

Notfall Rettungsmed  
<https://doi.org/10.1007/s10049-025-01608-2>  
Angenommen: 21. Juli 2025

© The Author(s) 2025



# Datenwissenschaftliche Evaluation einer Modifikation des Berliner Algorithmus für die innerklinische Sichtung

Stefanie S. Ebel<sup>1</sup> · Andreas Bayer<sup>2</sup> · Stephan Prückner<sup>2</sup> · Lukas Kreß<sup>1</sup> · Axel R. Heller<sup>1</sup> · Christina C. Bartenschlager<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Klinik für Anästhesiologie und Operative Intensivmedizin, Medizinische Fakultät, Universität Augsburg, Universitätsklinikum Augsburg, Augsburg, Deutschland

<sup>2</sup> Institut für Notfallmedizin und Medizinmanagement (INM), LMU Klinikum München AöR, München, Deutschland

<sup>3</sup> Professur für Angewandte Datenwissenschaften im Gesundheitswesen, Nürnberg School of Health, Technische Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm, Nürnberg, Deutschland

## Zusammenfassung

**Hintergrund:** Die Bewältigung eines Massenankfalls von Verletzten stellt die Rettungskräfte vor Ort sowie Krankenhäuser vor große Herausforderungen. Entsprechend müssen Krankenhäuser eine Priorisierung eingelieferter Patienten mittels Sichtungsalgorithmen vornehmen. Vorarbeiten unserer Arbeitsgruppe zeigen deutliche Unterschiede der Güte dieser Sichtungsalgorithmen. Weiterentwicklungen bestehender Algorithmen müssen deshalb das Ziel haben, deren Sensitivität (SE) und Spezifität (SP) zu verbessern und bestenfalls den Aufwand ihrer Durchführung zu minimieren.

**Methode:** Auf Basis des Berliner Algorithmus (BER) für die innerklinische Sichtung und der Erfahrungen aus der medizinischen Praxis wurde eine Anpassung für das LMU Klinikum vorgeschlagen. Mit Genehmigung des Bundesamts für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe wurden 210 expertenvalidierte Fallvignetten zur Analyse dieses Münchner innerklinischen Sichtungsalgorithmus (MUC) verwendet. Jede Vignette wurde computergestützt dem modifizierten Algorithmus unterzogen, um die diagnostische Güte einordnen zu können.

**Ergebnisse:** Im Vergleich zum BER hat sich die SP für die SK I bei gleicher SE von 0,89 auf 0,93 verbessert. Für die SK II wird die SE von 0,37 auf 0,48 verbessert bei geringer Verschlechterung der SP von 0,92 auf 0,91. Für SK III erzielen beide Algorithmen dieselbe SE und SP. Die Gesamttestgüte gemessen am Youden-Index ist durch die Modifikation mit 0,93 für SK I und 0,39 für SK II am besten gegenüber allen anderen untersuchten Algorithmen sowie dem Ausgangsalgorithmus.

**Schlussfolgerung:** Neben der datenwissenschaftlichen Validierung des MUC zeigt die Studie, dass auch einfache Modifikationen von Algorithmen, z. B. die Reihenfolge der Abfrageitems, maßgeblichen Einfluss auf die diagnostische Güte von innerklinischen Sichtungsalgorithmen haben können.

## Schlüsselwörter

Triage · Innerklinische Sichtung · Münchner Algorithmus · Massenankfall an Verletzten · Katastrophenmedizin

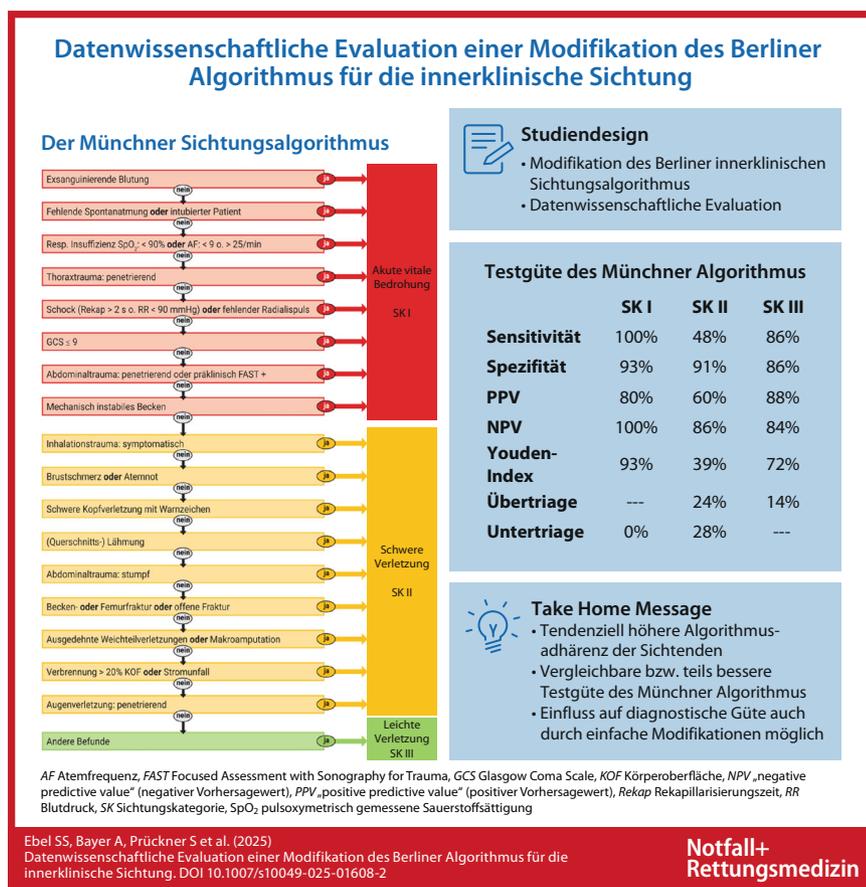
## Zusatzmaterial online

Die Online-Version dieses Beitrags (<https://doi.org/10.1007/s10049-025-01608-2>) enthält ergänzende Informationen und eine größere Version der Abb. 1. Bitte scannen Sie den QR-Code



Zusatzmaterial online – bitte QR-Code scannen

## Graphic abstract



## Einleitung

Auftretende Großschadenslagen wie zum Beispiel Zugunfälle oder Großbrände verursachen häufig eine hohe Anzahl verletzter Personen. Ein solcher Massenansturm an Verletzten (MANV) übersteigt dabei meist die zur Verfügung stehenden Ressourcen und stellt die Notfallmedizin vor medizinische und logistische Herausforderungen. Um das Überleben möglichst vieler Patienten zu sichern, ist ein effizienter Einsatz knapper Ressourcen erforderlich, solange bis individualmedizinische Prinzipien angewendet werden können [7]. Dazu wird eine Sichtung der Patienten durchgeführt und diese werden gemäß ihrem Behandlungsbedarf in die Sichtungskategorien (SK) I–III kategorisiert. Die Sichtungskategorie I (SK I „rot“) steht dabei für eine akute vitale Bedrohung mit höchster Dringlichkeit für die weitere Behandlung. Analog steht Sichtungskategorie II (SK II „gelb“) für schwere Verletzungen und Sichtungskategorie III (SK III „grün“) für leichte Verletzungen [6, 10, 18]. Anhand dieser Kategorien kann eine Priorisierung für die Versorgung vorgenommen werden. Unterschieden werden die nichtärztliche Vorsichtung am Einsatzort und eine spätere ärztliche Sichtung, die bei besonderen Lagen auch erst bei Einlieferung ins Krankenhaus erfolgen kann [5, 6, 18, 22]. In der Vergangenheit wurden dazu mehrere Algorithmen entwickelt und evaluiert [12, 13, 23].

In der 8. Sichtungskonsensuskonferenz (SiKoKonf) beim Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) wurde für die klinische Sichtung ein am X-ABCDE-Schema orientiertes Vorgehen analog dem Primary Survey bei ATLS/ETC gefordert [1, 6, 11, 17], das auch in die AWMF-Behandlungsleitlinien und Behandlungsstrategien für den Einsatz in klinischer Krisen- und Katastrophenmedizin [3] einfließt. Der Berliner Krankenhaus-Sichtungsalgorithmus [16] bietet dabei

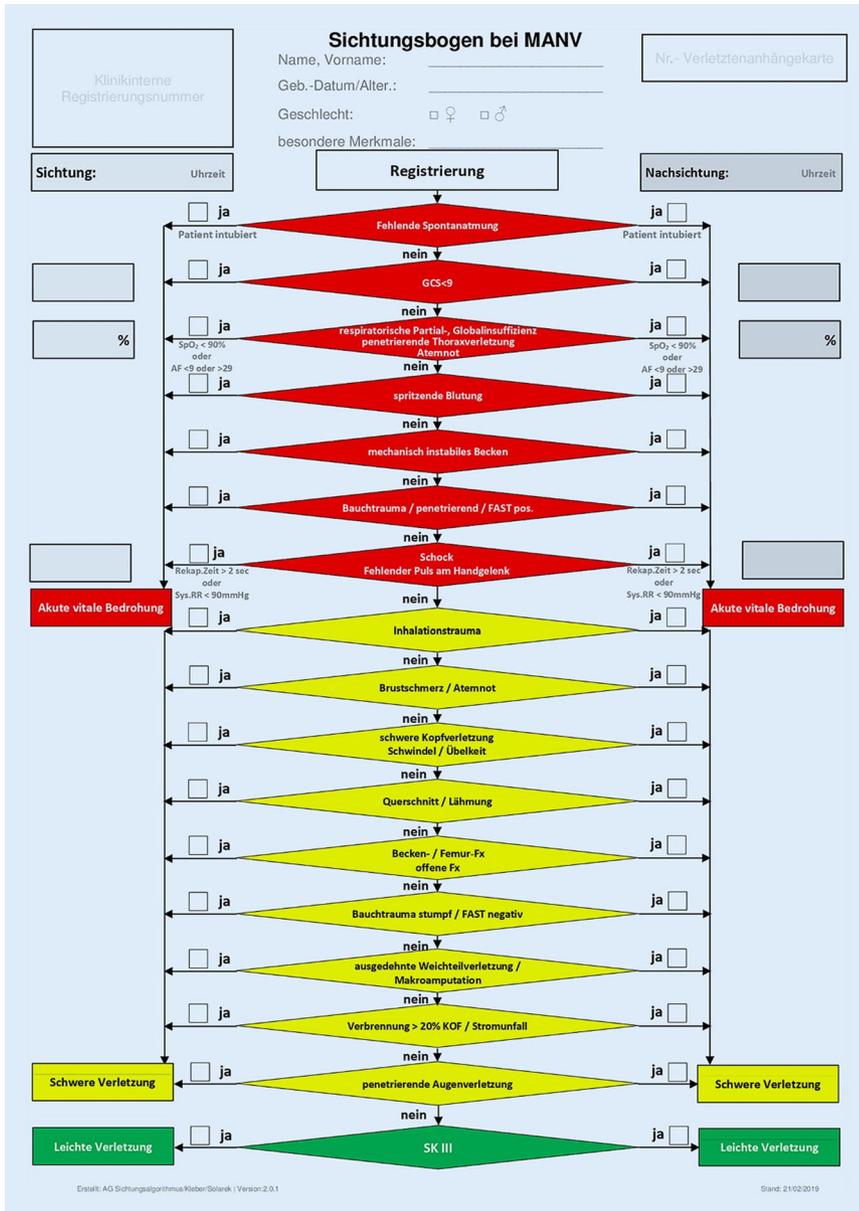
ein Werkzeug, das gezielt für die innerklinische Sichtung konzipiert wurde. In [12] wurde dessen Performanz gegenüber anderen Ansätzen validiert. Für den Einsatz im Klinikum der Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) soll der Algorithmus modifiziert werden. Nach der Anpassung des Ausgangsalgorithmus soll der neue Algorithmus datenwissenschaftlich validiert werden. Dazu werden Sensitivität (SE) und Spezifität (SP) des Berliner Algorithmus (BER) je SK den Ergebnissen des Münchner Algorithmus (MUC) gegenübergestellt.

ein Werkzeug, das gezielt für die innerklinische Sichtung konzipiert wurde. In [12] wurde dessen Performanz gegenüber anderen Ansätzen validiert. Für den Einsatz im Klinikum der Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) soll der Algorithmus modifiziert werden. Nach der Anpassung des Ausgangsalgorithmus soll der neue Algorithmus datenwissenschaftlich validiert werden. Dazu werden Sensitivität (SE) und Spezifität (SP) des Berliner Algorithmus (BER) je SK den Ergebnissen des Münchner Algorithmus (MUC) gegenübergestellt.

## Methoden

## Erstellung des Sichtungsalgorithmus

Grundlage des Münchner Sichtungsalgorithmus (MUC) war der Berliner Algorithmus (BER, siehe [Abb. 1](#); [16]), der entsprechend modifiziert wurde. Im Fokus stand dabei die Reihenfolge der Kriterien der SK I zur Identifikation akut vital bedrohter Patienten. Zum LMU Klinikum gehören zwei zentrale Notaufnahmen, in denen regelmäßig Sichtungsübungen durchgeführt werden, um standardisierte Vorgehensweisen bei einem MANV zu festigen. Dabei wurden auch mögliche Herausforderungen in der praktischen Umsetzung evaluiert. Die sichtenden Übungsteilnehmer merkten wiederholt an, dass die Untersuchung bei der Anwendung des BER von ihrem gewohnten Muster zur Ersteinschätzung von Notfallpatienten abweicht. Diese Einschätzung wurde auch von den Übungsbeobachtern einheitlich festgestellt. Die kognitive Umstellung bedingte, dass viele Sichter in einen Konflikt zwischen der algorithmuskonformen Abfrage der jeweiligen Kriterien und ihrem gewohnten Untersuchungsgang nach dem X-ABCDE-Prinzip gerieten. Diese Diskrepanz birgt das Risiko von Verzögerungen in der Sichtungsentcheidung. Diese Beobachtung bestärkt die Forderung aus der 8. SiKoKonf beim BBK an klinische Sichtungsalgorithmen, sich insbesondere in MANV-Situationen auf bekannte Vorgehensweisen wie das X-ABCDE-Schema zu stützen [1, 6, 11, 17]. Dementsprechend wurden die Kriterien des BER so rearrangiert, dass sie der prioritätenorientierten Untersuchung verbreiteter Traumaversorgungskonzepte



**Abb. 1** ▲ Berliner Algorithmus (BER) nach [16]. Für eine größere Version der Abbildung nutzen Sie bitte das online verfügbare Zusatzmaterial

entsprechen. Durch die bessere Integration in das gewohnte Handlungsschema konnte in den folgenden Übungen eine konsistentere Abarbeitung der Sichtsungsuntersuchung beobachtet werden. Ebenso waren Rückfragen der Übenden zur Anwendung des Algorithmus deutlich reduziert. Infolgedessen konnten die Sicherheit und Konsistenz bei der Durchführung erhöht werden durch die subjektive, wenngleich nicht quantifizierte, verbesserte Handhabung des Algorithmus.

Für die weitere Anwendung des modifizierten Algorithmus stellte sich die Frage, ob und inwiefern die geänderte Anordnung der Entscheidungskriterien Einfluss auf die Testgüte nimmt. Aus diesem Grund wurde im Weiteren eine datenwissenschaftliche Evaluation und Validierung vorgenommen.

## Datenwissenschaftlicher Vergleich des Berliner und Münchner Algorithmus

Die datenwissenschaftliche Evaluation von BER und MUC orientierte sich aufgrund der Vergleichbarkeit der Ergebnisse an der Vorgehensweise aus [12]. Als Datensatz wurden 210 expertenvalidierte Fallvignetten mit ausschließlich erwachsenen Patienten herangezogen. Die Fallvignetten haben keinen Patientenbezug und wurden durch Mitglieder der 8. SiKoKonf [6] unabhängig voneinander bewertet und einer Referenzsichtungskategorie (RefSK) zugeordnet. Um BER und MUC miteinander zu vergleichen, wurden beide Sichtungsalgorithmen in eine Python-Anwendung übersetzt. Dazu wurden die Parameter der Patienten wie folgt codiert: nichtzutreffende Abfragen wurden mit „0“ gekennzeichnet, zutreffende Abfragen mit „1“ und Abfragen, die aus dem Datensatz nicht abgeleitet werden können, mit „N“. Zusätzlich erfolgte eine Zusammenfassung der Kriterien „instabiles Becken“ und „Beckenfraktur“ zu einem Parameter. Eine tabellarische Übersicht der Patientenmerkmale wurde anschließend über die Pandas-Bibliothek in Python eingelesen.

Dort wurden je Fallvignette eine SK und die Anzahl der notwendigen Algorithmschritte berechnet. Hierzu wurden die jeweiligen Kriterien der Algorithmen automatisiert schrittweise abgefragt und je Patient eine entsprechende Zuordnung zu einer SK vorgenommen. Darüber hinaus wurde jeweils die Anzahl an Schritten gezählt, bis der Algorithmus terminierte.

Weiterhin wurden die von den Algorithmen errechneten SK mit der RefSK aus dem Datensatz verglichen. Dabei wurde je Algorithmus und SK eine Konfusionsmatrix erstellt, die angibt, wie viele Patienten korrekterweise bzw. fälschlicherweise einer SK zugeordnet bzw. nicht zugeordnet wurden. Die diagnostische Güte für die SK I-III wurde dann in Form von SE, SP, positivem Vorhersagewert (PPV), negativem Vorhersagewert (NPV) und Youden-Index [25] berechnet und bewertet. Die statistische Auswertung wurde ebenfalls in Python mithilfe der Numpy-Bibliothek umgesetzt. Ebenso wurden Über- und Untertriage berechnet, wobei Patienten der SK I nur korrekt klassifiziert oder untertriage

giert werden können, während Patienten der SK III nur korrekt eingestuft oder übertriiert werden können.

### Forschungsethik

Die Studie wurde in Übereinstimmung mit den ethischen Grundsätzen der Deklaration von Helsinki und der guten klinischen Praxis durchgeführt. Ein Ethikvotum war nicht erforderlich, da die vorliegenden Fallvignetten des BBK [12] keinerlei Patientenbezug haben.

### Ergebnisse

#### Definition der Diskriminanten des Münchner Algorithmus zur innerklinischen Sichtung

Gemäß der vorausgehend beschriebenen Adaption des BER wurde der MUC (siehe **Abb. 2**) erstellt. Um vital bedrohte Patienten zu erkennen und eine Übertrierte schwer und leicht verletzter Patienten zu vermeiden, werden für die Zuordnung zur SK I dieselben Kriterien wie im Ausgangsalgorithmus verwendet. Eine vollständige Liste hierzu ist dem Begleitmaterial zu entnehmen. Die Abfrage der Diskriminanten folgt im MUC jedoch in einer anderen Reihung als im BER, um dem X-ABCDE-Schema zu entsprechen. Durch die Aufteilung der Kriterien „respiratorische Insuffizienz“ und „penetrierende Thoraxverletzung“ verlängert sich die grafische Darstellung des Algorithmus. Jedoch prüfen sowohl der BER als auch der MUC beide Diskriminanten, sodass die für die klinische Untersuchung relevanten Abfragen in ihrem Umfang unverändert bleiben. Auch für die SK II werden im MUC dieselben Kriterien genutzt wie im BER und ggf. in ihrer Reihung vertauscht. Patienten mit sonstigen Verletzungen und Erkrankungen werden in SK III eingruppiert. Das Schema des MUC sowie Erläuterungen zur Handhabung und Hinweise zu einzelnen Diskriminanten sind online auf der Website des Instituts für Notfallmedizin und Medizinmanagement der LMU unter <https://www.inm-online.de/de/> abrufbar.

#### Datenwissenschaftliche Ergebnisse für die Gegenüberstellung des Berliner und Münchner Sichtungsalgorithmus

Zur Bewertung der Testgüte des BER und MUC wird die Zuordnung der Fallvignetten zu einer SK mit der RefSK aus dem Datensatz verglichen. Auf diese Weise kann je SK eine Konfusionsmatrix erstellt werden, in der gezählt wird, wie viele Patienten einer SK korrekterweise zugeordnet (richtig positiv), fälschlicherweise zugeordnet (falsch positiv), korrekterweise nicht zugeordnet (richtig negativ) oder fälschlicherweise nicht zugeordnet (falsch negativ) werden. Die Werte der Konfusionsmatrix je SK und Algorithmus sind **Tab. 1** zu entnehmen. Entsprechend den Werten aus der Konfusionsmatrix wird die Testgüte der Sichtungsalgorithmen hinsichtlich SE, SP, PPV, NPV und Youden-Index bestimmt, wie in **Tab. 2** angegeben. Es zeigt sich, dass das Ziel, alle vital bedrohten Patienten der SK I zu erkennen, sowohl im Ausgangsalgorithmus als auch bei seiner Modifikation erreicht wird. Die SE beträgt sowohl für den BER als auch für den MUC 1,0. Bei gleicher SE erzielt der BER jedoch nur eine SP von 0,89, während der MUC eine bessere SP von 0,93 erzielt.

Für die SK II unterscheiden sich die Algorithmen hinsichtlich SE, wobei der BER eine SE von 0,37 und der MUC eine SE von 0,48 erreicht. Hinsichtlich der SP für die SK II resultieren für die beiden Algorithmen vergleichbare Werte. Die Werte für SE und SP der SK III sind schließlich für beide Sichtungsalgorithmen identisch. Wird die Gesamttestgüte, gemessen am Youden-Index, für die einzelnen SK betrachtet, fällt auf, dass der MUC mit einem Wert von 0,93 für SK I sowie einem Wert von 0,39 für SK II nicht nur bessere Werte als der BER erzielt, sondern auch eine bessere Testgüte als andere in [12] evaluierte Sichtungsalgorithmen.

Die höhere SP des MUC für die SK I geht zeitgleich mit einem geringeren Anteil an übertriierten Patienten der SK II einher. Somit wird auch für das Ziel der Vermeidung von Übertrierte schwer und leicht verletzter Patienten eine Verbesserung gegenüber dem BER erzielt. Während im BER ca. 35% der Patienten aus SK II übertriiert werden, beträgt dieser Anteil

im MUC nur ca. 24%. Von den Patienten aus der SK III werden in beiden Algorithmen ca. 14% der Patienten übertriiert.

### Diskussion

Zusammenfassend präsentieren wir einen angepassten Algorithmus basierend auf dem BER [16], der speziell für die innerklinische Sichtung erwachsener Patienten am LMU Klinikum konzipiert ist. Um Großschadenslagen mit einem MANV erfolgreich zu bewältigen, sind geeignete Vorsichtungs- und Sichtungsalgorithmen notwendig, mit denen Patienten entsprechend ihrer Behandlungsdringlichkeit priorisiert werden können [18]. Für den präklinischen Einsatz wurden in der Vergangenheit unterschiedliche Algorithmen evaluiert [4, 13, 19–21], die jedoch nur bedingt für den Einsatz bei der innerklinischen Sichtung geeignet sind [12, 16]. Folglich ist die Weiterentwicklung von Algorithmen und Konzepten für die innerklinische Sichtung ein wichtiger Bestandteil der adäquaten Vorbereitung auf Großschadenslagen und Katastrophenfälle.

Dabei müssen sowohl Über- als auch Untertrierte bestmöglich vermieden werden: Bei einer „Übertrierte“ werden Patienten fälschlicherweise in eine höhere Dringlichkeitsstufe eingeteilt, als tatsächlich notwendig wäre – zum Beispiel durch einen Algorithmus. Dadurch werden mehr und komplexere medizinische Ressourcen in Anspruch genommen, die denjenigen Patienten nicht zur Verfügung stehen, die sie wirklich benötigen; somit wird deren Sterberisiko erhöht [2]. Bei einer „Untertrierte“ wird die tatsächliche Behandlungsdringlichkeit unterschätzt, sodass entsprechende Patienten nicht die benötigte intensive Behandlung erhalten, was ebenfalls die Sterblichkeit erhöht [24]. Das „Optimal Resources Document“ (ORD), das 2014 vom American College of Surgeons (ACS) veröffentlicht wurde, gibt für die Individualversorgung jenseits von Ressourcenknappheit Empfehlungen zur Einstufung von Patienten in bestimmte Level eines Traumanetzwerks. Darin wird eine „Übertrierte“ von 25 bis 35% akzeptiert. Dementsprechend kann in der Regelversorgung akzeptiert werden, wenn bis zu einem Drittel der Patienten vorsichtshalber in eine höhere Dringlichkeitsstufe eingeteilt wird

**Achtung!**

- Gefährliche Gegenstände? ■ H.a. Intoxikation? ■ H.a. Kontamination?

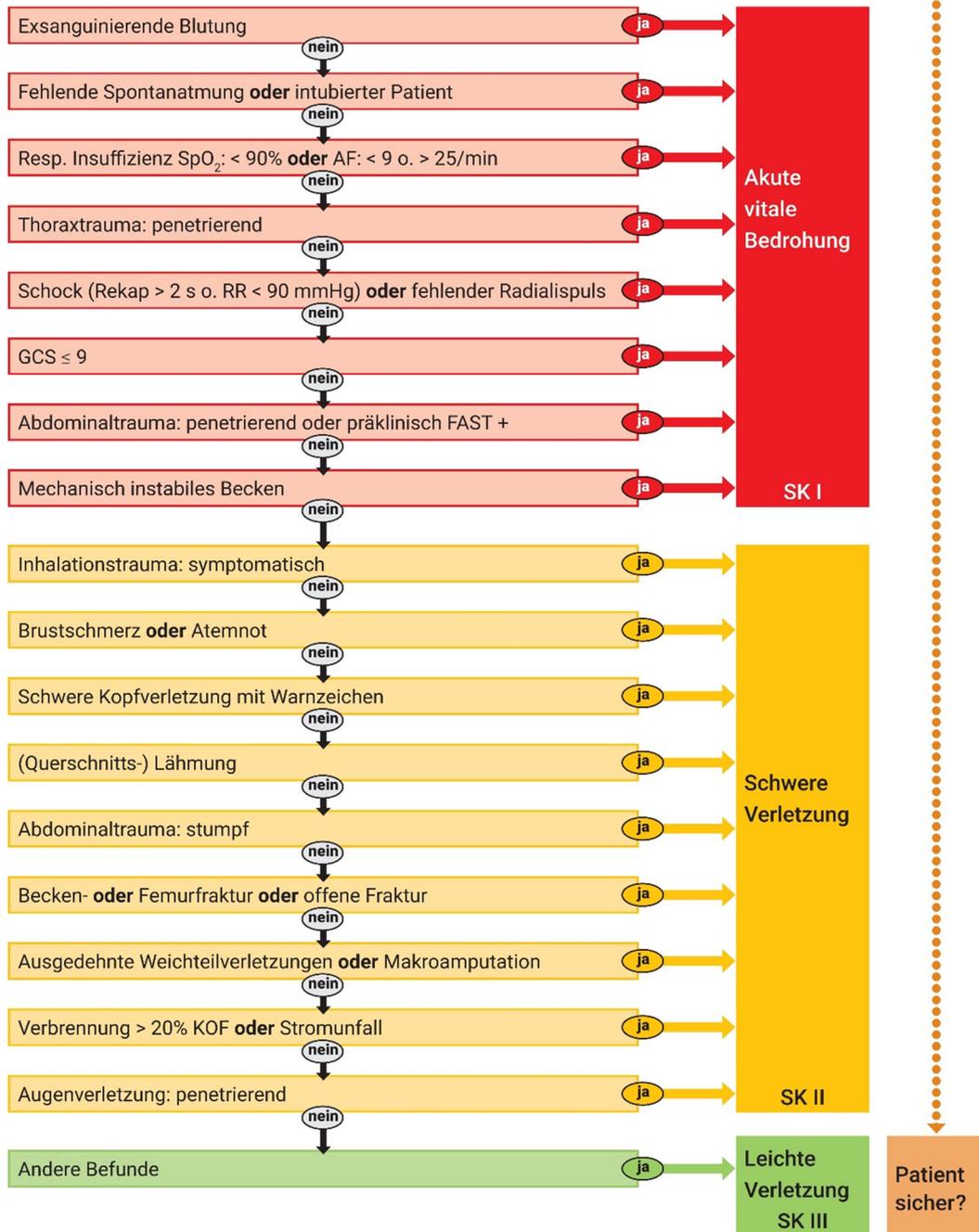


Abb. 2 ◀ Münchner Algorithmus (MUC)

**Tab. 1** Konfusionsmatrix je SK mit den Ergebnissen für den Berliner und Münchner Algorithmus

	SK I (rot)		SK II (gelb)		SK III (grün)	
	BER	MUC	BER	MUC	BER	MUC
Tatsächliche	49		46		115	
Korrekte Zuordnung (richtig positiv)	49	49	17	22	99	99
Falsche Zuordnung (falsch positiv)	18	12	14	15	13	13
Korrekte Nichtzuordnung (richtig negativ)	143	149	150	149	82	82
Falsche Nichtzuordnung (falsch negativ)	0	0	29	24	16	16

**Tab. 2** Testgüte für die Erkennung und Zuordnung je SK für den Berliner und Münchner Algorithmus

	SK I (rot)		SK II (gelb)		SK III (grün)	
	BER	MUC	BER	MUC	BER	MUC
Sensitivität	1,00	1,00	0,37	0,48	0,86	0,86
Spezifität	0,89	0,93	0,92	0,91	0,86	0,86
PPV	0,73	0,80	0,55	0,60	0,88	0,88
NPV	1,00	1,00	0,84	0,86	0,84	0,84
Youden-Index	0,89	0,93	0,28	0,39	0,72	0,72
Übertriage	–	–	34,8%	23,9%	13,9%	13,9%
Untertriage	0,0%	0,0%	28,3%	28,3%	–	–
<i>Algorithmusschritte (als Mediane mit minimaler und maximaler Anzahl Schritte)</i>						
Korrekt	3 (1–6)	3 (1–6)	10 (8–14)	10 (9–15)	17	18
Übertriiagiert	–	–	3 (2–4)	6 (1–6)	8 (2–14)	9 (6–15)
Untertriiagiert	–	–	17	18	–	–
Gesamt	3 (1–6)	3 (1–6)	9 (8–14)	10 (9–15)	17	18
<i>BER Berliner Algorithmus [16], MUC Münchner Algorithmus</i>						

als nötig. Dies geschieht bewusst, da es wichtiger ist, kritische Fälle nicht zu übersehen, selbst wenn dadurch Ressourcen unnötig beansprucht werden. Gleichzeitig sollte die „Untertriagerate“ nicht über 5% liegen, um sicherzustellen, dass möglichst alle schwer Verletzten die nötige Behandlung erhalten. Die Sicherheit der Patienten hat dabei oberste Priorität [9]. Der absolute oder relative Ressourcenmangel bei Großschadenslagen erfordert jedoch eine stringenter Handhabung der Übertriagerate [2, 8, 11, 13], da eine Fehlinanspruchnahme von bis zu einem Drittel aller Patienten nicht beherrscht werden kann [3].

Wie in früheren Arbeiten erläutert [12, 13, 16, 19] ist die Diskriminante „gefhähig“ zwar ein passendes Kriterium für die präklinische Vorsichtung, um einen schnellen Überblick über die Lage zu erhalten, jedoch für die innerklinische Sichtung zu ungenau und ungeeignet. Dementsprechend findet sich eine solche Diskriminante weder im BER noch im MUC wieder. Während der Münchner Algorithmus ins-

gesamt mehr Schritte umfasst als andere (Vor-)Sichtungsalgorithmen [12, 19, 23], kombiniert er die Abfrage physiologischer Parameter wie auch anatomisch-pathologischer und neurologischer Befunde.

Die datenwissenschaftliche Validierung des aus dem BER weiterentwickelten MUC zeigt, dass bereits die geringfügige Variation einzelner Diskriminanten zu einer höheren Sichtungsgüte hinsichtlich SE und SP führen kann. Verglichen mit dem BER sowie dem jordanisch-deutschen klinischen Sichtungsalgorithmus (JorD; [12]) erzielt der MUC für SK I und SK II die beste Gesamttestgüte gemessen am Youden-Index. Für SK III werden der BER und MUC nur knapp durch den JorD übertroffen [12]. Insbesondere für die Gruppe vital bedrohter Patienten wird eine möglichst präzise Einstufung angestrebt, bei der Patienten der SK I erkannt und schwer oder leicht verletzte Patienten nicht übertriiagiert werden. Gemäß Frykberg [8] und Armstrong et al. [2] steigt je Prozent an Übertriage die Letalität der Verletzten um 0,5%. Im unter-

suchten Testdatensatz zeigt sich für die SK I bei gleicher Sensitivität eine verbesserte Spezifität, mit der sich die Übertriage von Patienten der SK II um ca. 10% reduzieren lässt.

Limitierend ist zu erwähnen, dass der MUC basierend auf medizinischem Erfahrungswissen und dem bestehenden BER entwickelt wurde. In diesem Entwicklungsschritt wurde auf eine simultane datenwissenschaftliche Analyse oder Diskussion ethischer Perspektiven verzichtet. Der Testdatensatz für die Evaluation erweist sich mit einer Anzahl von 210 Patientenfallvignetten als vergleichsweise klein. Weiterhin handelt es sich um fiktive Fallbeispiele, die aus der Analyse von Krankenhauseinsatzübungen entwickelt wurden [12, 15]. In der Datenaufbereitung trat dabei die Herausforderung auf, dass textuelle Angaben, wie z. B. „getrübtes Bewusstsein“, keine direkte Auskunft über den Grad der Bewusstseinsstörung geben und somit zu Verzerrungen bei der Codierung der Patientenparameter führen können. Außerdem werden die Abfrageitems „instabiles Becken“ und „Beckenfraktur“ im Datensatz als ein Kriterium betrachtet. Die Länge des Sichtungsalgorithmus mit 17 Abfrageitems geht mit einem erhöhten zeitlichen Aufwand einher. Dieser ist im praktischen Anwendungsfall gegen die diagnostische Güte kürzerer Algorithmen abzuwägen. Für den BER konnte gezeigt werden, dass die Verlängerung des Algorithmus um vier Abfragen zu einer besseren Abgrenzung zwischen SK-II- und SK-III-Patienten führte [16]. Weiterhin werden in der Evaluation weder positive Effekte durch die Erfahrung der Sichtenden noch menschliche Fehler der Anwender berücksichtigt, sondern nur die Algorithmen auf Basis existierender Daten gegenübergestellt. Durch den zunehmenden technologischen Fortschritt können Untersuchungsgänge in Zukunft weiter unterstützt werden. Insofern wird davon ausgegangen, dass alle Vitalparameter und Verletzungsbilder korrekt erfasst sind.

## Schlussfolgerung

Die vorliegende Studie zeigt eine Adaptation des Berliner Sichtungsalgorithmus auf, die für die Anwendung am LMU Klinikum vorgenommen wurde. Aus der subjektivi-

ven, rein qualitativen Beobachtung der Anwendung des modifizierten Algorithmus zeigen sich eine Tendenz zur höheren Algorithmusadhärenz sowie eine Reduktion von Nachfragen bei Unsicherheiten hinsichtlich der Erhebung der Diskriminanten. Die Unterschiede in der klinischen Performanz der beiden untersuchten Algorithmen sollten weiterführend systematisch untersucht werden.

Die Notwendigkeit gezielter Weiterentwicklungen von (Vor-)Sichtungsalgorithmen ergibt sich daraus, dass bisher kein dominierender Algorithmus mit einer SE und SP von 100 % für alle SK bekannt ist [13, 14, 19]. Die datenwissenschaftliche Validierung des Münchner Algorithmus zeigt für den Testdatensatz eine hohe SE und SP für SK I und SK III sowie eine hohe SP für SK II. Insbesondere für die Gruppe der vital bedrohten und schwer verletzten Patienten gelingt eine bessere Zuordnung als im Berliner Algorithmus [12, 16]. Auch die Referenzwerte für den Jordanisch-Deutschen Projektalgorithmus zur innerklinischen Sichtung werden übertroffen [12]. In zukünftigen Weiterentwicklungen könnten zusätzliche Verbesserungspotenziale insbesondere in Bezug auf die SK II adressiert werden. Darüber hinaus sollten die Ergebnisse für den vorgestellten und weitere innerklinische Sichtungsalgorithmen an weiterführenden realen Datensätzen evaluiert werden [12]. Die eigenständige Anpassung validierter Sichtungsalgorithmen durch Kliniker sollte nur erfolgen, wenn sie datenwissenschaftlich begleitet wird. Dabei muss besonders darauf geachtet werden, wie sich die Änderung auf die Zuverlässigkeit und Genauigkeit eines Algorithmus auswirkt [11].

#### Fazit für die Praxis

- Der Münchner innerklinische Sichtungsalgorithmus stellt sowohl aus einer Anwendungsperspektive als auch aus einer Datenperspektive eine sehr gute Alternative zum Berliner innerklinischen Sichtungsalgorithmus dar.
- Auch einfache Modifikationen von Algorithmen, z.B. die der Reihenfolge der Abfrageitems, können maßgeblichen Einfluss auf die diagnostische Güte von innerklinischen Sichtungsalgorithmen haben.

#### Korrespondenzadresse



#### Christina C. Bartschlager

Professur für Angewandte Datenwissenschaften im Gesundheitswesen, Nürnberg School of Health, Technische Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm  
Keßlerplatz 12, 90489 Nürnberg, Deutschland  
christina.bartschlager@th-nuernberg.de

**Förderung.** Diese Studie wurde aus Mitteln des Projekts „Technisch Assistierte Triage“ durch das Bundesministerium der Verteidigung finanziert.

**Funding.** Open Access funding enabled and organized by Projekt DEAL.

**Datenverfügbarkeit.** Die Daten werden auf begründete Anfrage nach Rücksprache mit dem BBK zur Verfügung gestellt.

#### Einhaltung ethischer Richtlinien

**Interessenkonflikt.** S.S. Ebel, A. Bayer, S. Prückner, L. Kreß, A.R. Heller und C.C. Bartschlager geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Für diesen Beitrag wurden von den Autor/-innen keine Studien an Menschen oder Tieren durchgeführt. Für die aufgeführten Studien gelten die jeweils dort angegebenen ethischen Richtlinien.

**Open Access.** Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden. Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen. Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

#### Literatur

1. American College of Surgeons (2018) ATLS advanced trauma life support—student course manual
2. Armstrong JH, Hammond J, Hirshberg A, Frykberg ER (2008) Is overtriage associated with increased mortality? The evidence says “yes”. *Disaster Med Public Health Prep* 2(1):4–5. <https://doi.org/10.1097/DMP.0b013e31816476c0> (author reply 5–6)
3. AWMF (2021) Ameldung S2k-Leitlinie: Behandlungsleitlinien und Behandlungsstrategien für den Einsatz in klinischen Krisen- und Katastrophenmedizin (AWMF-Registernummer 187–048)
4. Bazary J, Farrokhi M, Khankeh H (2019) Triage systems in mass casualty incidents and disasters: a review study with a worldwide approach. *Open Access Maced J Med Sci* 7(3):482–494. <https://doi.org/10.3889/oamjms.2019.119>
5. Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) (2015) Protokoll der 6. Sichtungskonsensus-Konferenz 2015. Bonn. [https://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Mediathek/Publikationen/Gesundheit/Sichtung/protokoll-6sikonon-download.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=5](https://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Mediathek/Publikationen/Gesundheit/Sichtung/protokoll-6sikonon-download.pdf?__blob=publicationFile&v=5) (zuletzt aktualisiert am 05.05.2020)
6. Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) (2019) Protokoll der 8. Sichtungskonsensus-Konferenz 2019. Bonn. [https://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Mediathek/Publikationen/Gesundheit/Sichtung/protokoll-8sikonon-download.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=5](https://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Mediathek/Publikationen/Gesundheit/Sichtung/protokoll-8sikonon-download.pdf?__blob=publicationFile&v=5) (zuletzt aktualisiert am 05.05.2020)
7. Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) (Hrsg.) (2020) Handbuch Krankenhausalarm- und einsatzplanung (KAEP). Empfehlungen für die Praxis zur Erstellung eines individuellen Krankenhausalarm- und einsatzplans. BBK, Bonn
8. Frykberg ER (2002) Medical management of disasters and mass casualties from terrorist bombings: How can we cope? *J Trauma Inj Infect Crit Care* 53(2):201–212. <https://doi.org/10.1097/01.TA.0000021586.40033.BA>
9. Gianola S, Castellini G, Biffi A, Porcu G, Fabbri A, Ruggieri MP et al (2021) Accuracy of pre-hospital triage tools for major trauma: a systematic review with meta-analysis and net clinical benefit. *World J Emerg Surg* 16(1):31. <https://doi.org/10.1186/s13017-021-00372-1>
10. Heller AR, Brüne F, Kowalzik B, Wurmb T (2018) Großschadenslagen: Neue Konzepte zur Sichtung. *Dtsch Arztebl* 115(31–32):1432–1433
11. Heller AR, Hähn F, Brüne F, Wurmb T, Franke A, Kowalzik B (2025) Ergebnisse der Sichtungskonsensus-Konferenzen und Glossar Sichtung. *Notfall Rettungsmed* 28:
12. Heller AR, Neidel T, Klotz PJ, Solarek A, Kowalzik B, Juncken K, Kleber C (2023) Validierung innerklinischer Sichtungsalgorithmen für den Massenansturm von Verletzten – eine simulationsbasierte Studie – deutsche Version. *Anaesthesiologie* 72(7):467–476. <https://doi.org/10.1007/s00101-023-01291-3>
13. Heller AR, Salvador N, Frank M, Schiffner J, Kipke R, Kleber C (2017) Diagnostische Güte von Vorsichtungs- und Sichtungsalgorithmen für den Massenansturm von Verletzten und Erkrankten. *Anaesthesist* 66(10):762–772. <https://doi.org/10.1007/s00101-017-0336-y>

14. Jenkins JL, McCarthy ML, Sauer LM, Green GB, Stuart S, Thomas TL, Hsu EB (2008) Mass-casualty triage: time for an evidence-based approach. *Prehosp Disaster Med* 23(1):3–8. <https://doi.org/10.1017/S1049023X00005471>
15. Kleber C, Cwojdzinski D, Strehl M, Poloczek S, Haas NP (2013) Results of in-hospital triage in 17 mass casualty trainings: underestimation of life-threatening injuries and need for re-triage. *Am J Disaster Med* 8(1):5–11. <https://doi.org/10.5055/ajdm.2013.0106>
16. Kleber C, Solarek A, Cwojdzinski D (2020) Der Berliner Krankenhaus-Sichtungsalgorithmus für den Massenansturm von Verletzten: Entwicklung, Implementierung und Einfluss auf übungsbasierte Sichtungsergebnisse. *Unfallchirurg* 123(3):187–198. <https://doi.org/10.1007/s00113-019-0668-y>
17. Lott C, Araujo R, Cassar MR, Di Bartolomeo S, Driscoll P, Esposito I et al (2009) The European Trauma Course (ETC) and the team approach: past, present and future. *Resuscitation* 80(10):1192–1196. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2009.06.023>
18. Neidel T, Heller AR (2018) Triage beim Massenansturm von Verletzten (MANV). *Notfmed Up2date* 13(02):135–149. <https://doi.org/10.1055/a-0607-1895>
19. Neidel T, Heller AR (2021) Einfluss der Reihenfolge von Items auf die diagnostische Qualität von Vorsichtungsalgorithmus hinsichtlich der Vergabe der Sichtungskategorie I. *Notfall Rettungsmed* 24(7):1025–1032. <https://doi.org/10.1007/s10049-020-00776-7>
20. Neidel T, Salvador N, Heller AR (2017) Impact of systolic blood pressure limits on the diagnostic value of triage algorithms. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 25(1):118. <https://doi.org/10.1186/s13049-017-0461-2>
21. Paul AO, Kay MV, Huppertz T, Mair F, Dierking Y, Hornburger P et al (2009) Validierung der Vorsichtung nach dem mSTART-Algorithmus: Pilotstudie zur Entwicklung einer multizentrischen Evaluation. *Unfallchirurg* 112(1):23–30. <https://doi.org/10.1007/s00113-008-1517-6>
22. Sefrin P (2014) Vorsichtung notwendig! Bericht von der Nachfolge-Sichtungskonferenz 2013. *Notarzt* 30:85–87
23. Streckbein S, Kohlmann T, Luxen J, Birkholz T, Prückner S (2016) Sichtungskonzepte bei Massenanstürmen von Verletzten und Erkrankten: Ein Überblick 30 Jahre nach START. *Unfallchirurg* 119(8):620–631. <https://doi.org/10.1007/s00113-014-2717-x>
24. van Rein EAJ, Houwert RM, Gunning AC, Lichtveld RA, Leenen LPH, van Heijl M (2017) Accuracy of prehospital triage protocols in selecting severely injured patients: a systematic review. *J Trauma Acute Care Surg* 83(2):328–339. <https://doi.org/10.1097/TA.0000000000001516>
25. Youden WJ (1950) Index for rating diagnostic tests. *Cancer* 3(1):32–35. [https://doi.org/10.1002/1097-0142\(1950\)3:1%3C32::aid-cnrc2820030106%3E3.co;2-3](https://doi.org/10.1002/1097-0142(1950)3:1%3C32::aid-cnrc2820030106%3E3.co;2-3)

**Hinweis des Verlags.** Der Verlag bleibt in Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutsadressen neutral.

## Data-based evaluation of a modification of the Berlin Algorithm for in-hospital triage

**Background:** Managing a mass casualty incident presents significant challenges for both emergency responders and hospitals. Consequently, hospitals must prioritize incoming patients using triage algorithms. Prior research from our working group demonstrated substantial differences in the accuracy of these triage algorithms. Therefore, improvements to existing algorithms should aim to enhance their sensitivity (SE) and specificity (SP) while ideally minimizing the effort required for their implementation.

**Method:** Building on the Berlin Algorithm (BER) for in-hospital triage and incorporating clinical experience, an adaptation was proposed for LMU University Hospital. With approval from the German Federal Office of Civil Protection and Disaster Assistance, 210 expert-validated case vignettes were utilized to analyze this Munich in-hospital triage algorithm (MUC). Each vignette was processed through the modified algorithm using a computer-assisted approach to assess its diagnostic performance.

**Results:** Compared to the BER, SP for triage category I improved from 0.89 to 0.93 while maintaining the same SE. For triage category II, SE increased from 0.37 to 0.48, with a minor decrease in SP from 0.92 to 0.91. Both algorithms achieved identical SE and SP for triage category III. The overall test performance, measured by the Youden index, was highest for the modified algorithm, with values of 0.93 for category I and 0.39 for category II, outperforming all other examined algorithms, including the original model.

**Conclusion:** Beyond the data-driven validation of the MUC, this study demonstrates that even simple modifications to triage algorithms, such as changes in the sequence of assessment items, can significantly influence their diagnostic performance in in-hospital triage settings.

### Keywords

Triage · In-hospital triage · Munich Algorithm · Mass casualty incidents · Disaster medicine