

FAT-Schriftenreihe 383

Codierung und Analyse der AO-Klassifikation für Fuß- und Sprunggelenksverletzungen zur Evaluation potentieller Langzeitfolgen



Codierung und Analyse der AO-Klassifikation für Fuß- und Sprunggelenksverletzungen zur Evaluation potentieller Langzeitfolgen

Forschungsstelle:

Verkehrsunfallforschung an der TU Dresden GmbH (VUFO GmbH)

Autoren:

Arsenii Shishkov

Thomas Unger

**Das Forschungsprojekt wurde mit Mitteln der Forschungsvereinigung
Automobiltechnik e.V. (FAT) gefördert.**

1. Abkürzungen

Abkürzung	Beschreibung
<i>GIDAS</i>	German In-Depth Accident Study
<i>AIS</i>	Abbreviated Injury Scale
<i>MAIS</i>	Maximum des AIS für eine Körperregion oder Person
<i>AO</i>	Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO-Foundation, Schweiz)
<i>UKD</i>	Uniklinikum Dresden
<i>OUPC</i>	Orthopädie, Unfall- und Plastische Chirurgie
<i>VUFO</i>	Verkehrsunfallforschung an der TU Dresden GmbH
<i>SHK</i>	Studentische Hilfskraft

2. Aufgabenstellung

Die Aufgabenstellung für dieses Forschungsvorhaben beinhaltet die Bearbeitung mehrerer Teilschritte, welche im nachfolgenden Kurzbericht näher ausgeführt werden:

- Identifikation relevanter Fälle und AO-Klassifikation der Verletzungen
- AO-Klassifikation durch ärztliches Personal des OUPC
- Deskriptive Statistik / Auswertungen
- Entwicklung der zukünftigen Vorgehensweise einer AO-Klassifikation in GIDAS

3. Motivation

Im Bereich der Fahrzeug- und Verkehrssicherheit finden bei der Beschreibung der Unfallfolgen vor allem zwei Metriken zur Klassifizierung der Verletzungsschwere Anwendung. Die Verletzungsschwere nach amtlicher Definition (leicht / schwer / tödlich verletzt) hängt dabei vor allem von der Hospitalisierungsdauer ab. Sie ist wenig differenziert (vor allem für „schwer verletzte“ Personen) und besitzt nur sehr wenig Aussagekraft zu den tatsächlichen physischen Unfallfolgen. Der AIS (Abbreviated Injury Scale) bzw. MAIS (Maximum aller AIS-codierten Einzelverletzungen einer Person) besitzt dem gegenüber einige Vorteile (auf medizinischen Diagnosen basierend, Einzelverletzungsbewertung, detailreichere Unterscheidung von Schwerverletzten) und ist daher die im Bereich Fahrzeugsicherheit/Unfallforschung am häufigsten genutzte Definition. Der AIS-Bewertung liegt maßgeblich das Letalitätsrisiko als Metrik zu Grunde.

Allerdings treten durch die sinkenden Zahlen schwer(st)verletzter Personen (v.a. bei PKW-Insassen) auch „moderate“ (im Sinne des Letalitätsrisikos) Verletzungen (AIS2) immer mehr in den Fokus der Fahrzeug- und Verkehrssicherheitsarbeit. Hier ist jedoch ein alleiniges Abstellen auf die Metrik „Letalitätsrisiko“ (AIS) ungeeignet, da sich innerhalb des Schweregrades AIS 2 sehr unterschiedliche Verletzungen finden, die bezüglich der langfristigen (psychischen und physischen) Folgen eine sehr hohe Varianz aufweisen. So verheilen einige AIS2-Verletzungen innerhalb kurzer Zeit folgenfrei, während andere in teils lebenslangen Konsequenzen resultieren. Die mit manchen Verletzungen einhergehenden funktionalen Einschränkungen sowie Schmerzen, Reduktion der Erwerbstätigkeit, Verlust an Lebensqualität sowie notwendige Behandlungs- und Therapiemaßnahmen sind mit hohen volkswirtschaftlichen Kosten bzw. gesellschaftlichen Auswirkungen assoziiert.

Für derartige Konsequenzen von Verkehrsunfällen ist der Kenntnisstand noch unzureichend. Um mittel- und langfristig eine weitere Minderung volkswirtschaftlicher Kosten durch Verkehrsunfälle sowie Erhalt und/oder adäquate Wiederherstellung der individuellen Gesundheit und Lebensqualität zu erreichen, besteht ein zusätzlicher Daten- und Forschungsbedarf.

Ziel dieses Projektes ist es, diesen Forschungsbedarf am konkreten Beispiel vermeintlich wenig schwerer (i.S. der AIS-Einstufung), aber dafür sehr folgenreicher Fuß- und Sprunggelenksverletzungen zu adressieren. Zudem ist dieses Vorhaben als Machbarkeitsstudie angelegt, in der geklärt werden soll, wie im Rahmen der „German In-Depth Accident Study – GIDAS“ verlässliche AO-Klassifikationen bereitgestellt werden können. Bei der AO-Klassifikation handelt es sich um eine Klassifikation von Einzelverletzungen bzw. Verletzungsmustern aus medizinischer Akutversorger-Sicht. Hierbei geht es im Wesentlichen um die Beschreibung von morphologischen Verletzungen von Knochen- und Bänderapparat. Ziel der AO-Klassifikation von Verletzungen ist die Festlegung der benötigten chirurgischen bzw. orthopädischen Versorgung des Patienten.

4. Methodik

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurden GIDAS-Daten zur AO-Codierung bei Verletzungen des Sprunggelenks und des Fußes wissenschaftlich untersucht und auf ihre Qualität hin geprüft.

Der Kern der Untersuchung bestand neben der Analyse der vorhandenen Datengüte in einem Vergleich von AO-Codierungen unterschiedlicher (codierender) Personengruppen. Die Projektlaufzeit erstreckte sich über ein Jahr (Januar 2023 bis Januar 2024). [1]

Zum Projektstart wurde ein Master-Datensatz aus den Fällen im Erhebungsgebiet Dresden erzeugt (Basis: GIDAS-Datenbank, Stand 31.12.2022). Dieser enthält die relevanten und notwendigen (Verletzungs-) Parameter (Art der Verletzung, Lokalisation der Verletzung, AIS-Codierung der Einzelverletzungen).

Durch ein erstelltes Software-Tool wurden die Fälle für die eigentliche Codierung vorprozessiert, z.B. wurden Bilddokumentationen den codierten Einzelverletzungen zugeordnet. Daraus ergab sich eine Stichprobe von 543 verwertbaren Verletzungen aus 314 Unfällen. Im Anschluss wurde in Abstimmung mit dem Universitätsklinikum Dresden (UKD) eine Codier-Software entwickelt und bereitgestellt, um die AO-Klassifikation effizient und zielgerichtet durchzuführen.

Für die Bearbeitung des Projekts wurden drei Personengruppen in verschiedene Codiererguppen unterteilt und so die Inter-Observer-Variabilität untersucht. Die jeweiligen Codiererguppen bestehen aus dem (fach-)ärztlichen Personal des UniversitätsCentrums Orthopädie, Unfall- und Plastische Chirurgie (OUPC) des UKD, den medizinischen Festangestellten des Dresdner GIDAS-Erhebungsteams und den medizinischen studentischen Hilfskräften (SHK) der Verkehrsunfallforschung an der TU Dresden GmbH (VUFO).

Vor der Durchführung der Codierung von 543 Verletzungen fand eine eintägige Schulung durch das Team des OUPC statt. In dieser Schulung wurden alle Codiererguppen bezüglich der Vorgehensweise bei der Codierung gemäß der AO-Klassifikation unterrichtet.

Im Anschluss an die Codierung der Verletzungen erfolgte die statistische Analyse der Datensätze. Diese wurden durch deskriptive Statistiken veranschaulicht, um einen Überblick über die ausgewerteten Fälle mit aufgetretenen Verletzungen im Fuß- und Sprunggelenksbereich zu schaffen. Zudem wurden Auswertungen zu den unterschiedlichen Gruppen der Fallbearbeiter vorgenommen und diese mit den vorhandenen Codierungen in GIDAS verglichen.

5. Relevante Verletzungen

Die Identifikation der relevanten Verletzungen wurde in Absprache mit dem ärztlichen Personal und den FAT-Projektbetreuern vorgenommen. Verletzungen wurden durch die Art der Verletzung und den Sitz der Verletzung beschrieben. Es wurden Verletzungen des Sprunggelenks, der Fußwurzel und des Mittelfußes betrachtet. Zehenknochen (Phalanx) wurden von der Betrachtung ausgeschlossen.

Das Sprunggelenk setzt sich aus dem oberen Sprunggelenk (OSG) und dem unteren Sprunggelenk (USG) zusammen. Das obere Sprunggelenk verbindet die unteren (distalen) Enden des Schienbeins (Tibia) und des Wadenbeins (Fibula) mit dem Sprungbein (Talus). Im unteren Sprunggelenk drehen sich das Fersenbein (Calcaneus) und das Kahnbein (Os naviculare) gegen das Sprungbein um eine definierte Achse.

Unter Verletzungen der Fußwurzel sind Verletzungen des Sprung- und des Fersenbeins und das mit den Knochen des Mittelfußes verbundene Kahnbein, die Keilbeine (Ossa cuneiformia I-III) und das Würfelbein (Os cuboideum) bezeichnet. Der Mittelfuß (Metatarsus) umfasst die fünf Mittelfußknochen (Ossa metatarsalia I-V), die die Fußwurzel mit den Zehenknochen verbinden. Abbildung 5-1 stellt eine Draufsicht der Fußknochen dar.

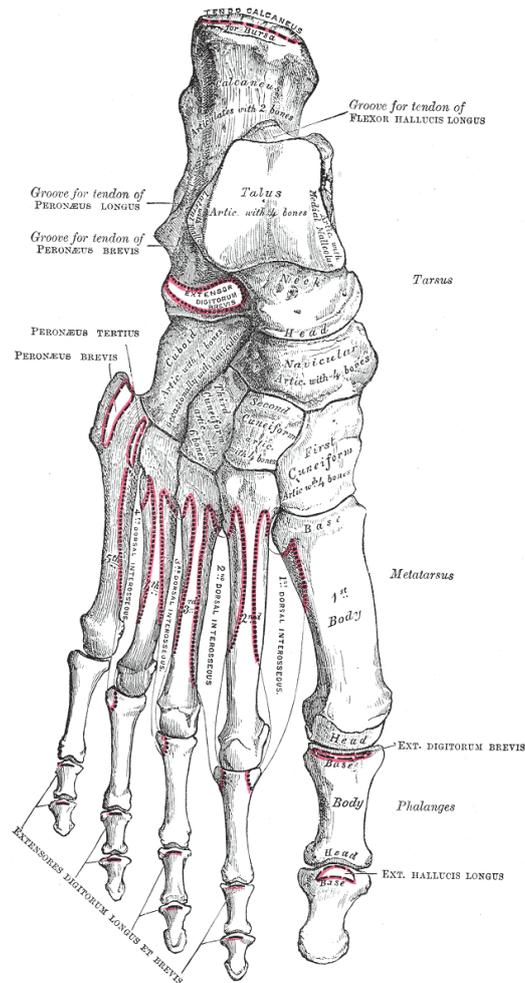


Abbildung 5-1: Knochen des rechten Fußes von oben [2]

6. Ergebnisse

Nahezu die Hälfte aller Personen in GIDAS sind unverletzt (46,7%). 38,9% der Personen in GIDAS sind nach amtlicher Definition leicht verletzt (d.h. ambulante Behandlung, max. 24 Stunden Klinikaufenthalt) und 13,4% schwerverletzt. 0,9% der 101.581 dokumentierten Personen erlitten tödliche Verletzungen.

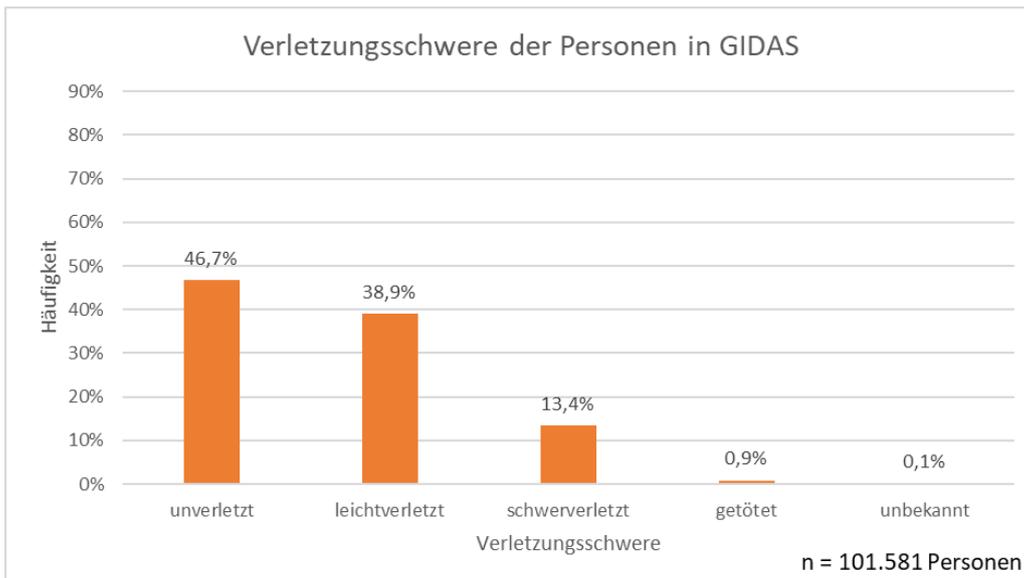


Abbildung 6-1: Verteilung der Verletzungsschwere in GIDAS

Unter den 316 im Masterdatensatz enthaltenen Personen (mit einer relevanten Fuß- bzw. Sprunggelenksverletzung) fanden sich am häufigsten schwer verletzte Personen (83,2%). Unfallbeteiligte Personen mit leichten Verletzungen machen einen Anteil von 16,5% des Datensatzes aus. Im Datensatz befindet sich zudem eine getötete Person, was 0,3% der Gesamtanzahl der Personen entspricht.

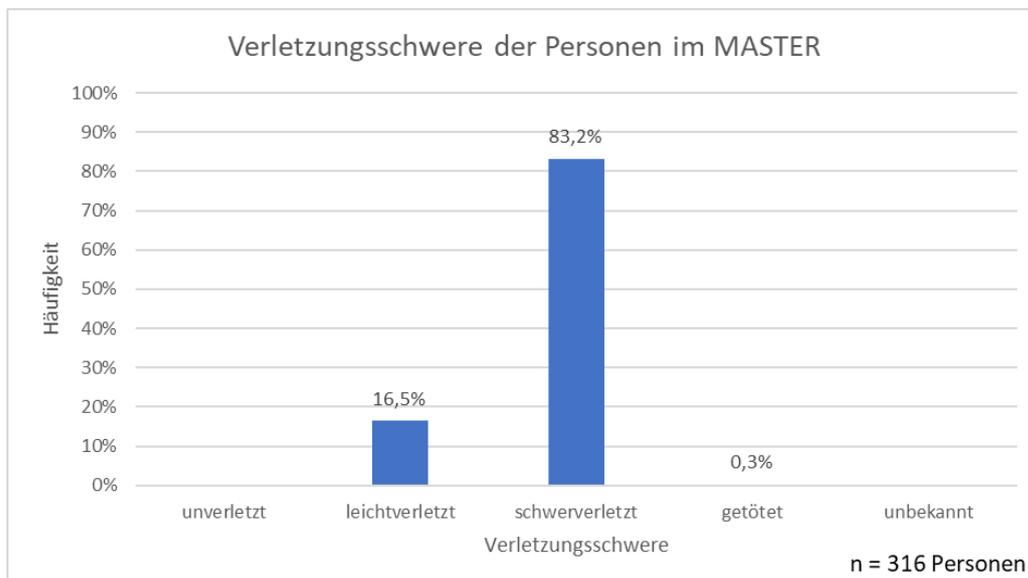


Abbildung 6-2: Verteilung der Verletzungsschwere im Masterdatensatz

Für einen kurzen Überblick über das betrachtete Unfallgeschehen der Personen mit Fuß- und Sprunggelenksverletzungen ist im Folgenden die Verteilung der Unfalltypen im Masterdatensatz dargestellt.

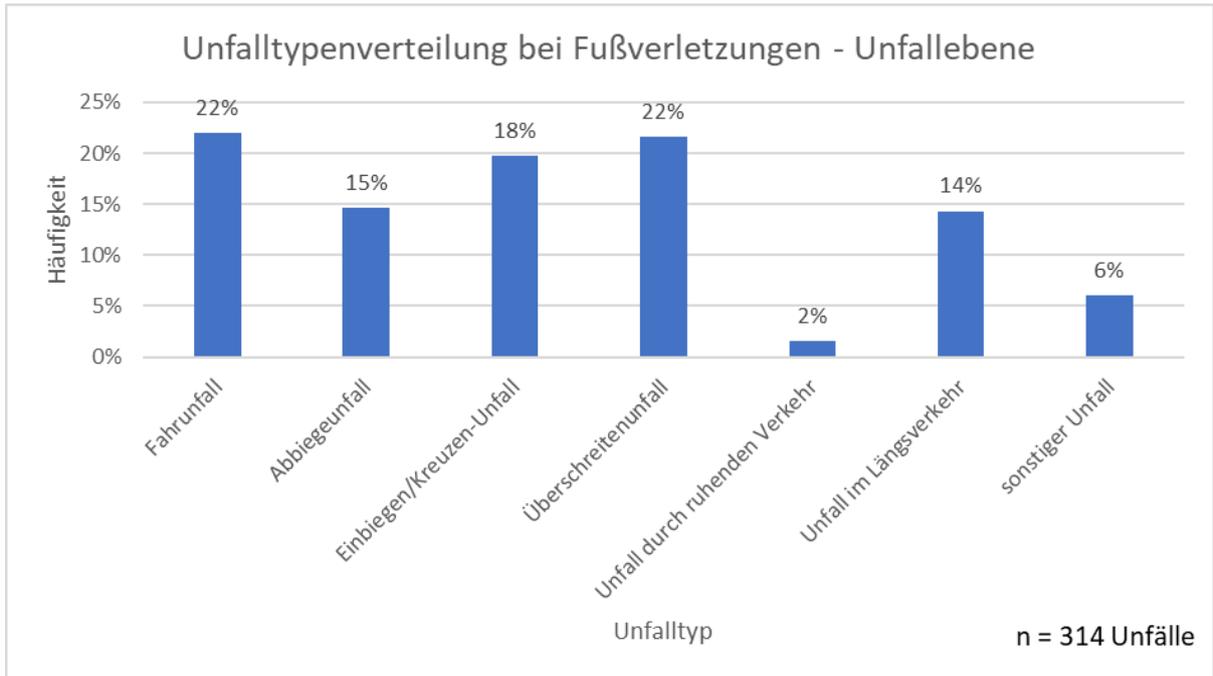


Abbildung 6-3: Unfalltypenverteilung im Masterdatensatz

Die häufigsten Unfälle im Masterdatensatz sind Fahr Unfälle (22%) und Überschreiten-Unfälle (22%), gefolgt von Einbiegen/Kreuzen-Unfällen (18%). Die meisten Verletzungen im Datensatz entstanden dagegen in Fahr Unfällen (21%), Überschreiten-Unfällen (20%) und bei Unfällen im Längsverkehr (20%).

Bei der Verkehrsbeteiligungsart der 315 Unfallbeteiligten dominieren motorisierte Zweiräder (31%) und Fußgänger (30%). Auch bei der Anzahl der Verletzungen sind motorisierte Zweiräder mit 35% am häufigsten vertreten.

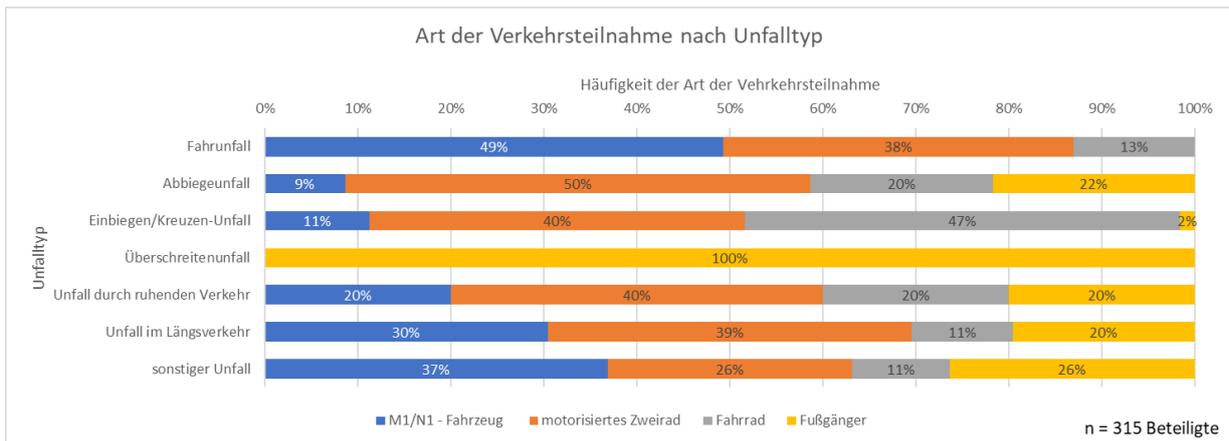


Abbildung 6-4: Verkehrsbeteiligung und Unfalltyp im Masterdatensatz

In Fahr Unfällen sind am häufigsten PKW und deren Derivate (M1/N1-Fahrzeuge) involviert (49%), während in Abbiegeunfällen motorisierte Zweiräder überproportional häufig beteiligt sind (50%). In Überschreiten-Unfällen treten erwartungsgemäß ausschließlich Fußgänger als verletzte Personen in Erscheinung. Verletzte Fahrradfahrer mit Fuß- und Sprunggelenksverletzungen sind insbesondere beim Unfalltyp Einbiegen/Kreuzen häufig vertreten.

Die Auswertung der 543 betrachteten Einzelverletzungen ergibt zunächst, dass Metatarsal-Frakturen im Masterdatensatz dominieren (29,1%). Diese weisen, im Gegensatz zu den anderen aufgeführten Verletzungen, tendenziell weniger schwere Langzeitfolgen auf.

Über ein Fünftel der Verletzungen sind distale Tibiafrakturen (22,5%), gefolgt von Fibulafrakturen, die auch den Malleolus (Knöchel) einschließen (20,1%).

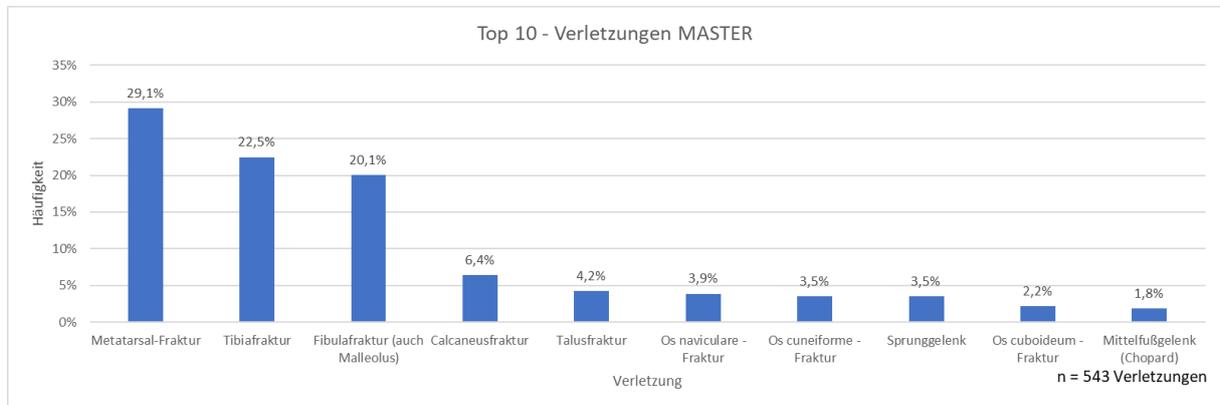


Abbildung 6-5: TOP10 Verletzungen im Masterdatensatz

Interessant ist zudem die Frage, ob die Fuß- bzw. Sprunggelenksverletzung eine untergeordnete Begleitverletzung ist oder für den Schweregrad nach AIS-Klassifikation eine mitbestimmende Rolle einnimmt. Für diese Einordnung wurde der MAIS der Personen untersucht und mit den Verletzungen des Datensatzes verglichen.

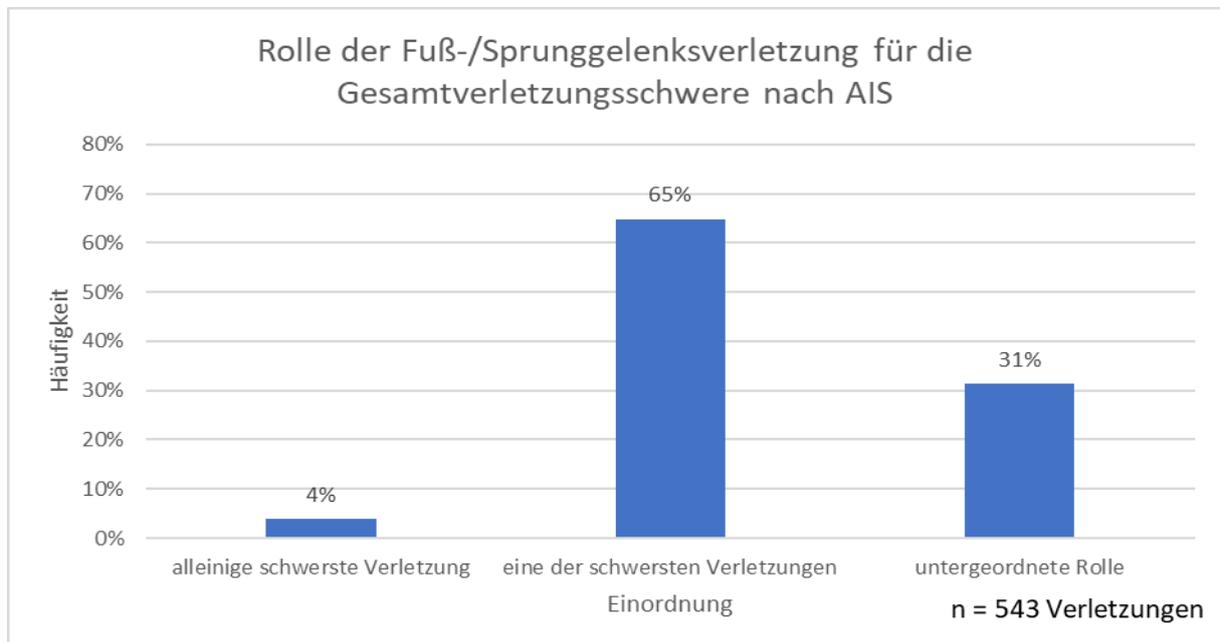


Abbildung 6-6: Rolle der Fuß- und Sprunggelenksverletzung für die Gesamtverletzungsschwere

Die Auswertung zeigt, dass 65% der Verletzungen die gleiche Schwere haben wie der MAIS einer Person, wobei mindestens eine weitere Verletzung des gleichen AIS-Levels vorliegt. Hier bestimmt die Fuß- und Sprunggelenksverletzung den MAIS mit. In 31% spielt die Verletzung eine untergeordnete Rolle. 4% der Verletzungen bestimmen als alleinige schwerste Verletzung den MAIS der Person.

Um Verbesserungsmaßnahmen abzuleiten oder Maßnahmen der Verletzungsprävention umzusetzen, ist es notwendig, die Mechanismen und Ursachen für die entstandenen Verletzungen zu ergründen. Aus diesem Grund sind in den nächsten Auswertungen die verletzungsverursachenden Komponenten der 543 Fuß- und Sprunggelenksverletzungen dargestellt.

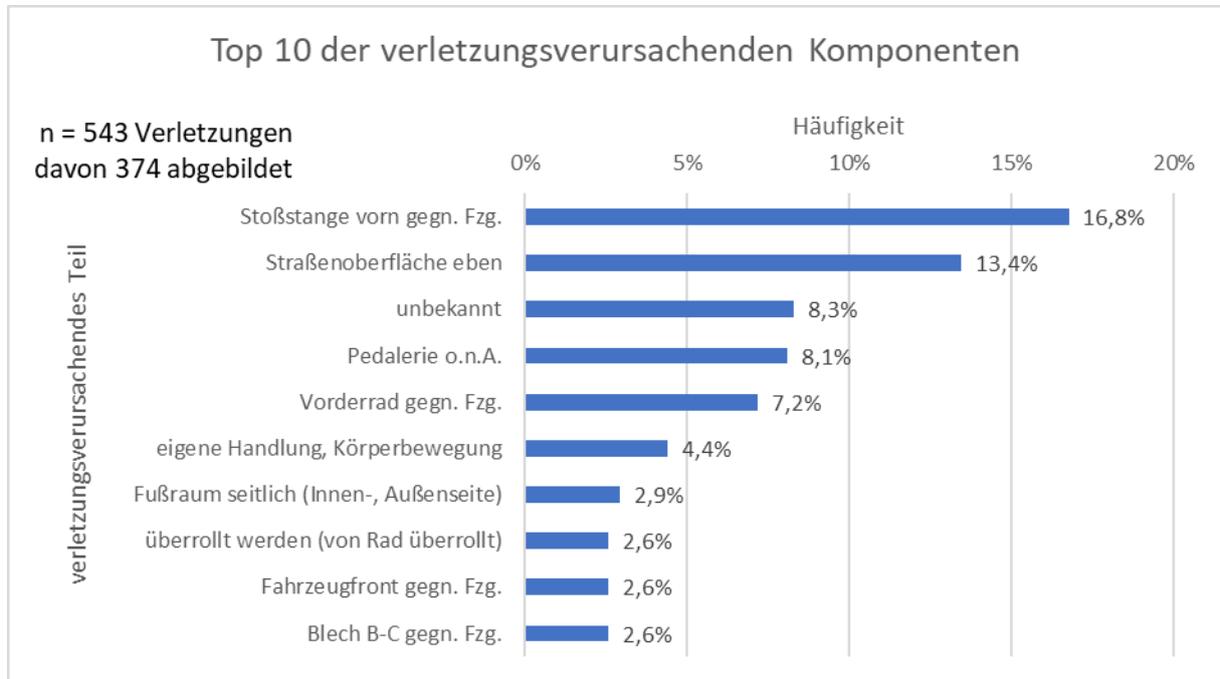


Abbildung 6-7: TOP 10 der verletzungsverursachenden Komponenten - alle Beteiligungsarten

Werden die Verletzungen über alle Arten der Verkehrsteilnahme zusammen betrachtet, so ist die vordere Stoßstange¹ eines gegnerischen Fahrzeugs das am häufigsten Verletzungen verursachende Element im Datensatz (16,8%), gefolgt von der Straßenoberfläche (13,4%). Werden die unbekannt Elemente nicht berücksichtigt, ist die Pedalerie mit 8,1% die dritthäufigste Verletzungsursache.

¹ Die vom Fahrzeugteil bzw. von der Komponente "Stoßstange" verursachten Verletzungen resultieren i.d.R. aus dem Anprall des Unterschenkels an den Stoßfänger, während der Fuß auf der Fahrbahn aufsteht und durch die Körpermasse belastet ist. Im Folgenden kommt es aufgrund der Einleitung von Kräften und Momenten zu Verletzungen im Bereich des Fußes und Sprunggelenks. Als verletzungsverursachende Komponente (Anprallteil) wird in GIDAS in solchen Fällen die Stoßstange codiert.

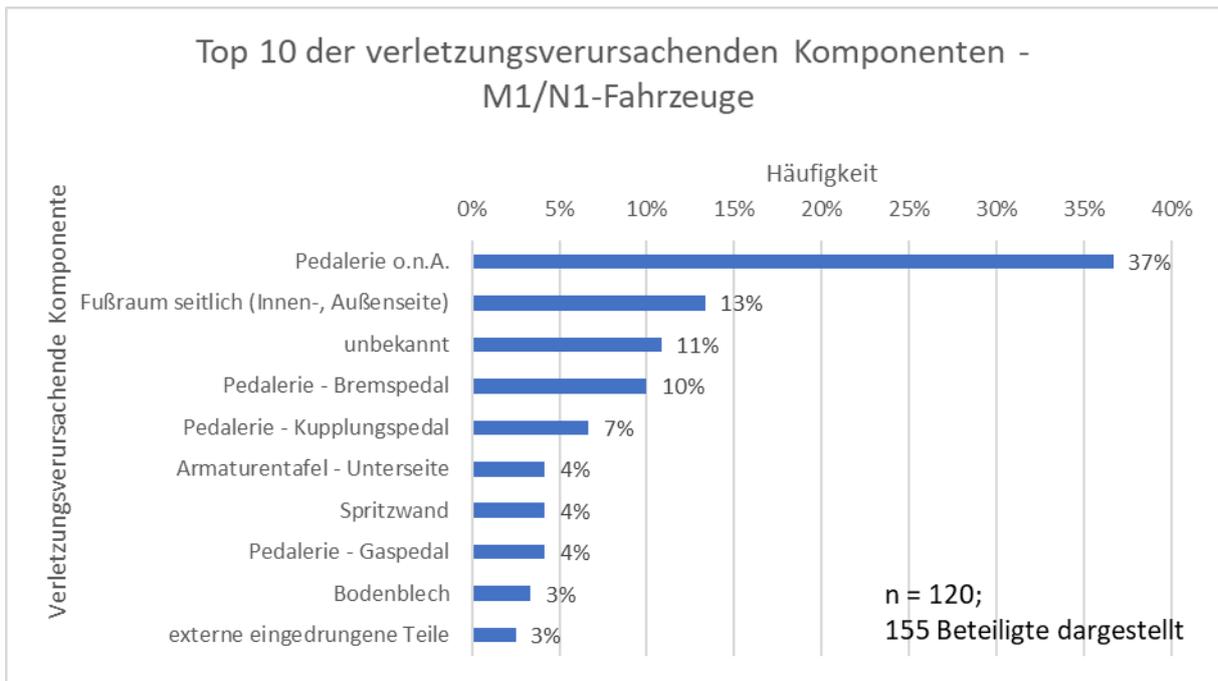


Abbildung 6-8: Top 10 der verletzungsverursachenden Komponenten - M1/N1

Am häufigsten entstehen Fuß- und Sprunggelenksverletzungen in M1/N1-Fahrzeugen durch die Pedalerie. Werden die Ausprägungen Pedalerie o.n.A., Bremspedal, Kupplungspedal und Gaspedal zusammengefasst, liegt der Anteil bei 58%. Der seitliche Fußraum (13%) liegt in dieser Auswertung auf dem zweiten Rang.

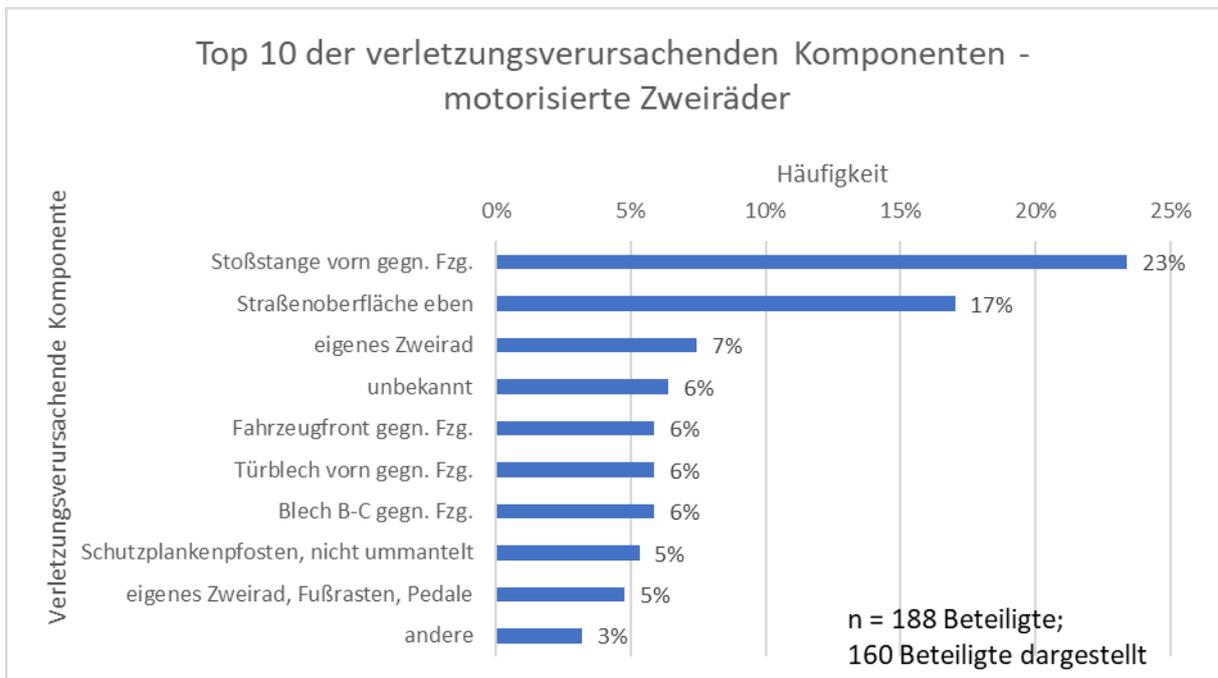


Abbildung 6-9: Top 10 der verletzungsverursachenden Komponenten - motorisierte Zweiräder

Die vordere Stoßstange des gegnerischen Fahrzeugs ist die am häufigsten auftretende verletzungsverursachende Komponente von motorisierten Zweiradfahrern im Datensatz (23%), gefolgt von der Straßenoberfläche (17%; i.d.R. Sekundärprall oder isolierter Sturz).

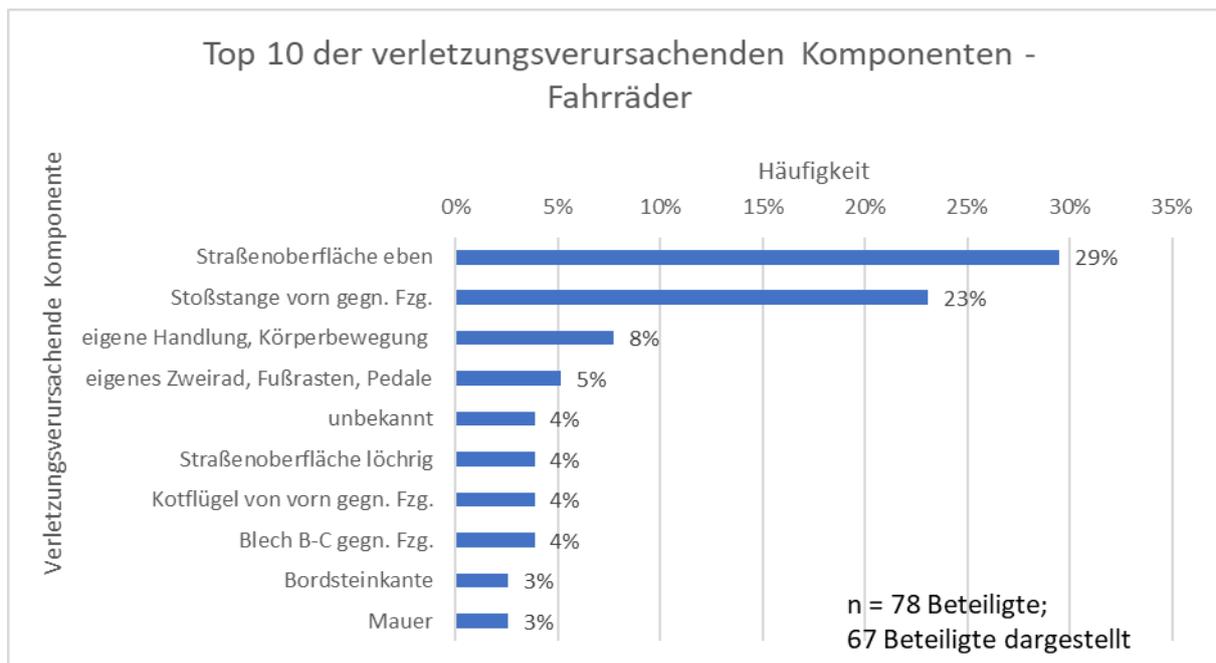


Abbildung 6-10: Top 10 der verletzungsverursachenden Komponenten - Fahrräder

Bei Fahrradaufsassen treten die beiden häufigsten verletzungsverursachenden Komponenten im Vergleich zum Motorradaufsassen in getauschter Reihenfolge auf. Hier ist die (ebene) Straßenoberfläche die häufigste erfasste Ausprägung im Datensatz (29%), während ein knappes Viertel (23%) der Verletzungen aus dem Anprall an die Stoßstange eines gegnerischen Fahrzeuges resultiert.

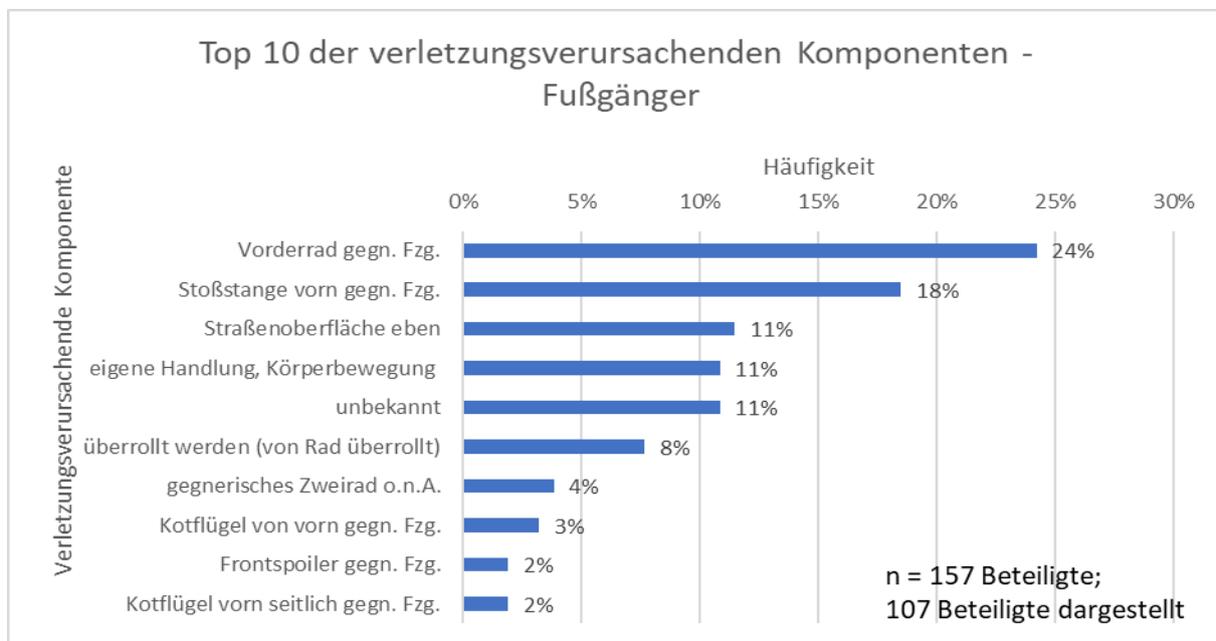


Abbildung 6-11: Top 10 der verletzungsverursachenden Komponenten - Fußgänger

Bemerkenswert ist, dass bei 24% der Fuß- und Sprunggelenksverletzungen bei Fußgängern das Vorderrad gegnerischer Fahrzeuge als Ursache ermittelt worden sind. Zudem besitzen die Stoßstangen gegnerischer Fahrzeuge (18%) und die Straßenoberfläche (11%) eine gewisse Relevanz für die Verletzungsentstehung.

Im abschließenden Projektteil werden die Möglichkeiten der Klassifikation von Verletzungen nach der AO-Systematik durch die GIDAS-Teams beurteilt. Dazu werden Vergleiche unterschiedlicher Codierer-Gruppen angestellt. Die Referenz bilden hier die von den ärztlichen Mitarbeitern des UKD erzeugten Codierungen. Diese konnten auf Basis des zur Verfügung stehenden Daten- und Bildmaterials für 67% der im Datensatz vorliegenden Verletzungen eine AO-Codierung vornehmen. Die Mitarbeiter der VUFO haben 63% der Verletzungen und das SHK-Team 72% der Verletzungen codiert.

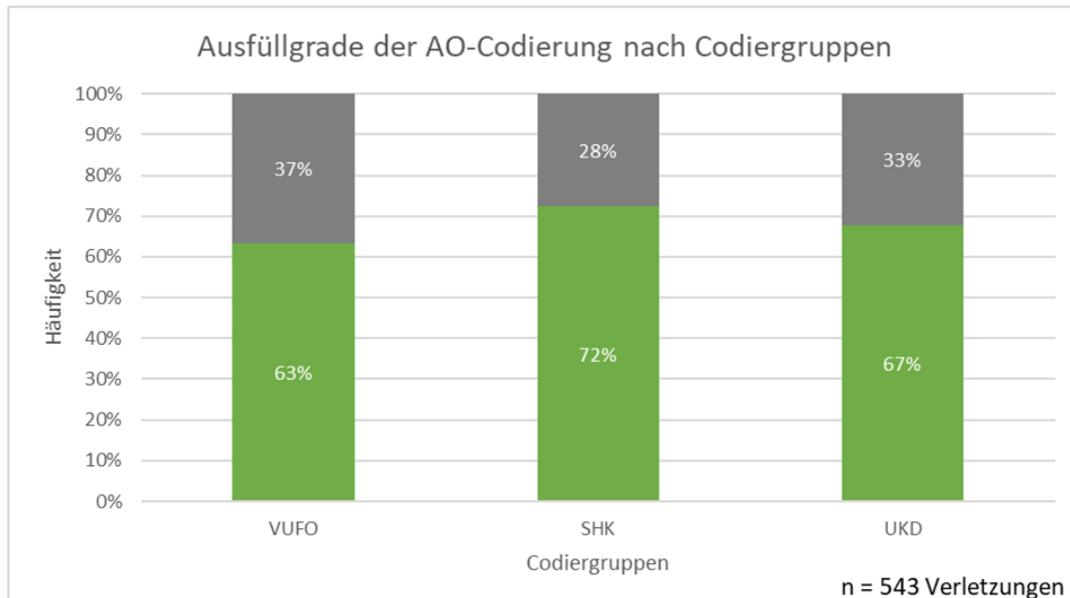


Abbildung 6-12: Ausfüllgrade der AO-Klassifikationen

Werden die AO-Codierungen des VUFO-Mediziner-Teams (keine ärztlichen Mitarbeiter) mit jenen der Referenzgruppe verglichen, so stimmten diese zu 39% überein. Dieser Wert setzt sich aus den Codierungen der Verletzungen zusammen, die entweder den gleichen AO-Code erhielten oder als „unbekannt“ codiert wurden. In 12% der Fälle ist die Gruppe der AO-Codierung (das Frakturbild) nicht identisch zur Referenzgruppe codiert worden. Bei 10% der insgesamt 543 Verletzungen gab es AO-Codierungen, bei denen lediglich die Lokalisierung (die ersten beiden Stellen des AO-Codes) mit der Codierung der UKD übereinstimmte.

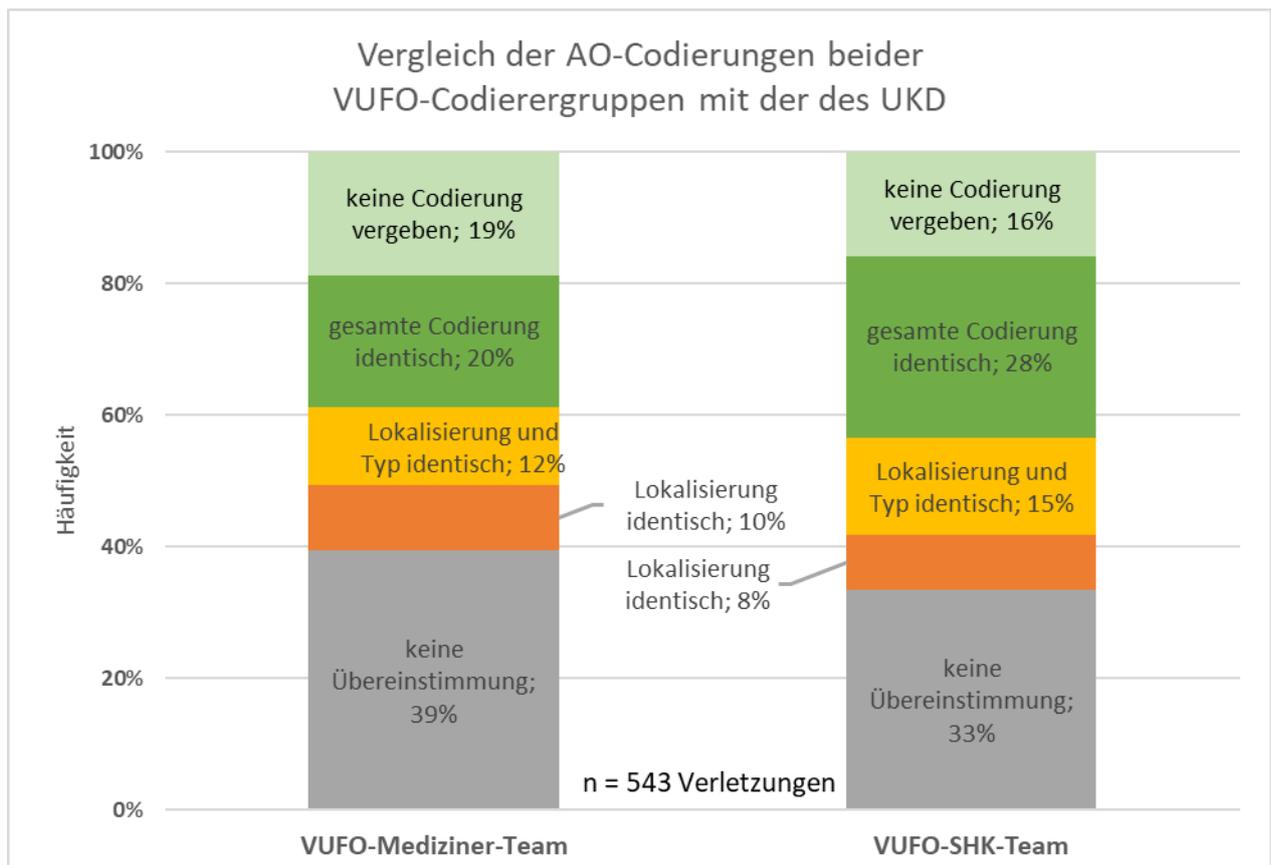


Abbildung 6-13: Vergleich der AO-Codierungen der VUFO-Codierergruppen mit der des UKD

Ein Vergleich der Codierungen des VUFO-SHK-Teams mit der Referenzgruppe zeigt, dass 44% der Codierungen identisch sind (exakter AO-Code oder keine Codierung vorgenommen). Bei 15% der Verletzungen sind die Angaben zu Lokalisierung und Typ identisch mit denen der Referenzgruppe. In 8% der Codierungen stimmt lediglich die Lokalisierung überein.

Diese Übereinstimmungsraten führen zu dem Schluss, dass eine Verletzungscodierung gemäß der AO-Klassifikation auf Basis der zur Verfügung stehenden Daten (Bildgebung, ärztliche Dokumente) und Expertise nur durch speziell ausgebildetes ärztliches Personal zu empfehlen ist.

Bereits vor Projektbeginn wurden AO-Codierungen aus ärztlichen Dokumenten in GIDAS übernommen. In den folgenden Auswertungen werden die AO-Codierungen der Referenzgruppe mit den vorhandenen Daten in GIDAS verglichen. Von den 543 Verletzungen konnten 81 nicht verglichen werden, da keine AO-Codierung in GIDAS verfügbar war. Somit reduziert sich der Datensatz auf 462 Verletzungen.

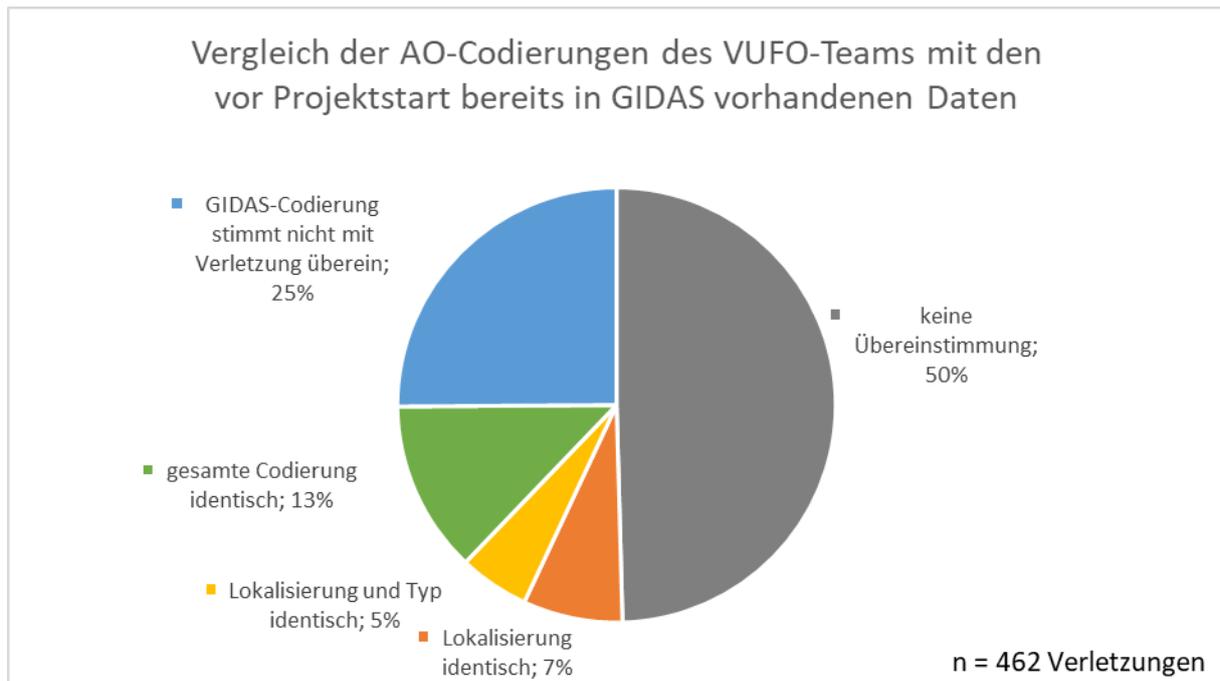


Abbildung 6-14: Vergleich der AO-Klassifikationen aus GIDAS mit der Referenzgruppe (UKD)

Während der Analyse wurde festgestellt, dass 116 AO-Codierungen in GIDAS nicht den entsprechenden Verletzungen zugeordnet wurden. Ein Grund dafür kann die fehlerhafte Übertragung des AO-Codes in die GIDAS-Datenbank sein, da es sich bei der besagten Variable um eine Freitextvariable handelt. Es wurde außerdem festgestellt, dass korrekt strukturierte AO-Codierungen Verletzungen zugeordnet wurden, deren Lokalisierung nicht mit der tatsächlichen Verletzung übereinstimmt. Die Richtigkeit dieser AO-Daten in Verbindung mit anderen Verletzungen der betroffenen Personen konnte im Rahmen des Projektes nicht plausibilisiert werden.

Mehr als die Hälfte der AO-Codierungen der Referenzgruppe stimmt mit den in GIDAS vorhandenen Daten nicht überein (51%). Inklusive der unplausiblen GIDAS-Codierungen ergibt das einen Anteil von 76%. Lediglich ein Zehntel der Codierungen der Referenzgruppe und der GIDAS-Codierungen stimmen überein (11%).

7. Zusammenfassung und Ausblick

Die Analyse der in der GIDAS-Datenbank vorhandenen AO-Codierungen im Vergleich zu den durch die Codierergruppen erstellten Codierungen zeigt, dass etwa 75% der Codierungen keine Übereinstimmung aufweisen, beziehungsweise die in GIDAS enthaltenen AO-Codierungen nicht mit dem Sitz der Verletzung übereinstimmen.

Die Auswertung zeigt, dass für 67% aller betrachteten Verletzungen, bei denen Bildmaterial zur Verfügung steht, eine AO-Klassifikation durchgeführt werden kann. Der Vergleich der Codierergruppen zeigt jedoch, dass bei Ausschluss der „unbekannt“-Codierungen nur 20% der Codierungen der medizinischen Festangestellten und 28% der Codierungen der SHK mit denjenigen der OUPC vollständig übereinstimmen. Werden ausschließlich die Lokalisierung und der Typ betrachtet, betragen die Übereinstimmungsraten 32% für das medizinische Festangestellten-Team und 43% für die SHK. Die Analyse der in der GIDAS-Datenbank vorhandenen AO-Codierungen im Vergleich zu den durch die Codierergruppen erstellten Codierungen zeigt, dass etwa 75% der Codierungen keine Übereinstimmung aufweisen bzw. die GIDAS-Codierungen mit der Verletzung nicht übereinstimmen.

Die vorliegenden Erkenntnisse verdeutlichen, dass eine Codierung gemäß der AO-Klassifikation mit einer geringeren Fehlerwahrscheinlichkeit nur stattfinden kann, wenn sie durch ärztliches Personal, insbesondere praktizierende Chirurgen, durchgeführt wird.

Zudem kann festgehalten werden, dass die in GIDAS vorhandenen AO-Daten zu Fuß- und Sprunggelenksverletzungen eine geringe Datengüte aufweisen. Entsprechend ist von Analysen dieser Daten abzuraten.

Aufgrund der im Projekt gesammelten Erkenntnisse wird empfohlen, eine umfassende Bewertung der Qualität sämtlicher AO-Daten in GIDAS vorzunehmen und im Zweifel die dazugehörigen Variablen (AO1, AO2, AO3, AOPED) einschließlich ihres Inhalts mit einem Warnhinweis zu versehen bzw. aus der Datenbank zu löschen.

8. Literaturverzeichnis

- [1] Verkehrsunfallforschung an der TU Dresden GmbH, „GIDAS - German In-Depth Accident Study,“ [Online]. Available: <https://www.gidas.org/start.html>. [Zugriff am 08 04 2022].
- [2] H. Gray, Anatomy of the human body, Philadelphia: Lea & Febiger, 1918.
- [3] American Association for Automotive Medicine (AAAM) (2015) The abbreviated injury scale 2015 revision. Chicago, IL, 2016

Bisher in der FAT-Schriftenreihe erschienen (ab 2020)

Nr.	Titel
324	Methodische Aspekte und aktuelle inhaltliche Schwerpunkte bei der Konzeption experimenteller Studien zum hochautomatisierten Fahren, 2020
325	Der Einfluss von Wärmeverlusten auf den Rollwiderstand von Reifen, 2020
326	Lebensdauerberechnung hybrider Verbindungen, 2020
327	Entwicklung der Verletzungsschwere bei Verkehrsunfällen in Deutschland im Kontext verschiedener AIS-Revisionen, 2020
328	Entwicklung einer Methodik zur Korrektur von EES-Werten, 2020
329	Untersuchung zu den Einsatzmöglichkeiten der Graphen- und Heuristikbasierten Topologieoptimierung zur Entwicklung von 3D-Rahmenstrukturen in Crashlastfällen, 2020
330	Analyse der Einflussfaktoren auf die Abweichung zwischen CFD und Fahrversuch bei der Bestimmung des Luftwiderstands von Nutzfahrzeugen, 2020
331	Effiziente Charakterisierung und Modellierung des anisotropen Versagensverhaltens von LFT für Crashsimulation, 2020
332	Charakterisierung und Modellierung des Versagensverhaltens von Komponenten aus duktilem Gusseisen für die Crashsimulation, 2020
333	Charakterisierung und Meta-Modellierung von ungleichartigen Punktschweißverbindungen für die Crashsimulation, 2020
334	Simulationsgestützte Analyse und Bewertung der Fehlertoleranz von Kfz-Bordnetzen, 2020
335	Absicherung des autonomen Fahrens gegen EMV-bedingte Fehlfunktion, 2020
336	Auswirkung von instationären Anströmeffekten auf die Fahrzeugaerodynamik, 2020
337	Analyse von neuen Zell-Technologien und deren Auswirkungen auf das Gesamtsystem Batteriepack, 2020
338	Modellierung der Einflüsse von Mikrodefekten auf das Versagensverhalten von Al-Druckgusskomponenten mit stochastischem Aspekt für die Crashsimulation, 2020
339	Stochastisches Bruchverhalten von Glas, 2020
340	Schnelle, breitbandige Datenübertragung zwischen Truck und Trailer als Voraussetzung für das hochautomatisierte Fahren von Lastzügen, 2021
341	Wasserstoffkompatibilität von Aluminium-Legierungen für Brennstoffzellenfahrzeuge, 2021
342	Anforderungen an eine elektrische Lade- und Wasserstoffinfrastruktur für gewerbliche Nutzfahrzeuge mit dem Zeithorizont 2030, 2021
343	Objective assessment of database quality for use in the automotive research and development process, 2021
344	Review of non-exhaust particle emissions from road vehicles, 2021
345	Ganzheitliche Betrachtung von Rollwiderstandsverlusten an einem schweren Sattelzug unter realen Umgebungsbedingungen, 2021
346	Studie zur Abschätzung der Anwendungspotentiale, Risiken und notwendigen Forschungsbedarfe bei der Verwendung von Glashohlkugeln in Kombination mit thermoplastischem Schaumspritzguss, 2021

- 347 Typgenehmigungsanforderungen an Level-3-Autobahnssysteme - Hintergrundbetrachtungen zu technischen Anforderungen für eine automatisierte Fahrfunktion, 2021
- 348 Einfluss der Kantenbearbeitung von Aluminiumblechen auf das Restumformvermögen sowie die Festigkeitseigenschaften unter quasistatischer und schwingender Beanspruchung, 2021
- 349 Verstärkung dünner formgehärteter Bauteile mittels FVK-Verrippungen, 2021
- 350 HMI Anforderungen für den automatisierten Individualverkehr unter Berücksichtigung von Leistungsmöglichkeiten und -grenzen älterer Nutzer, 2021
- 351 Compatibility of polymers for fuel cell automobiles, 2021
- 352 Entwicklung einer gewichtsoptimierten Batteriegehäusestruktur für Volumenfahrzeuge, 2021
- 353 Charakterisierung und Modellierung des Deformations- und Versagensverhaltens von nicht-faserverstärkten Thermoplasten unter mehrachsiger Crashbelastung, 2021
- 354 Untersuchung zum thermischen Komfort im Pkw für den Grenzbereich des Luftzugempfindens, 2021
- 355 Anforderungen an die Güte, Verfügbarkeit und Vorausschau einer Reibwertschätzung aus Funktionssicht, 2021
- 356 Entwicklung einer standardisierten Prüfanordnung zur Bewertung der Übernahmeleistung beim automatisierten Fahren, 2022
- 357 Vorstudie zu Verkehrsemissionen - Räumlich und zeitlich aufgelöste Daten durch Schwarmmessungen, 2022
- 358 Produktivitätssteigerung und Kostensenkung der laser-additiven Fertigung für den Automobilbau, 2022
- 359 Analyse der Einflussfaktoren auf die Abweichung zwischen CFD und Fahrversuch bei der Bestimmung des Luftwiderstands von Nutzfahrzeugen mit Fokus auf den Ventilationswiderstand von Nfz-Rädern, 2022
- 360 Werkstoffmodelle und Kennwertermittlung für die industrielle Anwendung der Umform- und Crash-Simulation unter Berücksichtigung der thermischen Behandlungen beim Lackieren im Prozess bei hochfesten Werkstoffen, 2022
- 361 Compatibility of polymers for fuel cell automobiles, 2022
- 362 Ermüdung kurzfaserverstärkter thermoplastischer Polymerwerkstoffe, 2022
- 363 Market research and definition of procedure to comparison of comfort measuring systems for a vehicle cabin, 2022
- 364 Methodische Ansätze zur Auswahl von Bordnetzstrukturen mit erhöhten Zuverlässigkeitsanforderungen, 2022
- 365 Fahrwiderstand von Lenk- und Liftachsen in Kurven und auf gerader Strecke unter realen Umgebungsbedingungen, 2022
- 366 Klimadaten und Nutzungsverhalten zu Auslegung, Versuch und Simulation an Kraftfahrzeug-Kälte-/Heizanlagen, 2022
- 367 Experimentelle und numerische Untersuchung des selbsttätigen Losdrehens von Schraubenverbindungen mit konstanten und variablen Amplituden und Entwicklung einer Bewertungsmethode, 2022
- 368 Objective assessment of database quality for use in the automotive research and development process – Part 2, 2023
- 369 Level 2 hands-off – Recommendations and guidance, 2023
- 370 Funktionale Sicherheitsbewertung und Cybersecurity Analysen relevanter Use Cases für die Datenübertragung zwischen Truck und Trailer als Voraussetzung für das hochautomatisierte Fahren von Lastzügen, 2023

- 371 Study on the technical evaluation of decentralization based de-identification procedures for personal data in the automotive sector, 2023
- 372 Legal evaluation of decentralization based de-identification procedures for personal and non-personal data in the automotive sector, 2023
- 373 Quantifizierung der mechanischen Belastbarkeit von Infrarot-Schweißverbindungen in zyklisch belasteten Thermoplast-Bauteilen, 2023
- 374 Lebensdauerbewertung von geschweißten Verbindungselementen unter Montagevorspannung, 2023
- 375 Einfluss verschiedener Scherschneidparameter auf die elektro-magnetischen Eigenschaften von NO-Elektroblech automobiler Traktionsantriebe, 2023
- 376 Automatisierte Demontage von Traktionsmotoren der E-Mobilität - Eine Studie zur Optimierung der Demontage, 2023
- 377 Untersuchungen zum Einfluss von feuchtem Wasserstoff auf die Spannungsrisskorrosionsempfindlichkeit von Aluminium-Legierungen für den Einsatz in Brennstoffzellenfahrzeugen, 2024
- 378 Diagnosekonzepte für zonale und teilredundante Bordnetzarchitekturen, 2024
- 379 Dynamische Erfassung und Beurteilung von Situationsbewusstsein im Kontext des automatisierten Fahrens, 2024
- 380 Charakterisierung zukunftssträchtiger Zellmaterialien im Hinblick auf deren Anforderungen an das Batteriepack, 2024
- 381 Fahrdynamik des Automatisierten Fahrens, 2024
- 382 Forschungsperspektiven für Mobilität in klimaneutralen Städten 2045 - Explorative Szenarioanalyse und innovationspolitische Handlungsempfehlungen, 2024
- 383 Codierung und Analyse der AO-Klassifikation für Fuß- und Sprunggelenksverletzungen zur Evaluation potentieller Langzeitfolgen, 2024

Impressum

Herausgeber	FAT Forschungsvereinigung Automobiltechnik e.V. Behrenstraße 35 10117 Berlin Telefon +49 30 897842-0 Fax +49 30 897842-600 www.vda-fat.de
ISSN	2192-7863
Copyright	Forschungsvereinigung Automobiltechnik e.V. (FAT) 2024

Verband der Automobilindustrie e.V. (VDA)
Behrenstraße 35, 10117 Berlin
www.vda.de
Twitter @VDA_online

VDA | Verband der
Automobilindustrie

Forschungsvereinigung Automobiltechnik e.V. (FAT)
Behrenstraße 35, 10117 Berlin
www.vda.de/fat

FAT | Forschungsvereinigung
Automobiltechnik