdomens

Linsenmaier und Schueller (57) geben die Limitation der konventionellen Diagnostik, insbesondere der Sonografie und des konventionellen Röntgens zu bedenken. Sie betonen, dass das CT insbesondere bei der Diagnostik von Verletzungen parenchymatöser Organe und des Gefäßsystems überlegen ist.

Auch Albrecht et al. (79) konnten belegen, dass die Sonografie des Abdomens nur 22% der intraabdominellen Verletzungen nachweisen konnte. Das WBCT detektierte 97% der Verletzungen des Abdomens und intrathorakalen Verletzungen. Insbesondere bei abdominalen Verletzungen kann diese These gestützt werden. Bei 47 Patienten wurden von 32 abdominalen Verletzungen in der Sonographie nur 7 erkannt. Selbst bei unauffälligem FAST finden sich teils erhebliche intraabdominelle Verletzungen. Zu einer vergleichbaren Erkenntnis kamen Becker et al. (80), die nachweisen konnten, dass bei Patienten mit hohem ISS ein erhöhtes Risiko für nicht im Ultraschall detektierbare Verletzungen besteht. Die Autoren betonen die Relevanz der Ultraschalluntersuchung bei hämodynamisch instabilen Patienten mit freier Flüssigkeit, merken aber auch die diagnostische Ungenauigkeit insbesondere bei hämodynamisch stabilen Patienten nach relevantem stumpfem Trauma an.

Auch Osterwalder et al. (81) kommen in ihrem Review zu dem Schluss, dass „der Einmal-FAST recht häufig nicht in der Lage [ist], eine innere Verletzung im Abdomen mit genügender Sicherheit zu erkennen und daher bei negativem Befund auszuschließen“. Insbesondere bei Verletzungen des Parenchyms oder bei retroperitonealen Verletzungen ist der FAST in seiner Aussagekraft beschränkt.

Ein weiteres Kriterium war die pathologische Untersuchungsbefund des Abdomens. Mahmood et al. (82) untersuchten in einer retrospektiven Studie hämodynamisch stabile Patienten, bei denen im CT freie Flüssigkeit ohne Verletzung eines Organes nachgewiesen werden konnte. Im diesem Kollektiv beziffern sie den Anteil der Patienten mit abdominalen Schmerzen mit 68,9%. Als weitere Verletzungen zeigten sich bei 27% Frakturen der Querfortsätze, 14,8% wiesen Rippenfrakturen auf und bei 7% konnten Frakturen des Beckens nachgewiesen werden.

In dieser Studie klagten von insgesamt 32 Patienten mit negativer Sonografie und positivem Befund im Rahmen der Traumaspirale nur 2 über abdominelle Beschwerden. Auffällig ist jedoch, dass bei 24 der 32 Patienten Rippenfrakturen und/oder einer Lungenkontusion vorlagen. Bei allen Patienten bestanden

schwerwiegende Verletzungen neben den Verletzungen der Lungen und Rippen, Frakturen des Beckens, der Wirbelsäule und/oder der großen Röhrenknochen. Die hier detektierten Verletzungen sind somit anteilig deckungsgleich mit denen durch Linder (45) als ablenkend definierten Untersuchungsbefunden. Bei sechs Patienten war eine sofortige operative Intervention erforderlich. 29 Patienten wurden nach der Aufnahme intensivmedizinisch überwacht. Der Unterschied zwischen den Beobachtungen von Mahmood und dieser Arbeit hinsichtlich der abdominellen Beschwerden lässt sich möglicherweise durch den höheren Anteil schwerwiegender ablenkender Verletzungen im Rahmen der hier vorgelegten Auswertung erklären. Diese Beobachtung unterstreicht die Relevanz gravierender, ablenkender Verletzungen bei der Indikationsstellung eines WBCT.

Corwin et al (68) kritisieren im Rahmen ihrer Studie, dass die von den Autoren definierten Untersuchungsbefunde nicht zuverlässig diejenigen Patienten identifizieren, die eine intraabdominelle Verletzung erlitten. In Folge dessen kommt es zu einer hohen Anzahl unauffälliger abdomineller CT. Im Rahmen der Studie wurden durch die Autoren solche klinischen Parameter definiert, bei deren Vorliegen eine abdominelle CT angefertigt wird. Dies waren unter anderem Abwehrspannung, ein verminderter GCS, Rippen- oder Femurfrakturen. Bei 11 von 165 Patienten, die mindestens eins dieser Kriterien erfüllten, konnten Verletzungsfolgen im CT nachgewiesen werden.

Im Rahmen der hier vorgelegten Arbeit zeigt sich zudem die Problematik der sicheren Identifikation von intraabdominellen Verletzungen auch in Kenntnis der sonografischen Befunde (FAST/eFAST), die bei Corwin et al. nicht berücksichtigt wurden. Eine unauffällige FAST-Untersuchung und ein blander klinischer Befund sind kein hinreichend sicherer Ausschluss für das Vorliegen einer intraabdominellen Verletzung. Insbesondere bei Frakturen im Bereich des Thorax, gravierender ablenkender Verletzungen, wie Frakturen im Bereich der Wirbelsäule und des Humerus oder Femur ist die Möglichkeit des Vorliegens einer zusätzlichen, intraabdominellen Verletzung in Betracht zu ziehen. Bei unauffälliger klinischer Untersuchung des Abdomens und der Sonografie, sollte bei Patienten mit entsprechender Traumaanamnese eine Diagnostik mittels WBCT durchgeführt werden, wie dies der vorgestellte Algorithmus vorsieht,

Eine engere Indikationsstellung zur Durchführung der Traumaspirale könnte zu einer Zunahme alternativ durchgeführter CT-Untersuchungen, verzögert erkannter

Verletzungen und infolgedessen zu vermehrter Sekundärdiagnostik führen. Diese These lässt sich anhand der erhobenen Daten jedoch nicht abschließend bestätigen. Insbesondere die Anzahl der durchgeführten selektiven CT konnte gesenkt werden. Auch im Rahmen der nachträglichen Diagnostik wurde eine deutliche, dabei nicht signifikante Abnahme beobachtet. Insgesamt führte die Einführung des Algorithmus nicht zu einer Erhöhung erst nachträglich detektierter Traumafolgen oder zu einem Zuwachs von gezielter CT-Diagnostik.

Abschließend bietet der Algorithmus eine verbesserte Handlungssicherheit bei der Indikationsstellung zur Durchführung einer WBCT bei Schockraumbehandlungen nach Trauma.

5.6 Limitationen

Die Erhebung der Daten im Rahmen dieser Arbeit erfolgte anhand der Schockraumdokumentation, der Patientenakten sowie Ergänzungen mittels des Klinikinformationssystem KIS. Eine Limitation ergibt sich u. a. aufgrund des retrospektiven Studiendesigns und des damit erforderlichen Rückgriffes auf die vorhandene Routedokumentationen. Teilweise lagen die Befunde und Werte der einzelnen Patienten nur unvollständig vor. Dies führte bei einigen Patienten zu einem eingeschränkten Datensatz und damit zu einer reduzierten Aussagekraft hinsichtlich der Fragestellungen.

Eine weitere Limitation stellt die unterschiedliche Länge der Untersuchungszeiträume dar, aus der u. a. unterschiedlich starke Kohorten resultieren.

Die gute Einschätzung hinsichtlich der Verletzungsschwere ist möglicherweise durch die überrepräsentierte Zuweisung aufgrund des eigenen Hubschrauberstandort sowie die angeschlossene Rettungswache bedingt. Um hinsichtlich des NACA-Scores und der Indikation zur WBCT eine validere Aussage treffen zu können, erscheinen weitere Untersuchungen unter Einbeziehung mehrerer Kliniken und Rettungswachen/Hubschrauberstandorte sinnvoll.

Anhand der vorliegenden Ergebnisse, insbesondere anhand der Steigerung des Anteils der CTs bei über 70-jährigen sowie bei Analgosedierung und der gleichzeitig signifikanten Reduktion bei unauffälligem Befund im Rahmen der körperlichen Untersuchung, kann man schlussfolgern, dass der Algorithmus bei der

Indikationsstellung adäquat berücksichtigt wurde. Dennoch können eindrückliche Schilderungen des Unfallgeschehens zur Indikation einer WBCT führen, die vom hier vorgestellten Algorithmus abweicht. Schulungen zum Algorithmus und das Vorstellen der nun vorliegenden Ergebnisse können perspektivisch zu einer verbesserten Compliance des im Schockraum eingesetzten Personals führen.

6. Zusammenfassung

Ziel der Arbeit war die Überprüfung, ob durch die Kombination verschiedener, bestehender Algorithmen zur Diagnostik nach Trauma im Rahmen der Schockraumbehandlung eine geeignete Handlungsanweisung entwickelt werden kann, um die Traumapatienten identifizieren zu können, die tatsächlich ein Ganzkörper-CT benötigen. Insbesondere die Reduktion der unauffälligen WBCT wurde als Ziel der visualisierten Handlungsanweisung definiert. Es galt die Frage zu beantworten, bei welchen Verunfallten im klinischen Alltag keine Ganzkörper-CT-Untersuchung erforderlich ist. Es zeigt sich, dass die Selektion der Patienten nicht exklusiv anhand des Unfallmechanismus erfolgen sollte. Die Definition und Anwendung klinischer Parameter führt zu einer verbesserten Auswahl derjenigen Patienten, die von einer WBCT profitieren.

Darüber hinaus kann durch die bessere Selektion der Patienten langfristig die Anzahl der unauffälligen WBCT und damit auch die Strahlenbelastung gesenkt werden. Insbesondere bei nicht- oder leichtverletzten Patienten kann so die Anzahl der unauffälligen WBCT reduziert werden. Ein Anstieg der „missed lesions“ konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht nachgewiesen werden.

Ziel der Arbeit war es auch, Standards und Parameter zu definieren, die den Verzicht auf ein Ganzkörper-CT erlauben. Hierzu wurden bestehende Algorithmen ausgewertet und kombiniert. Es zeigt sich als ein Ergebnis, dass hinsichtlich möglicher abdomineller Verletzungen eine erhöhte Wachsamkeit geboten ist und die Indikation im Einzelfall großzügiger gestellt werden sollte. Der Einfluss einer Analogosedierung sowie eine engere Definition der ablenkenden Verletzungen ist perspektivisch zu berücksichtigen.

Eine weitere Limitation dieser Arbeit ist der „Faktor Mensch“ auf der Seite des im Schockraum eingesetzten Personals. Auch wenn sich anhand einzelner Kriterien nachweisen lässt, dass der Algorithmus wirksam zur Anwendung kam, bietet die WBCT doch schnelle Gewissheit im Rahmen der Schockraumdiagnostik. Insbesondere bei Unsicherheit oder schweren Unfallmechanismen wird sie somit auch immer wieder außerhalb der Algorithmen zur Anwendung kommen.

Summierend lässt sich feststellen, dass die Etablierung eines Algorithmus und die damit einhergehende Visualisierung im Schockraum Handlungssicherheit und

einheitliche Standards schafft. Indikationen können schärfer definiert werden, ohne dabei die Anzahl übersehener Verletzungen zu erhöhen. Insgesamt lässt sich festhalten, dass der Algorithmus praktikabel ist, sich bewährt hat und zukünftig routinemäßig angewendet wird. Ergänzungen / Änderungen i. S. der Optimierung aufgrund von weiteren Erkenntniszuwächsen i. S. eines „living documents“ sind explizit vorgesehen.

7. Literaturverzeichnis

1. Linsenmaier U, Reiser M. MSCT in der Notfalldiagnostik. *Der Radiologe*. 2009;49(6):479-80.
2. Uffmann M, Prokop M. Multislice-CT der Lunge Technik und klinische Anwendungen. *Der Radiologe*. 2001;41(3):240-7.
3. Harvey JJ, West AT. The right scan, for the right patient, at the right time: the reorganization of major trauma service provision in England and its implications for radiologists. *Clinical radiology*. 2013;68(9):871-86.
4. Belabbas D, Auger M, Lederlin M, Bonenfant J, Gandon Y, Aube C, et al. Whole-Body CT after Motor Vehicle Crash: No Benefit after High-Energy Impact and with Normal Physical Examination. *Radiology*. 2019;292(1):94-100.
5. Huber-Wagner S, Lefering R, Qvick LM, Korner M, Kay MV, Pfeifer KJ, et al. Effect of whole-body CT during trauma resuscitation on survival: a retrospective, multicentre study. *Lancet*. 2009;373(9673):1455-61.
6. Jiang L, Ma Y, Jiang S, Ye L, Zheng Z, Xu Y, et al. Comparison of whole-body computed tomography vs selective radiological imaging on outcomes in major trauma patients: a meta-analysis. *Scandinavian journal of trauma, resuscitation and emergency medicine*. 2014;22:54.
7. Tsutsumi Y, Fukuma S, Tsuchiya A, Yamamoto Y, Fukuhara S. Whole-Body Computed Tomography During Initial Management and Mortality Among Adult Severe Blunt Trauma Patients: A Nationwide Cohort Study. *World journal of surgery*. 2018;42(12):3939-46.
8. Brenner DJ, Elliston CD. Estimated radiation risks potentially associated with full-body CT screening. *Radiology*. 2004;232(3):735-8.
9. Hsiao KH, Dinh MM, McNamara KP, Bein KJ, Roncal S, Saade C, et al. Whole-body computed tomography in the initial assessment of trauma patients: is there optimal criteria for patient selection? *Emergency medicine Australasia : EMA*. 2013;25(2):182-91.
10. Sierink JC, Treskes K, Edwards MJ, Beuker BJ, den Hartog D, Hohmann J, et al. Immediate total-body CT scanning versus conventional imaging and selective CT scanning in patients with severe trauma (REACT-2): a randomised controlled trial. *Lancet*. 2016;388(10045):673-83.
11. Topp T, Lefering R, Lopez CL, Ruchholtz S, Ertel W, Kuhne CA. Radiologic diagnostic procedures in severely injured patients - is only whole-body multislice computed tomography the answer? *International journal of emergency medicine*. 2015;8:3.
12. Jahresbericht 2024 TraumaRegister DGU®
13. Paffrath T LR, Flohé S, TraumaRegisterDGU. How to define severely injured patients? – An Injury Severity Score (ISS) based approach alone is not sufficient. *Injury*45(Suppl 3):64–69. 2014.
14. Pape HC L, Butcher N, Peitzman A, Leenen L, Marzi I, Lichte P, Josten C, Bouillon B, Schmucker U, Stahel PF, Giannoudis P, Balogh ZJ. The definition of polytrauma revisited: An international consensus process and proposal of the new „Berlin definition“. *Trauma Acute Care Surg*77:780–786. 2014.
15. R. Lefering UN, T. Paffrath. Was ist ein Schwerverletzter? Differenzierte Betrachtung der Fallschwere eines Traumapatienten. *Unfallchirurg* 2017 · 120:898–901. 2017.
16. Spering C, Roessler M, Kurlemann T, Dresing K, Sturmer KM, Lehmann W, et al. [Optimized resource mobilization and quality of treatment of severely injured patients through a structured trauma room alarm system]. *Der Unfallchirurg*. 2018;121(11):893-900.
17. Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung S3-Leitlinie. AWMF Register-Nr.: 187-023 2022

18. Pfeifer R, Teuben M, Andruszkow H, Barkatali BM, Pape HC. Mortality Patterns in Patients with Multiple Trauma: A Systematic Review of Autopsy Studies. *PLoS one*. 2016;11(2):e0148844.
19. Jochen Hinkelbein SB, Christopher Neuhaus, Hendrik Drinhaus, Michael Bernhard, Manuel Struck, Dan Bieler, Heiko Trentzsch, Holger Thiele, Dominique Singer, Bernd W. Böttiger. Notfallmedizinische Forschungsergebnisse 2015/2016 für die Praxis. *Notfallmedizin up2date* 11 | 2016. 2016.
20. Statistisches Bundesamt Polizeilich erfasste Unfälle [Internet]. https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Verkehrsunfaelle/_inhalt.html 2024
21. Franke A, Bieler D, Friemert B, Schwab R, Kollig E, Gusgen C. The First Aid and Hospital Treatment of Gunshot and Blast Injuries. *Deutsches Arzteblatt international*. 2017;114(14):237-43.
22. Navarro S, Montmany S, Rebaso P, Colilles C, Pallisera A. Impact of ATLS training on preventable and potentially preventable deaths. *World journal of surgery*. 2014;38(9):2273-8.
23. C.G. Wölfl BB, C.K. Lackner, A. Wentzensen, B. Gliwitzky, B. Groß, J. Brokmann, T. Hauer. Prehospital Trauma Life Support® (PHTLS®) Ein interdisziplinäres Ausbildungskonzept für die präklinische Traumaversorgung. *Unfallchirurg* 2008 · 111:688–694. 2008.
24. Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie DGU ITD. [Zitiert am 18.06.17] . Available from: http://www.traumanetzwerk-dgu.de/de/startseite_tnw.html.
25. Unfallchirurgie DGf. Weißbuch Schwerverletzten-Versorgung. Empfehlungen zur Struktur, Organisation, Ausstattung sowie Förderung von Qualität und Sicherheit in der Schwerverletzten-Versorgung in der Bundesrepublik Deutschland. . 2019;3., erweiterte Auflage.
26. Sturm JA, Lackner CK, Bouillon B, Seekamp A, Mutschler WE. [Advanced Trauma Life Support (ATLS)]. *Der Unfallchirurg*. 2002;105(11):1027-32.
27. S. Shafizadeh TT, E. Steinhausen, M. Balke, T. Paffrath, B. Bouillon, H. Bähris. Schockraummanagement von Schwerverletzten Eignet sich ATLS® als SOP? *Orthopäde* 2010 · 39:771–776. 2010.
28. S. Ruchholtz BZ, D. Nast-Kolb, C.Waydhas, D. Schwender, K. J. Pfeifer, L. Schweiberer. Qualitätsmanagement der frühen klinischen Polytraumaversorgung II. Therapieoptimierung durch Behandlungsleitlinien. *Unfallchirurg* 1997 100:859±866. 1997.
29. Wirth S, Hebebrand J, Basilico R, Berger FH, Blanco A, Calli C, et al. European Society of Emergency Radiology: guideline on radiological polytrauma imaging and service (short version). *Insights into imaging*. 2020;11(1):135.
30. Röntgengesellschaft D. Protokollempfehlungen der AG Bildgebende Verfahren des Bewegungsapparats (AG BVB) zur Ganzkörper-CT mehrfach verletzter bzw. polytraumatisierter Patienten. <https://www.drg.de/media/document/15503/protokollempfehlungen-ag-bvb.pdf>2017.
31. Ernstberger A, Schreyer A, Schleder S, Baumer S, Angerpointner, Diepold E, et al. Computertomographie bei Polytrauma Gibt es einen Goldstandard? *TraumaBerufskrankh*2017 · [Suppl 1]: 19:S57–S63 DOI 101007/s10039-016-0204-z.
32. Grupp U, Schafer ML, Meyer H, Lembcke A, Pollinger A, Wieners G, et al. Reducing Radiation Dose in Emergency CT Scans While Maintaining Equal Image Quality: Just a Promise or Reality for Severely Injured Patients? *Emergency medicine international*. 2013;2013:984645.
33. A. Prokop HH, K. Krüger, K. E. Rehm, J. Isenberg, G. Schiffer. Multislice-Spiral-CT zur Diagnostik beim Polytrauma. *Unfallchirurg* 2006 · 109:545–550. 2006.
34. Greffier J, Viry A, Robert A, Khorsi M, Si-Mohamed S. Photon-counting CT systems: A technical review of current clinical possibilities. *Diagn Interv Imaging*. 2025;106(2):53-9.

35. Bette S, Risch F, Becker J, Popp D, Decker JA, Kaufmann D, et al. Photon-counting detector CT - first experiences in the field of musculoskeletal radiology. *RoFo : Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen und der Nuklearmedizin*. 2025;197(1):34-43.
36. Stiell IG, Wells GA, Vandemheen K, Clement C, Lesiuk H, Laupacis A, et al. The Canadian CT Head Rule for patients with minor head injury. *Lancet*. 2001;357(9266):1391-6.
37. https://www.researchgate.net/figure/Canadian-CT-head-rule-poster-as-published-by-Stiell-et-al-5-reproduced-with-permission_fig2_339019405. Research Gate
38. Stiell IG, Wells GA, Vandemheen KL, Clement CM, Lesiuk H, De Maio VJ, et al. The Canadian C-spine rule for radiography in alert and stable trauma patients. *Jama*. 2001;286(15):1841-8.
39. Hoffman JR, Wolfson AB, Todd K, Mower WR. Selective cervical spine radiography in blunt trauma: methodology of the National Emergency X-Radiography Utilization Study (NEXUS). *Annals of emergency medicine*. 1998;32(4):461-9.
40. Crim JR, Moore K, Brodke D. Clearance of the cervical spine in multitrauma patients: the role of advanced imaging. *Seminars in ultrasound, CT, and MR*. 2001;22(4):283-305.
41. Rethnam U, Yesupalan RS, Bastawrous SS. The Swimmer's view: does it really show what it is supposed to show? A retrospective study. *BMC medical imaging*. 2008;8:2.
42. Grieser T. Rationale Bildgebung beim HWS-Trauma. *OP-Journal*.34(2):88-110.
43. Rodriguez RM, Anglin D, Langdorf MI, Baumann BM, Hendey GW, Bradley RN, et al. NEXUS chest: validation of a decision instrument for selective chest imaging in blunt trauma. *JAMA surgery*. 2013;148(10):940-6.
44. Uleberg O, Vinjevoll OP, Eriksson U, Aadahl P, Skogvoll E. Overtriage in trauma - what are the causes? *Acta anaesthesiologica Scandinavica*. 2007;51(9):1178-83.
45. Linder F, Mani K, Juhlin C, Eklof H. Routine whole body CT of high energy trauma patients leads to excessive radiation exposure. *Scandinavian journal of trauma, resuscitation and emergency medicine*. 2016;24:7.
46. Banerjee P, Panose P. The role of computed tomography in the primary survey of polytrauma patients. *British journal of hospital medicine*. 2013;74(2):66-7.
47. Adiotomre A, Chopra A, Kirwadi A, Kotnis N. Results from the first year as a major trauma radiology unit in the UK. *Clinical radiology*. 2014;69(8):812-21.
48. Bingol O, Ayrik C, Kose A, Bozkurt S, Narci H, Ovla D, et al. Retrospective analysis of whole-body multislice computed tomography findings taken in trauma patients. *Turkish journal of emergency medicine*. 2015;15(3):116-21.
49. Huber-Wagner S, Biberthaler P, Haberle S, Wierer M, Dobritz M, Rummeny E, et al. Whole-body CT in haemodynamically unstable severely injured patients--a retrospective, multicentre study. *PLoS one*. 2013;8(7):e68880.
50. Dr. T. Wurmb HB, P. Frühwald, T. Keil, M. Kredel, R. Meffert, N. Roewer, J. Brederlau. Polytraumamanagement im Wandel Zeitanalyse neuer Strategien für die Schockraumversorgung. *Unfallchirurg* 2009 112:390–399. 2009.
51. Wada D, Nakamori Y, Yamakawa K, Yoshikawa Y, Kiguchi T, Tasaki O, et al. Impact on survival of whole-body computed tomography before emergency bleeding control in patients with severe blunt trauma. *Critical care*. 2013;17(4):R178.
52. Hong ZJ, Chen CJ, Yu JC, Chan DC, Chou YC, Liang CM, et al. The evolution of computed tomography from organ-selective to whole-body scanning in managing unconscious patients with multiple trauma: A retrospective cohort study. *Medicine*. 2016;95(37):e4653.

53. Arruzza E, Chau M, Dizon J. Systematic review and meta-analysis of whole-body computed tomography compared to conventional radiological procedures of trauma patients. *European journal of radiology*. 2020;129:109099.
54. Wiercholowski W, Walecki J, Latos T. Rationality of using whole-body computed tomography in trauma patients. *Polish journal of radiology*. 2020;85:e132-e6.
55. Tien HC, Tremblay LN, Rizoli SB, Gelberg J, Spencer F, Caldwell C, et al. Radiation exposure from diagnostic imaging in severely injured trauma patients. *The Journal of trauma*. 2007;62(1):151-6.
56. Geyer LL, Koerner M, Wirth S, Mueck FG, Reiser MF, Linsenmaier U. Polytrauma: optimal imaging and evaluation algorithm. *Seminars in musculoskeletal radiology*. 2013;17(4):371-9.
57. U. Linsenmaier GS. Schockraum-Management Stellenwert der Multidetektor-Computertomographie (MDCT) in der frühen Versorgung von Traumapatienten. *Notfall Rettungsmed* 2010 · 13:436–444 2010.
58. Korner M, Krotz MM, Degenhart C, Pfeifer KJ, Reiser MF, Linsenmaier U. Current Role of Emergency US in Patients with Major Trauma. *Radiographics : a review publication of the Radiological Society of North America, Inc.* 2008;28(1):225-42.
59. Stengel D, Bauwens K, Sehoul J, Porzolt F, Rademacher G, Mutze S, et al. Systematic review and meta-analysis of emergency ultrasonography for blunt abdominal trauma. *British Journal of Surgery*. 2002;88(7):901-12.
60. Nagarsheth K, Kurek S. Ultrasound detection of pneumothorax compared with chest X-ray and computed tomography scan. *The American surgeon*. 2011;77(4):480-4.
61. Sauter TC, Hoess S, Lehmann B, Exadaktylos AK, Haider DG. Detection of pneumothoraces in patients with multiple blunt trauma: use and limitations of eFAST. *Emergency medicine journal : EMJ*. 2017;34(9):568-72.
62. Salim A, Sangthong B, Martin M, Brown C, Plurad D, Demetriades D. Whole body imaging in blunt multisystem trauma patients without obvious signs of injury: results of a prospective study. *Archives of surgery*. 2006;141(5):468-73; discussion 73-5.
63. Ruesseler M, Schill A, Lehnert T, Wyen H, Wutzler S, Marzi I, et al. Incidental findings in patients with multiple injuries: how to proceed? *The journal of trauma and acute care surgery*. 2013;75(5):848-53.
64. Treskes K, Bos SA, Beenen LFM, Sierink JC, Edwards MJR, Beuker BJA, et al. High rates of clinically relevant incidental findings by total-body CT scanning in trauma patients; results of the REACT-2 trial. *European radiology*. 2017;27(6):2451-62.
65. Trauma Co. ATLS Advanced Trauma Life Support 10th Edition Student Course Manual 2018.
66. F.A. Fellner JK, N. Lechner, D. Flöry. Polytrauma-Computertomographie Technische Grundlagen, Workflow und Dosisreduktion. *Radiologe* 2014 · 54:872–879.
67. Maung AA, Johnson DC, Barre K, Peponis T, Mesar T, Velmahos GC, et al. Cervical spine MRI in patients with negative CT: A prospective, multicenter study of the Research Consortium of New England Centers for Trauma (ReCONNECT). *The journal of trauma and acute care surgery*. 2017;82(2):263-9.
68. Corwin MT, Sheen L, Kuramoto A, Lamba R, Parthasarathy S, Holmes JF. Utilization of a clinical prediction rule for abdominal-pelvic CT scans in patients with blunt abdominal trauma. *Emergency radiology*. 2014;21(6):571-6.
69. Weiß C. Basiswissen Medizinische Statistik (Springer-Lehrbuch). 2019;7. Auflage.
70. Jahresbericht 2020 TraumaRegister DGU® [Internet]. 2020.
71. Schlechtriemen T, Burghofer Chr K, Lackner K, Altemeyer KH. Validierung des NACA-Score anhand objektiver Parameter. *Notfall & Rettungsmedizin*. 2005;2005 · 8:96–10.

72. Weiss M, Bernoulli L, Zollinger A. [The NACA scale. Construct and predictive validity of the NACA scale for prehospital severity rating in trauma patients]. *Der Anaesthesist*. 2001;50(3):150-4.
73. Raatiniemi L, Mikkelsen K, Fredriksen K, Wisborg T. Do pre-hospital anaesthesiologists reliably predict mortality using the NACA severity score? A retrospective cohort study. *Acta anaesthesiologica Scandinavica*. 2013;57(10):1253-9.
74. Goedecke M, Kuhn F, Stratos I, Vasan R, Pertschy A, Klar E. No need for surgery? Patterns and outcomes of blunt abdominal trauma. *Innovative surgical sciences*. 2019;4(3):100-7.
75. Jaekel C, Oezel L, Bieler D, Grassmann JP, Rang C, Lefering R, et al. [Implications of prehospital estimation of trauma patients for the treatment pathway-An evaluation of the TraumaRegister DGU®]. *Der Anaesthesist*. 2022;71(2):94-103.
76. Lang P, Kulla M, Kerwagen F, Lefering R, Friemert B, Palm HG, et al. The role of whole-body computed tomography in the diagnosis of thoracic injuries in severely injured patients - a retrospective multi-centre study based on the trauma registry of the German trauma society (TraumaRegister DGU((R))). *Scandinavian journal of trauma, resuscitation and emergency medicine*. 2017;25(1):82.
77. Cason B, Rostas J, Simmons J, Frotan MA, Brevard SB, Gonzalez RP. Thoracolumbar spine clearance: Clinical examination for patients with distracting injuries. *The journal of trauma and acute care surgery*. 2016;80(1):125-30.
78. Rostas J, Cason B, Simmons J, Frotan MA, Brevard SB, Gonzalez RP. The validity of abdominal examination in blunt trauma patients with distracting injuries. *The journal of trauma and acute care surgery*. 2015;78(6):1095-100 ; discussion 100 - 1.
79. Albrecht T, von Schlippenbach J, Stahel PF, Ertel W, Wolf KJ. [The role of whole body spiral CT in the primary work-up of polytrauma patients--comparison with conventional radiography and abdominal sonography]. *RoFo : Fortschritte auf dem Gebiete der Rontgenstrahlen und der Nuklearmedizin*. 2004;176(8):1142-50.
80. Becker A, Lin G, McKenney MG, Marttos A, Schulman CI. Is the FAST exam reliable in severely injured patients? *Injury*. 2010;41(5):479-83.
81. Osterwalder J, Mathis G, Hoffmann B. New Perspectives for Modern Trauma Management - Lessons Learned from 25 Years FAST and 15 Years E-FAST. *Ultraschall in der Medizin*. 2019;40(5):560-83.
82. Mahmood I, Tawfek Z, Abdelrahman Y, Siddiueqqi T, Abdelrahman H, El-Menyar A, et al. Significance of computed tomography finding of intra-abdominal free fluid without solid organ injury after blunt abdominal trauma: time for laparotomy on demand. *World journal of surgery*. 2014;38(6):1411-5.

8. Danksagung

Mein Dank gilt an dieser Stelle dem Betreuer der Arbeit, der mir die Erstellung dieser Arbeit in seiner Abteilung ermöglicht hat.

Mein besonderer Dank geht an mein Oberarzt für die Idee, Betreuung und Unterstützung, aber auch für die persönliche Prägung in den ersten Jahren nach abgeschlossener Approbation.

Außerdem danke ich dem Bundeswehrzentralkrankenhauses Koblenz, dort insbesondere den Mitarbeitenden des Archives und der Notaufnahme, die mich stets tatkräftig unterstützt haben.

Mein ganz persönlicher Dank geht an meine beste Freundin, die mir durch ihre stetige Motivation und persönliche Unterstützung erst die Fertigstellung dieser Arbeit ermöglicht hat.

9. Tabellarischer Lebenslauf

■ Persönliche Daten

Name: Beatrix Becker, geb. Nieder
Adresse: Lindenweg 20, 83435 Bad Reichenhall
Geburtsdaten: 17.07.1988
Geburtsort: Mainz
Familienstand: verheiratet

■ Beruflicher Werdegang

10/2025 Referatsleiter im Bereich Übung im Unterstützungskommando, Bonn
10/2023 Medizinischer Berater und Abteilungsleiter MPCC beim Europäischen Auswärtigen Dienst, Brüssel
03/2021 Teilnahme am Lehrgang Generalstabs-/Admiralstabdienst National, Hamburg
11/2018 Sanitätsdienstlicher Berater der Gebirgsjägerbrigade 23, Bad Reichenhall
03/2016 Tätigkeit als Truppenarzt am Standort Bad Reichenhall
11/2013 Beginn der Tätigkeit als Assistenzarzt am Bundeswehrzentral Krankenhaus
11/2013 Beendigung des Studiums. Erhalt der ärztlichen Approbation
10/2007 Versetzung zur Sanitätsstaffel Mainz
Beginn des Studiums der Humanmedizin an der Johannes Gutenberg Universität zu Mainz
07/2007 Eintritt in das Dienstverhältnis eines Sanitätsoffizieranwärters der Bundeswehr
Beginn der Grundausbildung im Sanitätslehrregiment Feldkirchen

■ Schulbildung

1998-2007 Maria-Ward-Schule, Mainz
03/2007 mit der allgemeinen Hochschulreife abgeschlossen
1994-1998 Martinus-Grundschule „An der Philippschanze“, Mainz