

ANALYSE VON BEWEGUNGSABLAUF, VERLETZUNGSURSACHE, -SCHWERE UND -FOLGE BEI FUßGÄNGERUNFÄLLEN MIT KINDERN DURCH UNFALLFORSCHUNG AM UNFALLORT.

G. Stürtz Institut für Landverkehrsmittel an der Technischen Universität
 Berlin
E. Suren Unfallchirurgische Klinik der Medizinischen Hochschule
L. Gotzen Hannover
K. Richter Pathologisches Institut im Krankenhaus Nordstadt Hannover

1. Übersicht

In Hannover arbeitet seit Anfang 1973 ein interdisziplinäres Team aus Medizinern, Ingenieuren und Psychologen an einem Verkehrsunfallforschungsprogramm. Durch eine detaillierte Aufnahmemethodik, deren technischer Teil die Collision Analyse Report Form des NATO/CCMS Ausschusses beinhaltet, können Unfallursache, -ablauf und -folge analysiert werden.

Den Ergebnissen der Unfallstatistik der BRD ist zu entnehmen, daß 1972 Fußgänger zu 70 % in den Großstädten und noch zu 40 % im Bundesdurchschnitt einen bedeutenden Teil der Verkehrstoten stellten, selbst jedoch nur zu weniger als 9 % an Unfällen beteiligt waren(1).

Kinder und alte Menschen sind am häufigsten Opfer von Verkehrsunfällen, wobei sich die Unfallentwicklung bei Kindern (1971/72 +4,22 %) gegenüber der Erwachsener (1971/72 -7,5 %) sich nahezu reziprok verhielt (1) (2). In der BRD wurden 1972 als Fußgänger 33779 Kinder verletzt und 1255 getötet. Diese Entwicklung bewog uns, neben dem bisherigen Schwerpunkt, der Verminderung der Unfallfolgen für den Fahrzeuginsassen, den des Schutzes des ÄUßEREN VERKEHRSTEILNEHMERS zu stellen, mit dem Ziel, neben psychologischen Bemühungen auch technische Lösungsmöglichkeiten für deren Schutz, insbesondere den der Kinder zu erarbeiten.

Eine Optimierung\des Fahrzeugäußeren ist nur bezüglich beider Hauptgruppen der Fußgänger sinnvoll. Da der Verkehrsunfall mit ca. 60 % die Hauptunfallursache der Kinder darstellt (3) und ihr Unfallrisiko weiter anstieg, soll dieser Gruppe besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden.

Im Rahmen dieser Arbeit, soll der Einfluß einzelner technischer Parameter auf Kinematik, Verletzungsart und -schwere untersucht und spezifische Merkmale des Kindlichen Fußgängerunfalls aufgezeigt werden, die anatomisch, biomechanisch und traumatologisch bedingt sind. Abschließend werden Tendenzen bezüglich Langzeitfolgen von Kinder - Verkehrsunfällen angegeben.

2. Organisation

An diesem Forschungsprogramm, das von der Bundesanstalt für Straßenwesen vergeben worden ist, arbeitet ein Team aus drei Unfallchirurgen, einem Pathologen, zwei Diplomingenieuren für Kraftfahrzeugtechnik und einem Diplompsychologen.

Das Unfallaufnahme team besteht aus einem Diplomingenieur und zwei Medizinstudenten und wird von der Einsatzzentrale der Feuerwehr zu Verkehrsunfällen mit PKW - Beteiligung und Personenschaden alarmiert.

Zur Datenerhebung wird ein technischer Wagen mit Stereomeßkammer neben einem Fahrzeug für den Mediziner, beide mit Funk und Blaulicht eingesetzt, um die Unfallstelle bzw. das Einlieferungs Krankenhaus schnell

zu erreichen. Außerdem besteht die Möglichkeit, in einem an der Medizinischen Hochschule Hannover stationierten Rettungshubschrauber zum Unfallort mitzufliegen, um Endlage und Erstversorgung der Verletzten, sowie Kollisionstellen und Endstellung der Fahrzeuge zu dokumentieren.

Gleich nach dem Unfall, bei Unverletzten möglichst noch am Unfallort, wird mit dem Ziel einer größtmöglichen Aussagee Ehrlichkeit, mit einer systematischen psychologischen Exploration aller am Verkehrsunfall Beteiligten begonnen.

Die ermittelten technischen, psychologischen und medizinischen Daten, z. B. Dokumentation aller Verletzungen, Erste Hilfe Maßnahmen, medizinische Versorgung, Verlauf, Epikrise und Obduktion, werden auf codierten Datenbögen systematisch erfaßt, bzw. protokolliert und der EDV - Auswertung zugänglich gemacht.

3. Datenmaterial

Durch den Einsatz zweier im Schichtbetrieb arbeitender Teams von 7 bis 19 Uhr, ist es bis auf die Nachtzeit möglich, einen Querschnitt durch das gesamte Unfallgeschehen zu erhalten.

In einem Zeitraum von über einem Jahr wurden 240 Verkehrsunfälle, davon 28,3 % Fußgängerunfälle (Bild 1) aufgenommen.

Eine Verteilung nach der Häufigkeit, mit der Kinder bestimmten Lebensalters als Fußgänger verunglückten, im Vergleich zur BRD Statistik 1972, zeigt Bild 2. Am stärksten gefährdet waren Kinder von 7,1 Jahren. Die besondere Unfallgefährdung der Kinder ist aus Bild 3 ersichtlich. Nach der Polizeistatistik (Han. Stadt) waren 33 % (Ufo 64 %) der verunglückten Fußgänger Kinder, gegenüber 23 % (Ufo 14 %) der Erwachsenen über 60 Jahre.

4. Kollisionsgeschwindigkeit

Ausgehend von 66 Fußgängerunfällen, bei denen der Körperschwerpunkt im Bereich der Fahrzeugfront lag, wurde aus Blockierspur, Straßenbeschaffenheit, Kollisionsort und Geschwindigkeitsverlust infolge Energieumwandlung in der Kollisionsphase, die Kollisionsgeschwindigkeit berechnet. Zur Ermittlung der mittleren Kollisionsgeschwindigkeit konnte in zehn Fällen nur die Fahrerangabe herangezogen werden. Bei Angabe eines Geschwindigkeitsbereiches wurde der arithmetische Mittelwert angenommen.

Der Darstellung in Bild 4 kann entnommen werden, daß 50 % aller Fußgängerunfälle sich bis zu einer Geschwindigkeit von 9,1 m/s und 80 % bis zu 14 m/s ereigneten. Ohne Berücksichtigung der Fälle mit Fahrerangabe ergab sich eine um lediglich 0,14 m/s höhere mittlere Kollisionsgeschwindigkeit. Differenziert nach Altersgruppen ergab sich als mittlere Kollisionsgeschwindigkeit für 41 Kinder 9,41 m/s und für 25 Erwachsene 9,08 m/s.

5. Lebensalter, Fahrzeugkontur, Verletzungsschwere

Bei der Frontalkollision von Fahrzeug und Fußgänger lassen sich prinzipiell in sechs Unfalltypen unterscheiden, da sich die Frontkontur in die Typen Ponton, Keil und Kasten, der Fußgänger in Kind und Erwachsenen unterteilen läßt.

Zur Untersuchung des Einflusses von Lebensalter und Fahrzeugkontur wurden Fälle mit den beiden häufigsten Frontkonturen, ausgewertet,

bei denen die primäre Anprallstelle nicht näher als 5 % der Fahrzeugbreite vom Fahrzeugrand entfernt lag. Insgesamt standen 44 Unfälle mit Ponton- und 17 Unfälle mit Keilform zur Verfügung.

Zur Ermittlung des funktionellen Zusammenhanges von Verletzungsschwere nach AIS (Abbriviatet Injury Scale) und Kollisionsgeschwindigkeit wurde aufgrund der quadratischen Abhängigkeit der Deformationsarbeit von der Geschwindigkeit ein quadratischer Lösungsansatz gemacht.

Dem Verlauf der Verletzungsschwere bei PONTONFORM für verschiedene ALTERSGRUPPEN (Bild 6) ist zu entnehmen, daß bei gleicher Kollisionsgeschwindigkeit, Kinder von 0 bis 4 Jahren stärker verletzt wurden als Kinder von 5 bis 14 Jahren, und wesentlich stärker als Erwachsene. Bei 13,9 m/s (50 km/h) ergab sich für die jüngste Gruppe ein AIS - Index von 5,7 gegenüber 4,8 bei den Erwachsenen. Eine mögliche Erklärung kann in differenzierter Kinematik und biomechanischen Daten liegen.

Im Idealfall, dh. wenn keine seitlichen Geschwindigkeitskomponenten vorhanden sind, erhält der Fußgänger zwei Transversal- und eine Rotationsbeschleunigung. Die Größe der horizontalen Komponente ist abhängig von der Wirkungslinie der resultierenden Kräfteinleitung und ihrem Abstand zum Massenmittelpunkt des Fußgängers.

- Durch den bei Kindern im Verhältnis zur Höhe der Fronthaubenvorderkante (Durchschnitt 79 cm) tiefer liegendem Körperschwerpunkt (0 bis 4 Jahre -15,4 cm, 5-14 Jahre -7,1 cm) kommt es zu einem zentraleren Stoß als beim Erwachsenen (+17,7cm). Erst bei hohen Geschwindigkeiten wird das Kind auf die Fronthaube aufgeschöpft (Bild 13)(4).
- Während der Primärkollision kommt es für die älteren der Kinder zum Rumpfanprall gegen die Haubenvorderkante und für die jüngeren Kinder zum Beckenanprall gegen die Stoßstange und Kopf/Rumpf-Anprall gegen die Haubenvorderkante (Bild 18).
- Infolge geringer Federsteifigkeit von Kopf und Rumpf* kommt es zu schweren Kompressionen und Rupturen innerer Organe. (* bei Kindern)

Mit zunehmender Körpergröße wird der Fußgänger weiter auf das Fahrzeug aufgeschöpft (Bild 13, 14). Bei der Keilform geschieht dies für einen Erwachsenen schon bei ca 7 m/s bis zum Dach, gegenüber ca. 13 m/s bei Pontonform.

Den Verlauf der Verletzungsschwere bei KEILFORM für verschiedene ALTERSGRUPPEN zeigt Bild 8. Wegen der geringeren Fallzahl war es hier nicht möglich in der Gruppe der Kinder zu differenzieren. Obwohl wieder ein quadratischer Lösungsansatz gemacht wurde, erscheint es nach der Verteilung der Punkte als wahrscheinlich, daß die Lösungskurve einen Exponenten besitzt der zwischen eins und zwei liegt. Die Ursache kann in einer besonderen Kraft/Weg Kennung der abgerundeten und leicht verformbaren Fronthaube des Keilfahrzeugs liegen.

Bei 13,9 m/s ergibt sich hier ein AIS von 3,6 für die Kinder gegenüber einem von 3,0 für die Erwachsenen.

Aus dem Verlauf der VERLETZUNGSSCHWERE für verschiedene FAHRZEUGKONTUREN (Bild 9) ist der besondere Vorteil der Keilform gegenüber der reinen Pontonform dargestellt. Bei 13,9 m/s ergibt sich für die Keilform ein mittlerer AIS von 3,3 gegenüber 5,0 für die Pontonform.

6. Primär- und Sekundärkollision

Die durch die Primärkollision (Fahrzeug/Fußgänger) verursachten Verletzungen lassen sich durch Korrelation von Art und Ort der Verletzung mit Größe und Lage der Fahrzeugbeschädigung zuordnen. Die Verletzungen durch die Sekundärkollision (Fußgänger/Straße) wurden aufgrund des Bewegungsablaufes, der Art und dem Ort der Verletzungen ermittelt.

Der Gesamtverlauf der mittleren Verletzungsschwere bei PRIMÄRKOLLISION und PONTONFORM (Bild 10) zeigt einen geringeren Anstieg als die Gesamtverletzungsschwere aufgrund des Fehlens von Schweregraden einiger Sekundärverletzungen.

Für die Sekundärverletzungen konnte keine eindeutige Abhängigkeit ihres Schweregrades von der Kollisionsgeschwindigkeit gefunden werden. Bis auf einen allgemeinen Anstieg zwischen 6 und 12 m/s blieb der Schweregrad konstant. Als Lösungsansatz wurde eine Parallele zur Abzisse gewählt, für die sich ein mittlerer AIS von 1,37 für Kinder und 1,0 für Erwachsene ergab.

Die Verletzungsschwere bei PRIMÄRKOLLISION und KEILFORM (Bild 11) zeigt keinen gegenüber der Gesamtverletzungsschwere geänderten Verlauf. Außer einem Anstieg zwischen 5 und 10 m/s konnte auch hier nur eine mit der Kollisionsgeschwindigkeit konstante Schwere der Sekundärverletzung (mittl. AIS = 1,25) angenommen werden.

Bild 12 zeigt einen Vergleich des Verlaufes der mittleren Verletzungsschwere für Primär- und Sekundärkollision bei verschiedenen Fahrzeugkonturen. Für die Sekundärkollision konnte kein wesentlicher Einfluß der Fahrzeugkontur auf den Schweregrad der Verletzungen festgestellt werden.

7. Verletzungshäufigkeit, -schwere und -ursache

Eine Analyse der Daten nach VERLETZUNGSHÄUFIGKEIT und VERLETZUNGSSCHWERE bei Kindern im Vergleich mit den Erwachsenen zeigt, daß Körperteile von Kindern weniger häufig, dafür aber mit durchschnittlich höherem Schweregrad als Erwachsene verletzt wurden. (Bild 16,17) (Vergleiche auch Punkt 4).

Besonders auffällig sind neben schweren Kopfverletzungen die schweren Verletzungen von Thorax und Abdomen, hauptsächlich verursacht durch die Haubenvorderkante (Bild 18). Bei den Haubenvorderkanten können prinzipiell zwei Formen unterschieden werden. Die gewölbte, mit einem Radius versehene Vorderkante führt zu flächenhafter, die spitz auslaufende zu einer linienhaften Berührung hoher Flächenpressung. Bei Kindern führt letztere infolge großer Eindringungstiefe zu Organkompressionen auch Leberrupturen etc., bei Erwachsenen bis zu Teilabtrennungen der unteren Extremitäten.

Die Vielzahl der Verletzungen an den unteren Extremitäten liegt bei Kindern an den Oberschenkeln (41,5 %) und bei Erwachsenen an den Unterschenkeln (64 %). Die Stoßstange ist bei Kindern mit 61,1 % und bei Erwachsenen mit 100 % hier die häufigste VERLETZUNGSURSACHE. Von geringer Häufigkeit war der Knicaufprall gegen die vordere Stoßstange, zu ersehen aus den von der Straße verursachten Knieverletzungen.

Die mittlere Stoßstangenhöhe lag für die analysierten Fußgängerunfälle bei 42,5 cm, die mittlere Kniehöhe der Kinder bei 35,1 cm und die der Erwachsenen bei 47,6 cm.

Gut zur Vermeidung schwerer Kniegelenkverletzungen wäre eine Stoßstange, deren Höhe zwischen der mittleren Kniehöhe von Kind und Erwachsenen angepaßt der allgemeinen Altersverteilung bei Fußgängerunfällen, die außerdem nicht wie im FMVSS 215 (ausgelegt für Fahrzeug/Fahrzeugkollisionen) innerhalb einer Bandbreite von 10,2 cm variiert werden dürfte. (*liegt)

8. Verletzungsarten

Bei den Kopfverletzungen, die die häufigste aller Körperverletzungen der Fußgänger ist, nehmen die SCHÄDEL-HIRN-VERLETZUNGEN besonders in der Gruppe der Kinder (Bild 21) eine hervorragende Stellung ein. Das Schädel-Hirntrauma steht hier mit einer Beteiligung zu 65 % (Bild 19, 21) an erster Stelle, mit dem Schwergewicht auf SHT 1-2 (54 %), das wegen seiner Langzeitfolgen bei Kindern von besonderer Bedeutung ist (5).

Ergänzend zum Bild 18 ist Bild 21 zu entnehmen, mit welcher Häufigkeit sich bestimmte VERLETZUNGSARTEN nach LEBENSALTER und PRIMÄR- bzw. SEKUNDÄRKOLLISION ergeben.

Bei den KOPFVERLETZUNGEN fällt die große Zahl von Weichteilverletzungen auf, die beim Kind am häufigsten von der Straße und beim Erwachsenen vom Fahrzeug verursacht wurden.

Das Schädel-Hirntrauma wird beim Erwachsenen und Kind am häufigsten durch den Primäraufprall verursacht. Infolge der geringeren Elastizität des Schädelknochens Erwachsener, kam es bei ihnen dreimal häufiger zu Frakturen.

Die größere Nachgiebigkeit des kindlichen RUMPFES führt zu einer größeren Verletzbarkeit innerer Organe bei geringerer Frakturhäufigkeit. Fast ausschließliche Ursache ist hier der Aufprall.

9. Langzeitwirkungen nach kindlichen Verkehrsunfällen

Bleibende Verletzungsfolgen nach Verkehrsunfällen im Kindesalter sind für die Betroffenen und für die Allgemeinheit besonders gravierend. Aufgrund der steigenden Zahl kindlicher Verkehrsunfälle mit Verletzungen ist es erforderlich, Daten über Ausmaß und Auswirkung der Unfallfolgen zu erheben.

Von den medizinisch-technisch dokumentierten 41 Verkehrsunfällen im Kindesalter konnten 26 Kinder (63,4 %) nachuntersucht werden. Lediglich 3 Kinder boten keinerlei Folgeerscheinungen mehr. Die unterschiedlichen Unfallfolgen der anderen 23 Kinder lassen sich gliedern in: a) körperliche (10 Fälle), b) neurologische (6 Fälle) und c) psychische (11 Fälle), wobei auch Kombinationen von Unfallfolgen vorkommen.

Bei den 10 Fällen mit KÖRPERLICHER BEEINTRÄCHTIGUNG handelt es sich um Verkürzungen der unteren Extremität nach offenen- bzw. Trümmerbrüchen von Ober- oder Unterschenkel (2 Fälle), um Beeinträchtigung der Gelenkfunktion nach Oberarmbruch (1 Fall), um Miktionsstörungen infolge Harnröhrenstriktur nach Beckenbruch (1 Fall) sowie um 4 Fälle von entstellenden und Beschwerden verursachenden Narbenbildungen nach ausgedehnten Weichteilverletzungen (Tab.1).

Schwerste NEUROLOGISCHE AUSFALLERSCHEINUNGEN fanden sich bei einem polytraumatisierten Kind mit Schädelhirntrauma 3. Grades, Schädelbruch und Extremitätenfraktur. Dieses Kind befindet sich seit längerer Zeit in ambulanter fachneurologischer Behandlung und hat neurologischer-

seits eine MdE von 35 %.

Über neurologische Folgeerscheinungen wie Kopfschmerzen, Schwindelgefühl und Wetterfühligkeit berichteten die Eltern von 6 Kindern, bei denen in 4 Fällen ein Schädelhirntrauma 2.-3. Grades und in 2 Fällen ein Schädelhirntrauma 1. Grades vorausgegangen war. Von den insgesamt 16 Kindern mit einem Schädelhirntrauma zeigten 6 Kinder neurologische Folgen (37,5 %), 10 Kinder blieben ohne neurologische Dauerfolgen.

PSYCHISCHE ALTERATIONEN wie Nervosität, Ängstlichkeit, Antriebsarmut, Schlafstörungen und Aggressivität blieben bei 11 Kindern (68,7 %) mit Schädelhirntraumen zurück (Tab.2).

7 Kinder, davon 6 mit Schädelhirntrauma, boten Schulschwierigkeiten, was auf eine posttraumatische Hirnleistungsschwäche hinweist. Die Mehrzahl der Kinder zeigte ein deutlich verändertes Verkehrsverhalten mit übervorsichtiger und ängstlich-schreckhafter Reaktionsweise (17 Fälle 65,3%)

In unserem Untersuchungskollektiv fanden sich 4 kindliche Unfälle mit letalem Ausgang, die ausnahmslos schwerverletzte Polytraumatisierte waren.

Anhand des obigen noch geringen Zahlenmaterials lassen sich folgende TENDENZEN aufzeigen:

1. Der letale kindliche Verkehrsunfall beruht auf schwersten Verletzungen des Opfers.
2. Die so häufigen Extremitätenfrakturen nach kindlichen Verkehrsunfällen (in unserem Nachuntersuchungsgut 50 %) hinterlassen bei optimaler Behandlung keine wesentlichen Dauerschäden.
3. Schwerwiegender dagegen sind Schädelhirnverletzungen auch leichteren Grades zu bewerten, die in einem hohen Prozentsatz neurologisch-psychische Defekte hinterlassen.
4. Als feiner Gradmesser für die Traumatisierung der Gesamtpersönlichkeit des Kindes durch einen erlittenen Verkehrsunfall sind die beobachteten Schulschwierigkeiten und die Änderung im Verkehrsverhalten zu werten, welche auch bei nicht schädelhirnverletzten Kindern beobachtet werden.

Art der primären Verletzung	Anzahl	Art der Dauerschäden	Anzahl
Extremitätenfrakturen	12	Beinverkürzung = 2	4
		Achsenfehler = 1	
		beeinträchtigte Gelenkfunktion = 1	
Beckenfraktur	1	Harnröhrenstriktur	1
Weichteilverletzungen	12	entstellende Narbenbildung	4
Summe	25		9

Tab.1 Körperliche Dauerschäden in Relation zu den primären Verletzungen.

Art der primären cerebralen Verletzung	Anz.	bleibende Unfallfolgen			
		neurolog. Art	Anz.	psychischer Art	Anz.
Schädel-Hirn-Trauma 2.-3. Grades mit Schädelfraktur	4	schwere cerebr. Ausfallserscheinungen	1	Verhaltensstörungen wie Nervösität Ängstlichkeit	4
		Kopfschmerzen Schwindelgefühl Kälteempfindlichkeit	3		
Schädel-Hirn-Trauma 1. Grad.	12		2	Antriebsarmut Schlafstörung.	7
Summe	16		6		11

Tab.2 Bleibende neurologische, psychologische Unfallfolgen in Relation zu den primären cerebralen Verletzungen.

10. Zusammenfassung

Durch Analyse von 72 im Detail 66 Fußgängerunfälle konnte folgendes festgestellt werden:

1. Die mittlere Kollisionsgeschwindigkeit lag für die Fußgängerunfälle bei 9,1 m/s.
2. Bei gleicher Fahrzeugkontur und Kollisionsgeschwindigkeit wurden Kinder schwerer verletzt als Erwachsene. Für die Pontonform ergab sich ein Unterschied von einem AIS bei 50 km/h.
3. Der Typ der Fahrzeugkontur ist von entscheidender Bedeutung für die Verletzungsschwere. Ein Vergleich zwischen Ponton- und Keilform ergab für 50 km/h einen mittleren Verletzungsschwereindex von 3,3 (AIS) für die Keilform und 5,1 für die Pontonform.
4. Die Primärkollision (Fahrzeug/Fußgänger) ist die Ursache für schwere Verletzungen. Für die Sekundärverletzung (Fußgänger/Straße) deren mittlere Schwere bei 1,2 bis 1,3 (AIS) lag, konnte noch keine eindeutige Abhängigkeit von der Kollisionsgeschwindigkeit gefunden werden.
5. Kinder haben einen vom Erwachsenen unterschiedlichen Bewegungsablauf. Es ergeben sich geringere Verletzungshäufigkeit, höhere Verletzungsschwere und andere Verletzungsursachen bei nahezu gleicher mittlerer Kollisionsgeschwindigkeit zum Erwachsenen.
6. Von besonderer Bedeutung sind bei Kindern die Kopf und Rumpftrauben. Die Bauchtraumen zeigten hier den höchsten mittleren Verletzungsschweregrad von 3,8. Bei den Kopfverletzungen, die die häufigsten Körperteilverletzungen des Fußgängers darstellen, hat das Schädel-Hirn-Trauma den größten Anteil mit 65 %. Gerade hierdurch kommt es in der Folge zu einem hohen Prozentsatz neurologisch-psychischer Defekte.
7. Maßnahmen am Fahrzeug sollten sich auf die am stärksten verletzungsverursachenden Teile wie Stoßstange, Haubenvorderkante und erste Hälfte der Fronthaube konzentrieren (Bild 15, 22). Als mögliche Maßnahmen kommen in Frage:
 - Die Stoßstange sollte nicht nur für PKW/PKW Kollisionen ausgelegt werden, sondern zur Verringerung der Verletzungsschwere Äußerer

Verkehrsteilnehmer energieabsorbierend dem Fußgänger angepaßt werden. Als optimale Höhe, zur Vermeidung des Knieanpralls, sollte eine Höhe zwischen der mittleren Kniehöhe von Kindern und Erwachsenen gewählt werden, die der Altersverteilung bei den Fußgängerunfällen angepaßt ist.

- Die Vorderkante der Fronthaube sollte für den Rumpfanprall von Kind und Erwachsenen bzw. den Kopfanprall der kleineren Kinder ausgelegt werden, und Energieabsorbktion bei großer Nachgiebigkeit gestatten.
- Die Fronthaube, besonders deren erste Hälfte, sollte für den Kopfaufprall ausgelegt werden.
- Teile am Fahrzeugäußeren die statistisch kaum in Erscheinung treten, aber Verletzungen hoher Schweregrade verursachen, sollten ebenfalls beseitigt bzw.. entschärft werden.

Zur Abschätzung weiterer Parameter und zur Sicherung der ersten Ergebnisse, muß die Zahl der analysierten Fußgängerunfälle weiter vergrößert werden, um in Verbindung mit Dummyversuchen und Simulationstechniken die Gestalt einer optimalen Fahrzeugkontur mit einer dem Fußgänger angepaßten Energieabsorbktion zu ermitteln.

Eine weitere Beobachtung besonders der Folgen, die sich aus Kinder Verkehrsunfällen ergeben, erscheint auch hinsichtlich einer Nutzen/Kosten Analyse für die Gestaltung des Fahrzeugäußeren, von besonderer Bedeutung.

LITERATUR:

- 1) Sonderausgabe des statistischen Bundesamtes "Verkehrsunfälle mit Kindern 1972"
- 2) Statistische Jahrbücher der BRD 1972/73
- 3) W. Christian
Kinderunfallsterblichkeit 1960-69
Sonderdruck aus Bundesgesundheitsblatt
- 4) Swearingen, B. B. and J. W. Young
Determination of centers of gravity of children, sitting and standing
Civil Aero med. Res. Inst. Federal Aviation Agency
Rep.No.AM.65-23.Aug. Oklahoma City 1965
- 5) Kuske, F. A.
Verkehrsunfälle bei Kindern unter besonderer Berücksichtigung des Schädelhirntraumas
Bundesgesundheitsblatt 4/413-17 / BRD 1961
- 6) Fiala, E.
Zur Verletzungsmechanik bei Verkehrsunfällen.
Mschr. Unfallheilk.98,31 (1969)

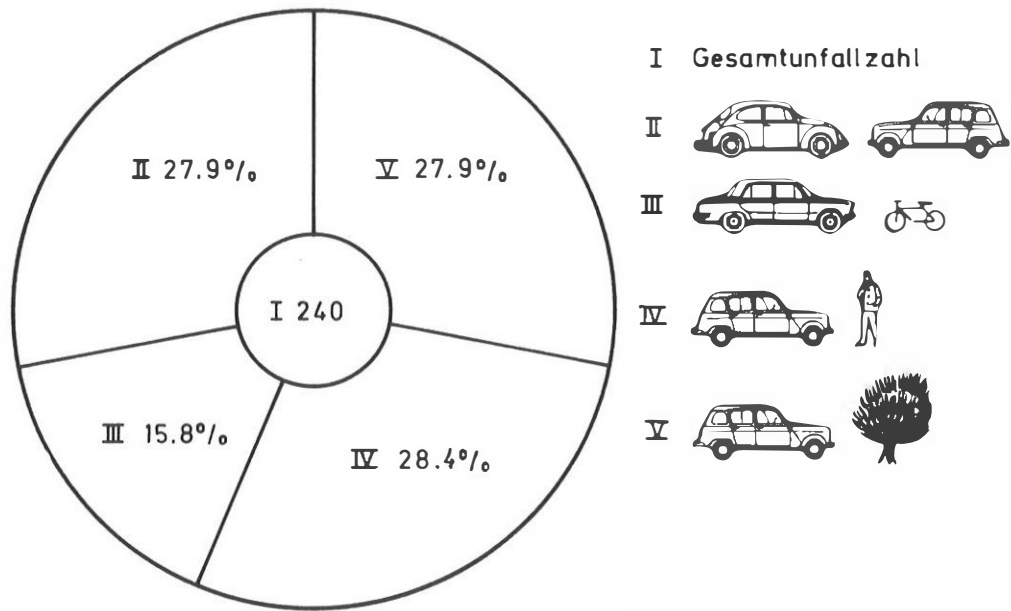


Bild 1: Verkehrsunfälle aufgeschlüsselt nach Unfalltypen

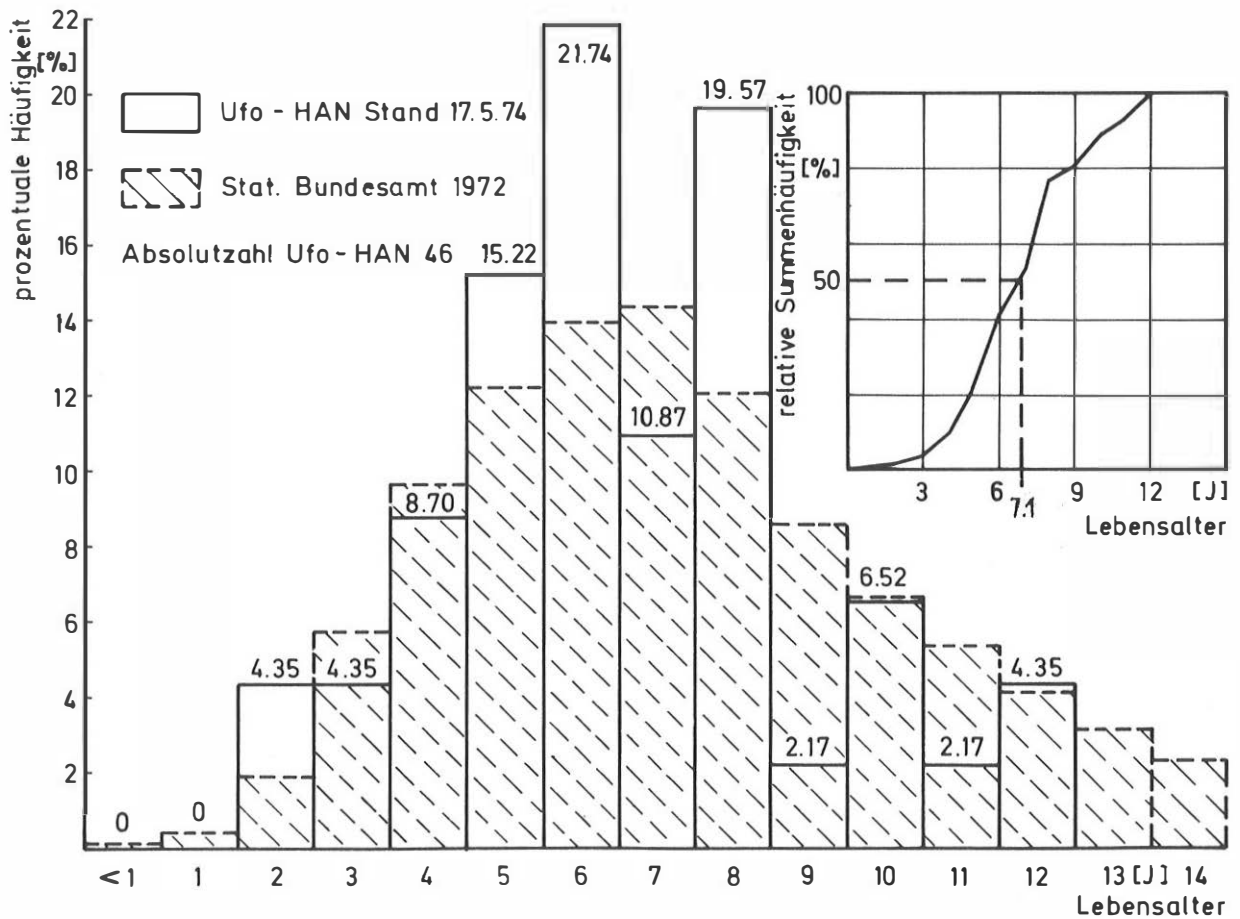


Bild 2: Prozentuale Verteilung und rel. Summenhäufigkeit von Lebensaltern

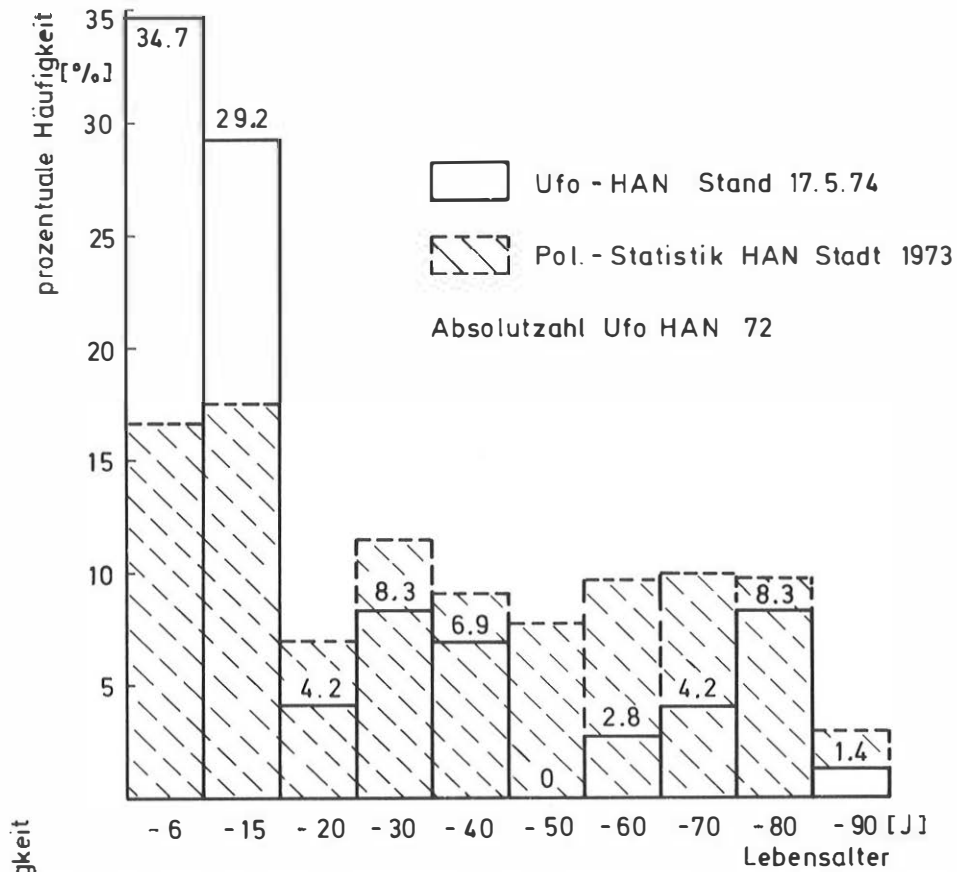


Bild 3: Verunglückte Fußgänger nach Lebensalter von 0 ÷ 90 Jahren

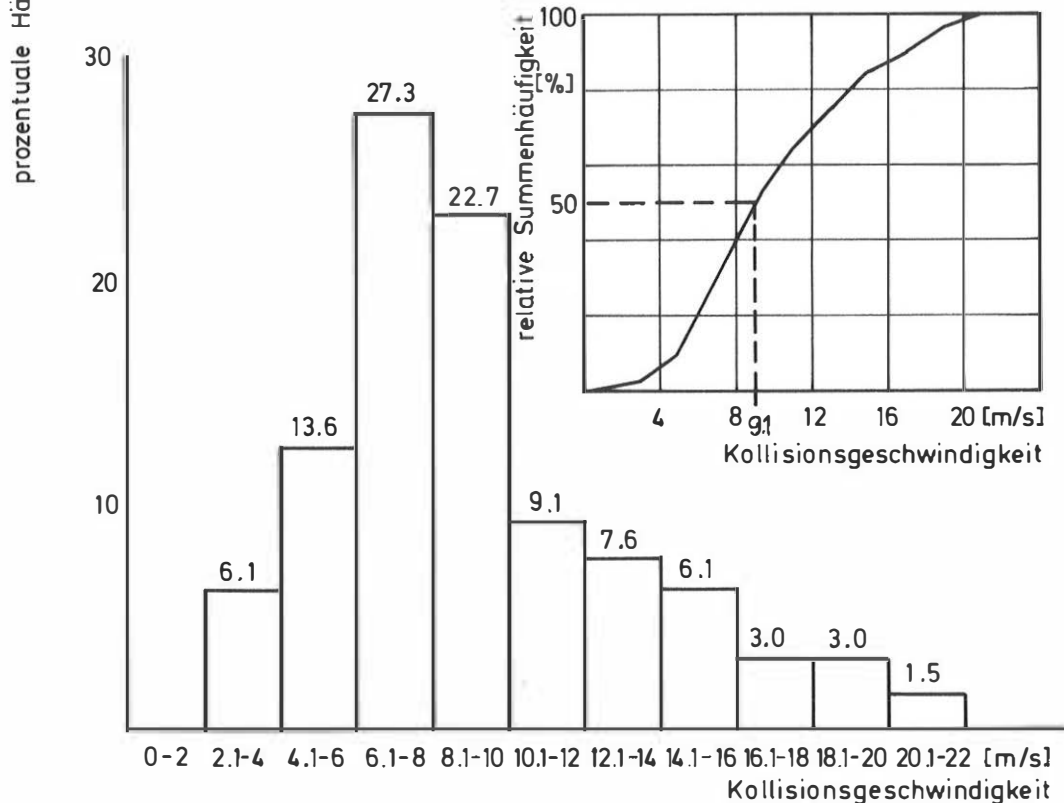


Bild 4: Prozentuale Verteilung und rel. Summenhäufigkeit von Kollisionsgeschw.

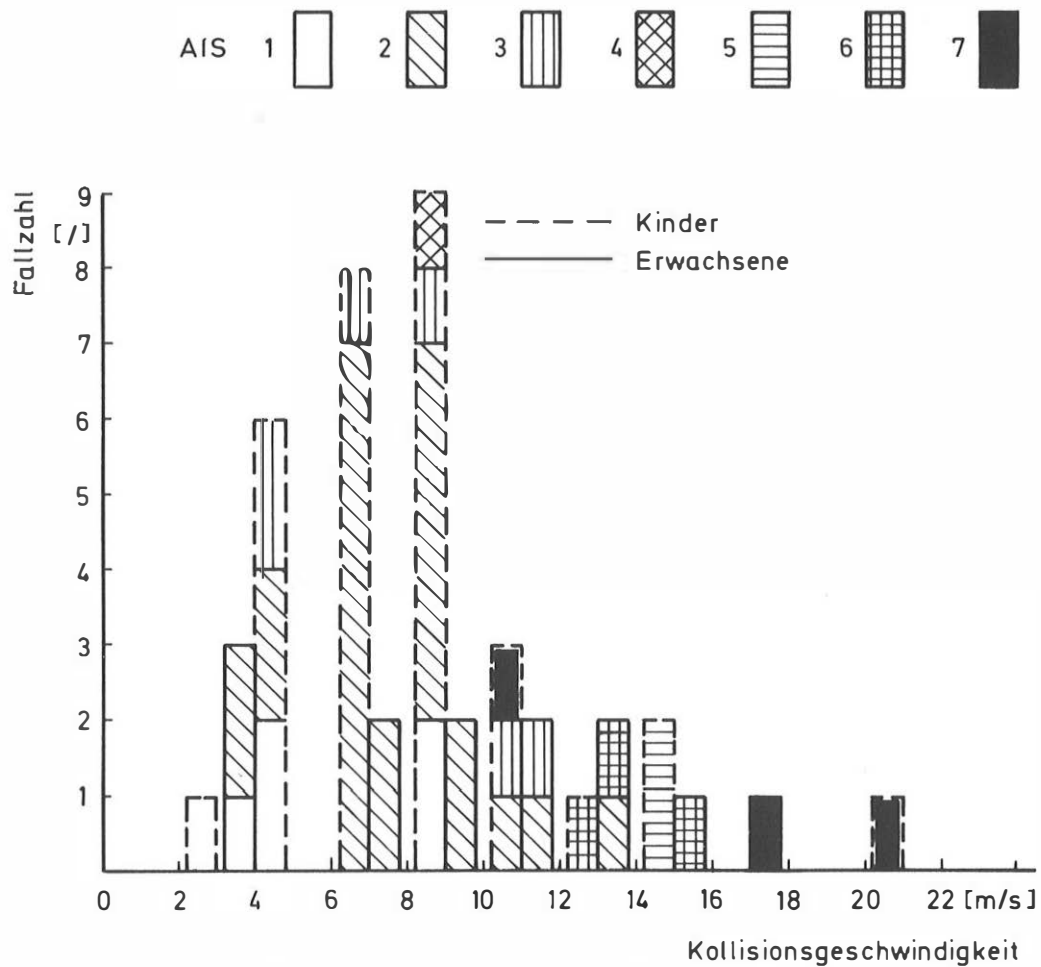


Bild 5: Häufigkeit der Verletzungsschwere nach Altersgruppen für Pontonform

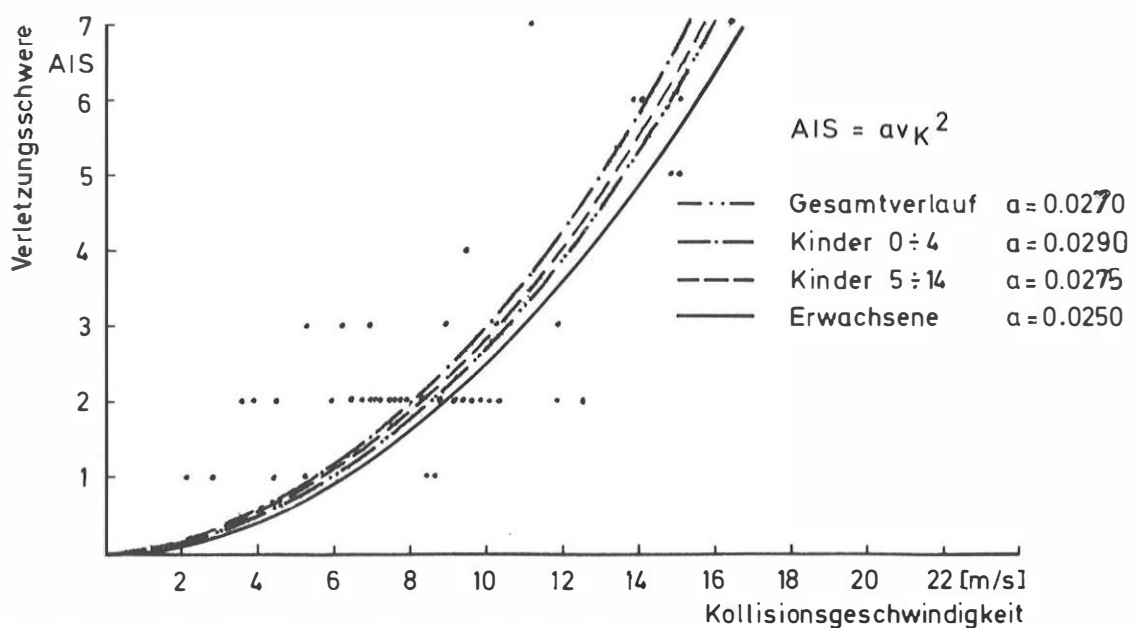


Bild 6: Verlauf der Verletzungsschwere bei Pontonform für verschiedene Altersgruppen

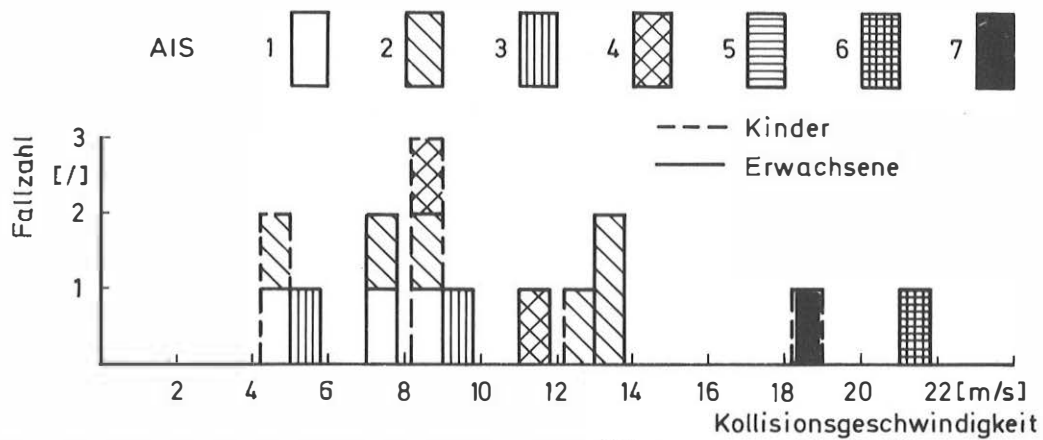


Bild 7: Häufigkeit der Verletzungsschwere nach Altersgruppen für Keilform

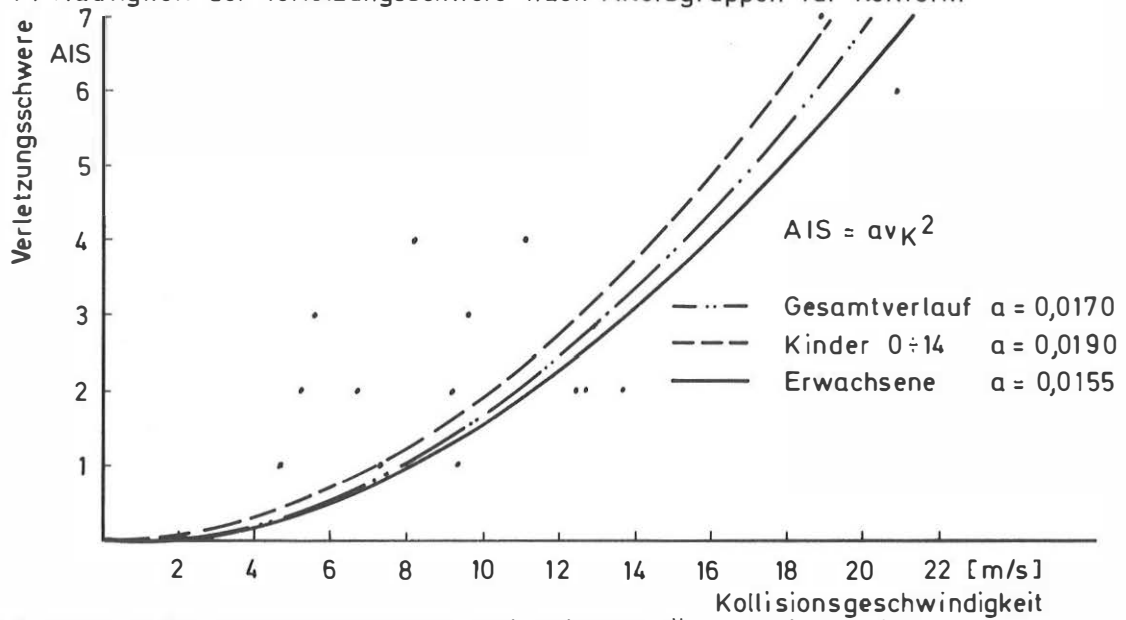


Bild 8: Verlauf der Verletzungsschwere bei Keilform für verschiedene Altersgruppen

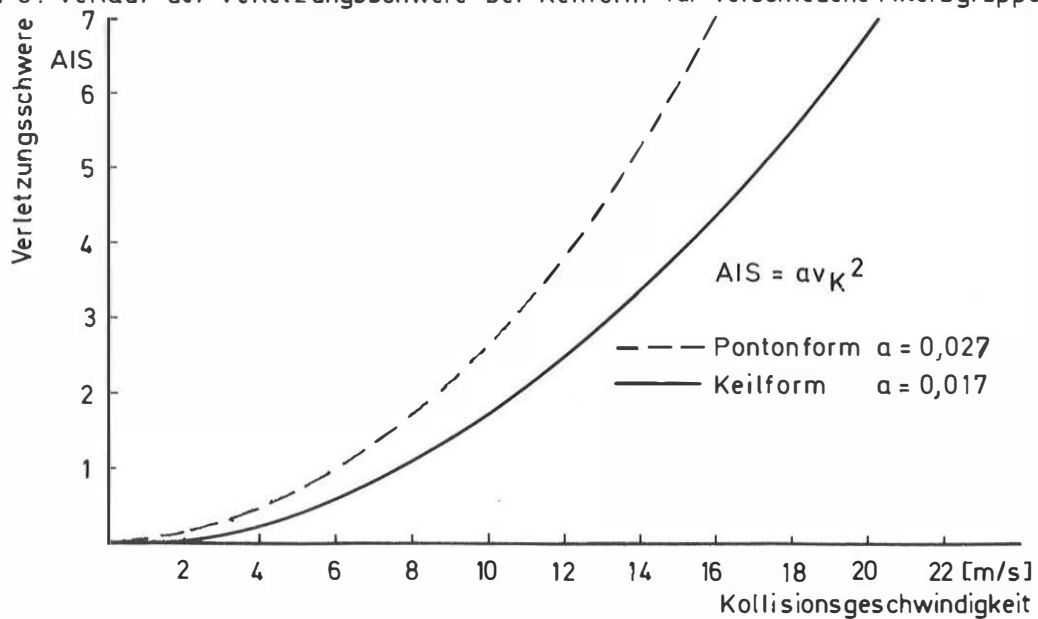


Bild 9: Verletzungsschwere durch Fzg.-Konturen

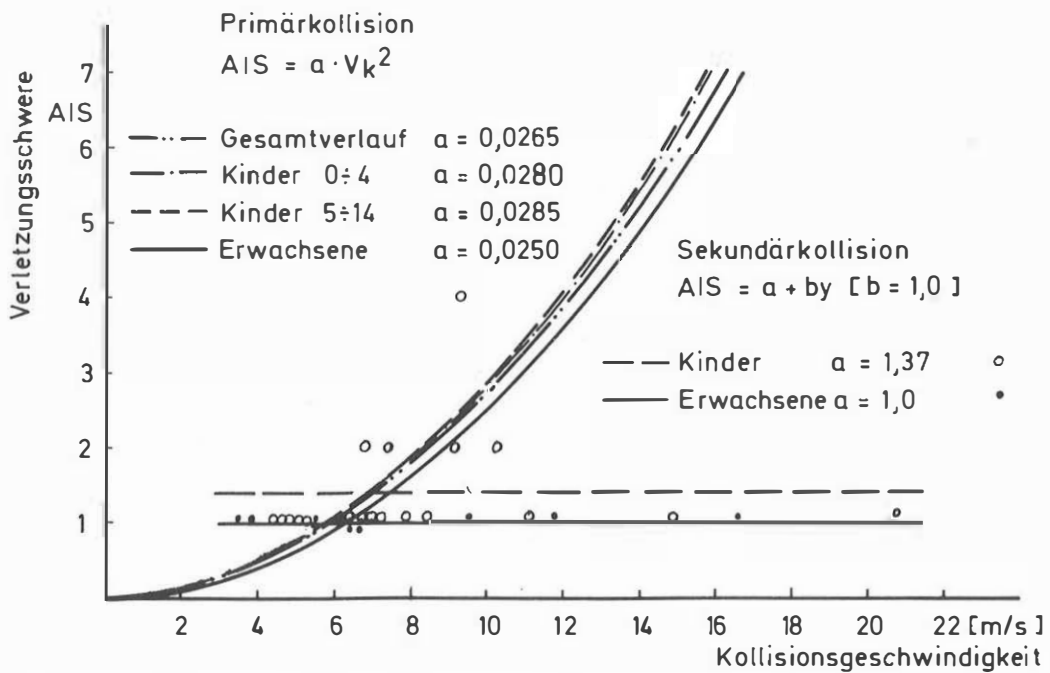
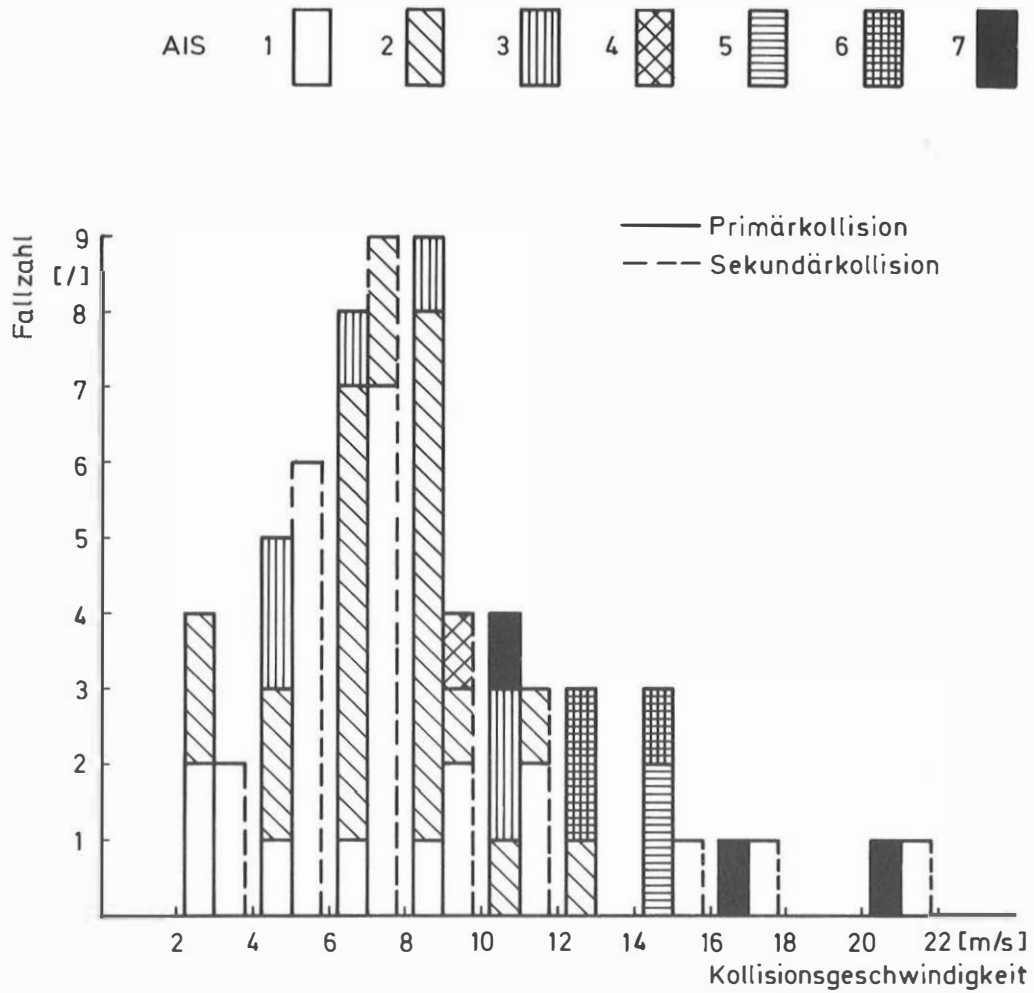


Bild 10: Verletzungsschwere durch Pontonform aufgeteilt nach Primär- und Sekundärkollision

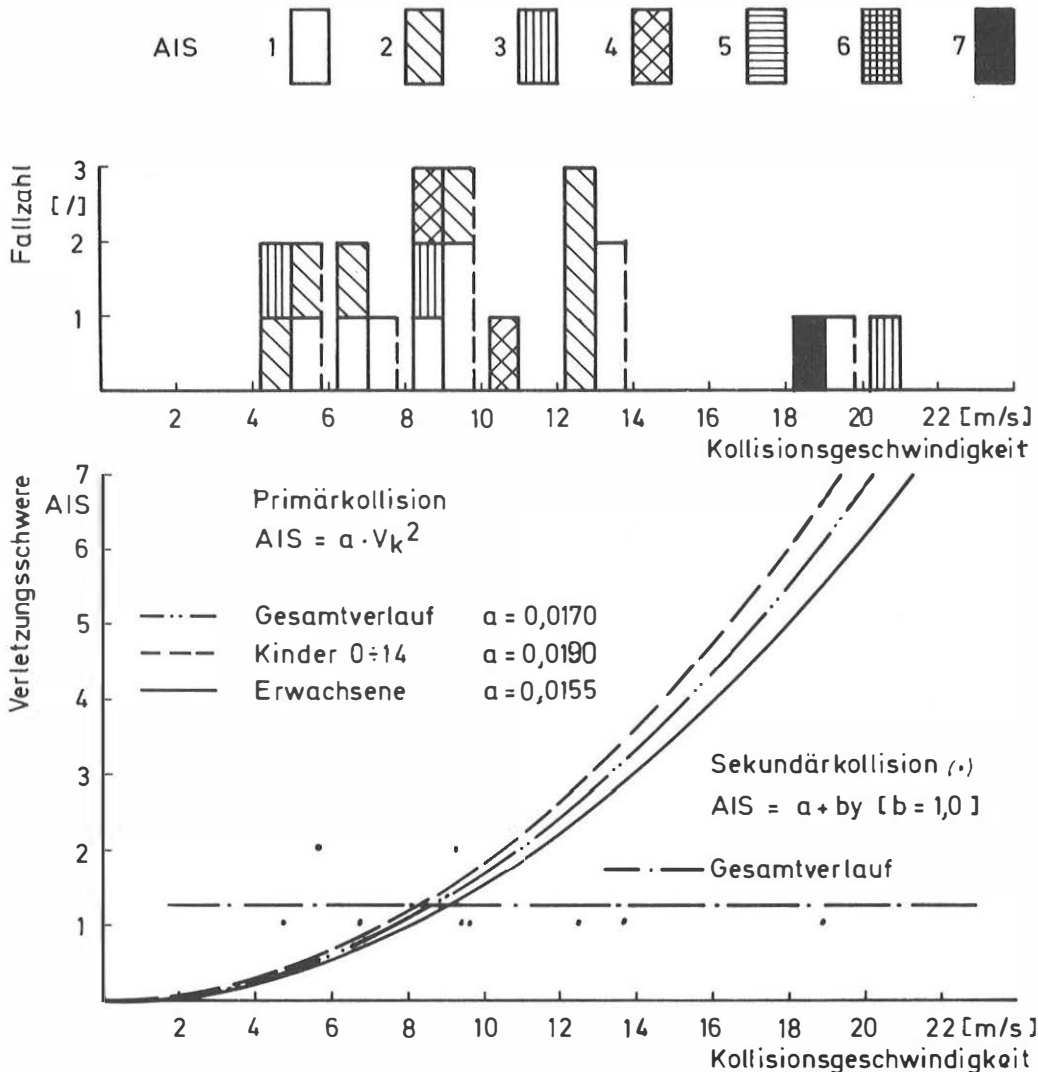


Bild 11: Verletzungsschwere durch Keilform aufgeteilt nach Primär- und Sekundärkollision

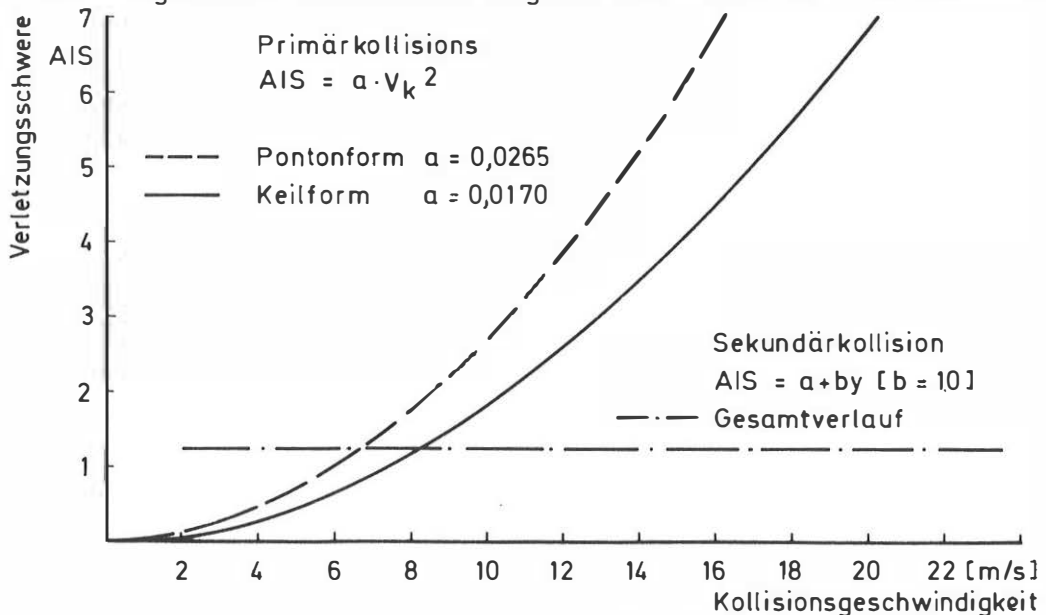


Bild 12: Verletzungsschwere durch Primär- und Sekundärkollision für verschiedene Fzg-Konturen

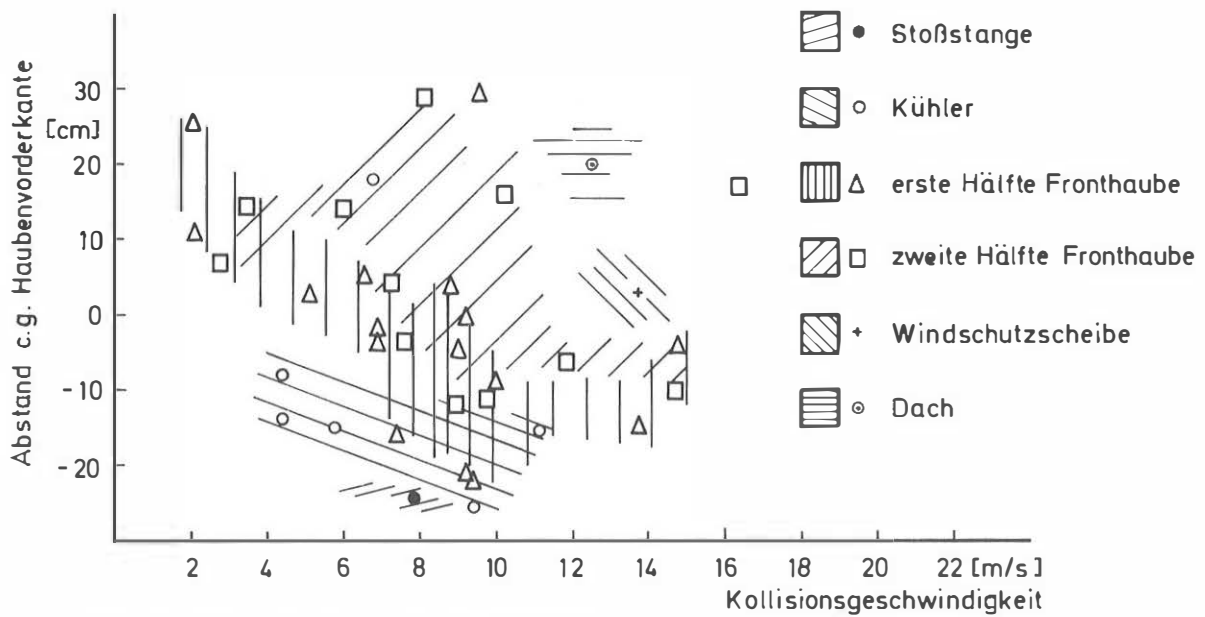


Bild 13: Aufwurfweiten bei Pontonform

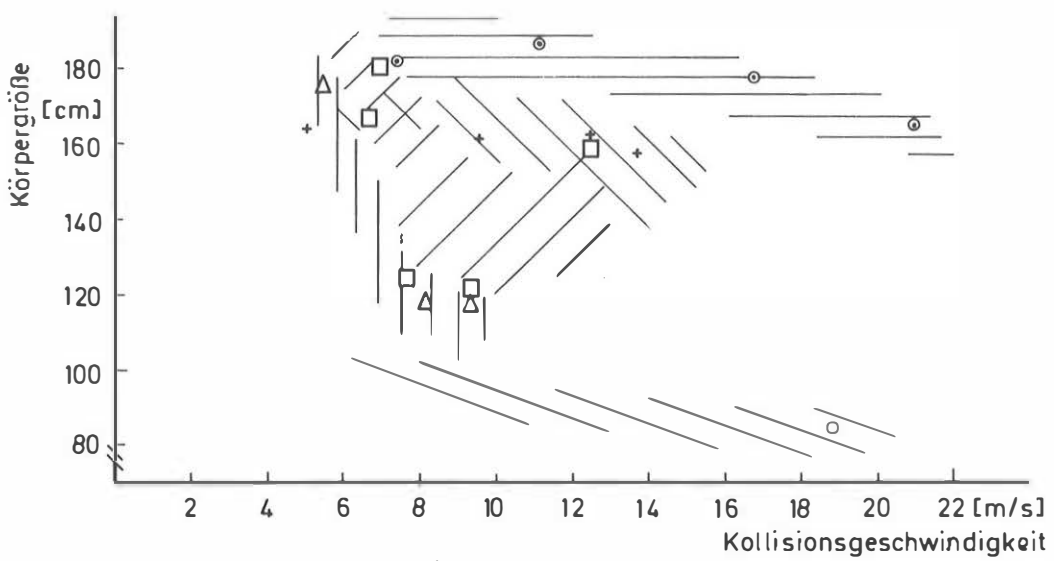


Bild 14: Aufwurfweiten bei Keilform

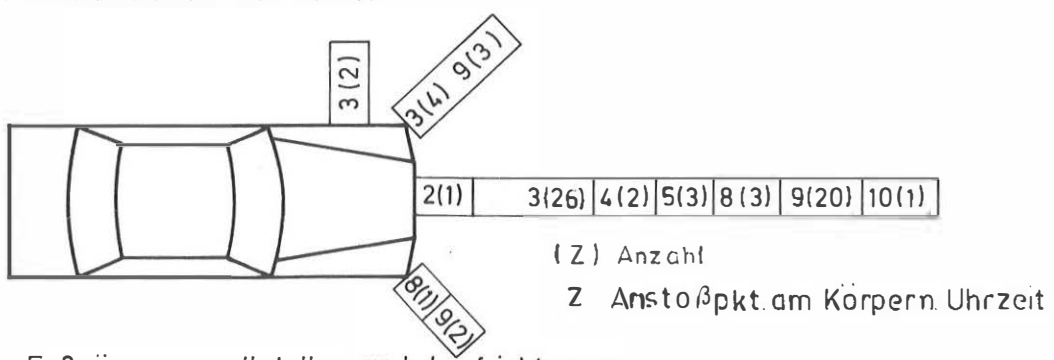


Bild 15: Fußgängeranprallstellen und Laufrichtungen

KIND - ERWACHSENER

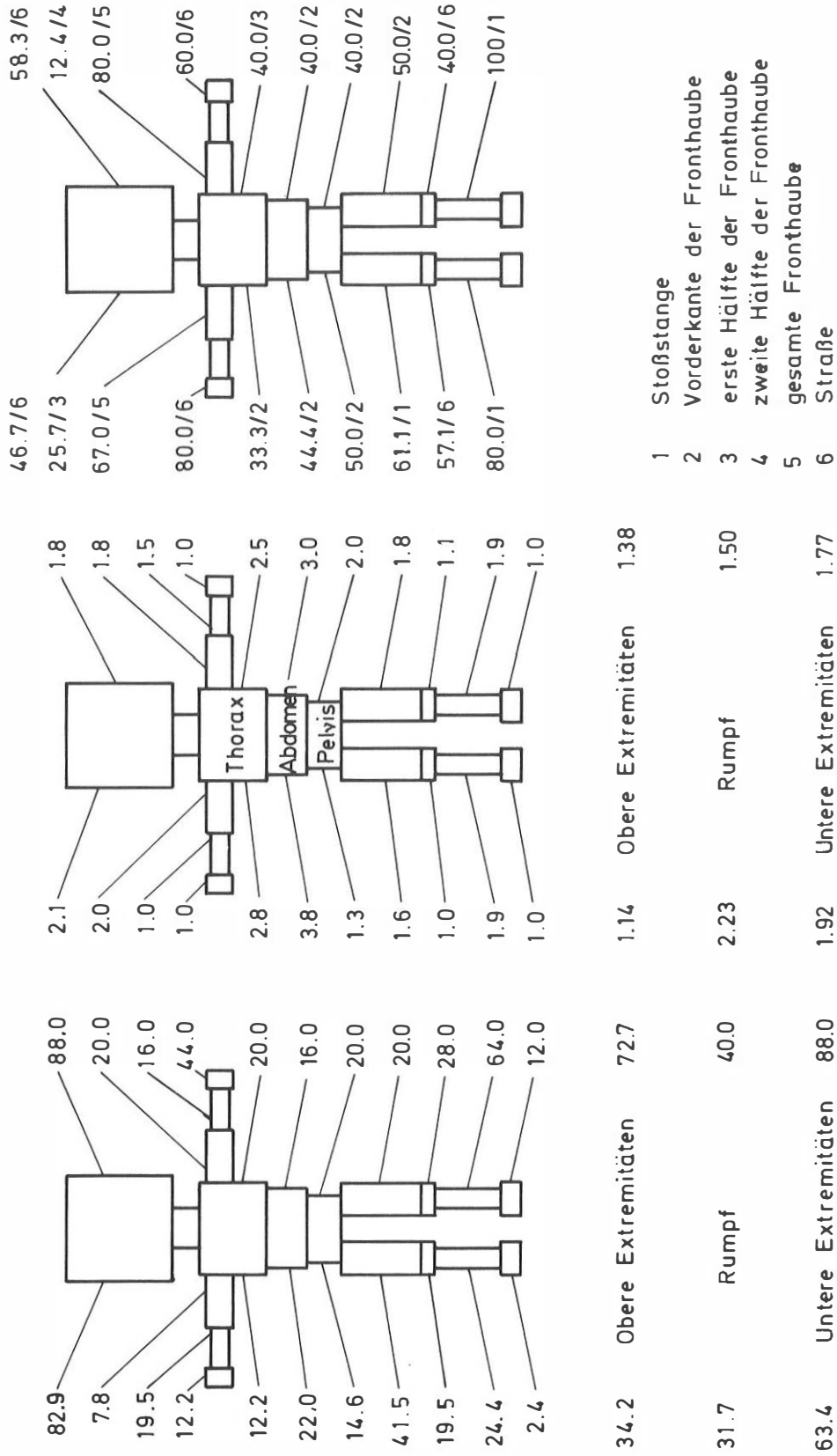


Bild 16 : Verletzungshäufigkeit [%.]

Bild 17: Verletzungsschwere [AIS]

Bild 18: Verletzungsursachen [%.]

	KINDER			ERWACHSENE		
	Σ	Straße	Fzg	Σ	Straße	Fzg
SCHÄDEL						
Weichteile	68	63	15	91	32	59
SHT	65	27	38	37	14	23
Frakturen	6	3	3	18	5	13
OBERE EXTREMITÄT.						
Weichteile	93	53	40	82	47	35
Frakturen	13	0	13	35	0	35
RUMPF						
Weichteile	50	7	43	50	20	40
Frakturen	43	0	43	70	10	60
Innere Organe	36	0	36	20	0	20
UNTERE EXTREM.						
Weichteile	65	42	39	86	32	73
Frakturen	62	0	62	64	0	64

Bild 21 Prozentuale Häufigkeit von Verletzungsarten der Körperteile aufgeteilt nach Lebensalter und Primär- Sekundärkollision

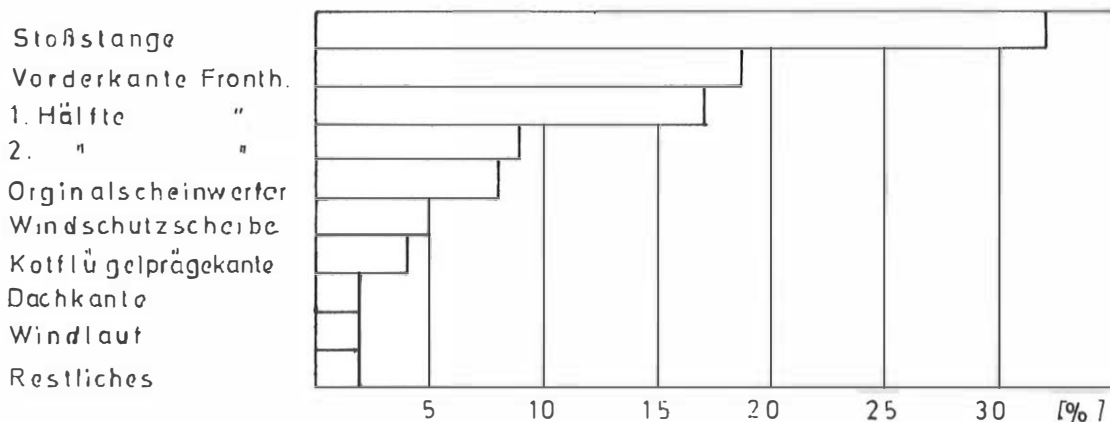


Bild 22 Häufigkeit mit der Teile des Fahrzeugäußeren Verletzungen verursachen

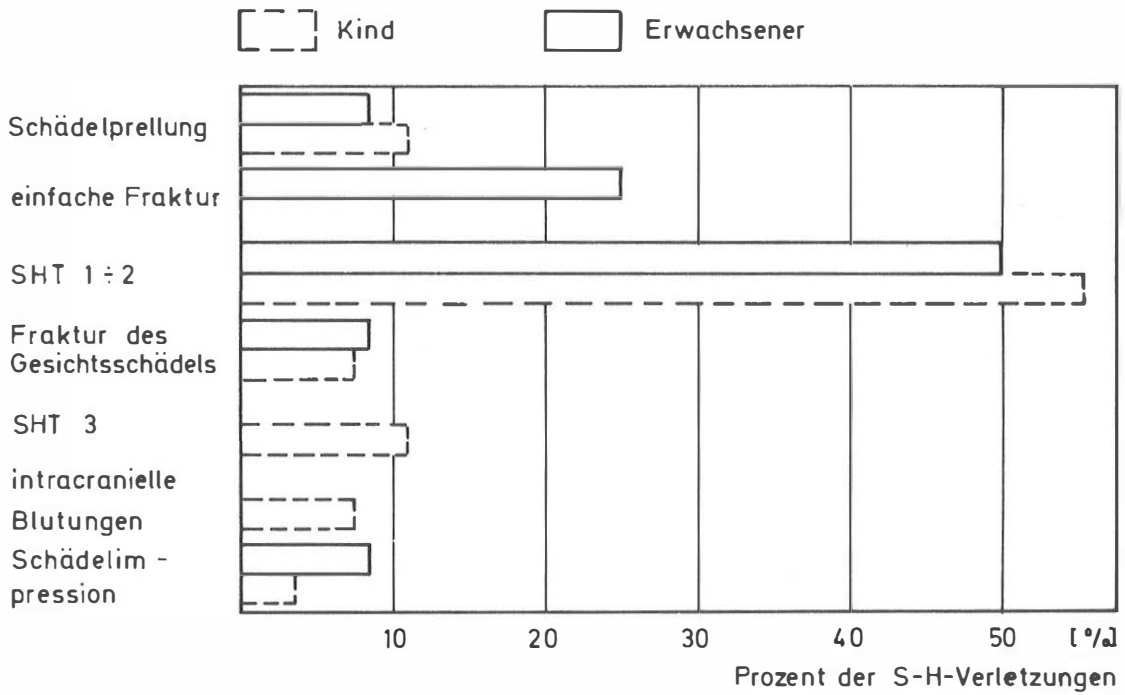


Bild 19: Häufigkeit von Schädel - Hirnverletzungen

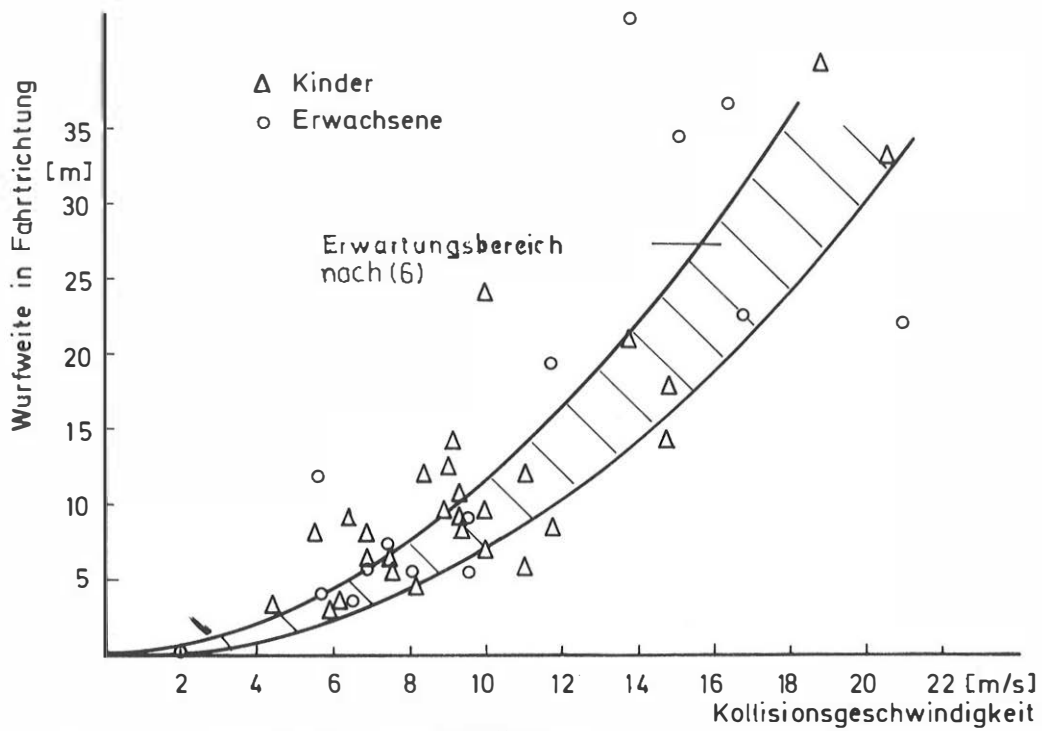


Bild 20: Abwurfweite von Fußgängern