

A10 Fußgängerunfälle

Jörg Ahlgrimm, Dr. Heinz Burg, Jürgen Dettinger, Dr. Andreas Moser

1 Einleitung

1.1 Unfallarten

Fußgänger können auf sehr verschiedene Arten verunfallen. Fußgänger können ohne Beteiligung anderer Verkehrsteilnehmer stürzen, sie können wegen Unebenheiten stolpern oder gegen Hindernisse laufen. Auch Fußgänger/Fußgänger-Kollisionen oder Fußgänger/Fahrrad-Kollisionen haben unter Umständen ernsthafte Folgen. Meistens sind jedoch von den Sachverständigen die Kollisionen von Fußgängern mit Kraftfahrzeugen zu rekonstruieren. Allgemein kann unter einem Fußgängerunfall jeder Körperkontakt eines Fußgängers mit unbewegten oder bewegten Hindernissen verstanden werden. Dabei können verschiedenste Formen auftreten, die durch die in der **Tabelle A10.1** aufgeführten Merkmale beschrieben werden können:

Tabelle A10.1 Merkmale von Fußgängerunfällen

	Fußgänger/-in	Kontaktpartner
Bewegungsart	– Stillstand – stationäre Bewegung – Beschleunigung – Verzögerung	– Verzögerung – stationäre Bewegung – Beschleunigung – Stillstand
Bewegungsrichtung	– Zum Hindernis hin – Vom Hindernis weg	– Stillstand – Vorwärtsfahrt – Rückwärtsfahrt – Schleudern – Überschlag
Kontaktart, Kollisionsart, Ort des Kontakts	– Körper voll getroffen – Körper teilweise getroffen – Streifkollision – Überrollen – Überfahren	– frontal – hinten – seitlich – unten – oben

Grundlegende Aufgabe bei der Rekonstruktion eines Fußgängerunfalls ist seine genaue Einordnung in das nachstehende Schema, da die verschiedenen Arten von Fußgängerunfällen auch nach verschiedenen Rekonstruktionsmethoden verlangen. Hierzu muss jedoch erwähnt werden, dass die Grenzen nicht scharf sind, so dass eine klare Zuordnung in Einzelfällen erschwert sein kann oder manchmal sogar unmöglich.

Anfahren an der Front

Beim Anfahren an der Front wird zwischen dem vollen Frontalzusammenstoß und dem teilweisen Frontalzusammenstoß bzw. Streifstoß unterschieden.

Voller Frontalzusammenstoß

Der gesamte Körper des Fußgängers befindet sich innerhalb des Fahrzeugumrisses vor dem Fahrzeug und wird beim Zusammenstoß auf dessen Geschwindigkeit beschleunigt.

Teilweiser Frontalzusammenstoß, Streifstoß

Beim teilweisen Frontalzusammenstoß befindet sich der Körper des Fußgängers im Gegensatz zum vollen Frontalzusammenstoß nicht vollständig innerhalb des Fahrzeugumrisses. Die Grenzen zwischen einem teilweisen Frontalzusammenstoß und einem Streifstoß sind fließend. Beim Streifstoß ist in den sich in den Fahrzeugumriss hineinbewegenden und in den sich herausbewegenden Fußgänger zu unterscheiden.

Gebremster Vollstoß

Unterscheidung in Kontakt-, Transport-, Flug- und Rutschphase mit der Möglichkeit von Folgekollisionen.

Ungebremster Vollstoß

Folgende Konstellationen sind möglich:

1. Der Fußgänger wird aufgeladen, fährt den ungebremsten Weg mit, löst sich bei Beginn der Bremsung und wird nach vorne geschleudert. Die Gesamtwurfweite ist damit größer als beim gebremsten Stoß.
2. Der Fußgänger wird aufgeladen und fällt dann seitlich vom Fahrzeug herunter. Seine Endlage ist meist hinter der Endstellung des Fahrzeugs. Hier kann die Wurfweite keine Aussage über eine mögliche Kollisionsgeschwindigkeit machen, wenn die Endlage vor Bremsbeginn liegt.
3. Wird der Fußgänger über das Dach geworfen, so ist die Wurfweite nahezu mit der des gebremsten Anstoßes identisch.
4. Beim Stoß des Fußgängers gegen die Außenkante des Fahrzeugs erfolgt keine Mitnahme des Fußgängers, sondern ein Stoß zur Seite, so dass Aussagen über die Kollisionsgeschwindigkeit kaum möglich sind.

Sich hineinbewegender Fußgänger

Der seitlich auf das Fahrzeug zukommende Fußgänger wird beim Anstoß entweder im Randbereich der Fahrzeugfront getroffen oder er bewegt sich gegen den seitlichen Bereich des Fahrzeugs. Oft wird er nur an dem Bein getroffen, mit dem er den letzten Schritt gemacht hat. Die beim Anstoß auf den Fußgänger übertragene Energie wandelt sich überwiegend in Rotationsenergie um, was zu einer Drehung um seine Längsachse führt. Aufgrund der Eigenbewegung des Fußgängers zum Fahrzeug hin, ist ein Entlanggleiten an der Fahrzeugseite die Folge, was zu weiteren Fahrzeugschäden und Fußgängerletzungen führt. Ferner beugt sich sein Oberkörper, auch infolge der Eigenbewegung über den Kotflügel und die Motorhaube, so dass die oberen Körperteile während des Entlanggleitens an der Fahrzeugseite häufig noch in Kontakt mit dem Rahmen der Windschutzscheibe, der Scheibe selbst oder mit der vorderen Ecke des Fahrzeugdaches kommen.

Der Körperschwerpunkt fällt nach dem Anstoß der Schwerkraft folgend nach unten, so dass die Intensität des Aufpralls auf die Fahrbahn, wegen der geringeren Fallhöhe, gegenüber dem vollen Frontalzusammenstoß geringer ist.

Sich herausbewegender Fußgänger

Bei dieser Art des Zusammenstoßes gelingt es dem Fußgänger fast vollständig den Gefahrenbereich zu verlassen. Häufig befindet sich nur noch ein Bein innerhalb der Fahrzeugkontur. Durch den Anstoß erhält der Fußgänger eine Drehung um seine Längsachse. Aufgrund der Eigenbewegung des Fußgängers vom Fahrzeug weg, kommt es nicht zu weiterem Kontakt mit dem Fahrzeuge.

Achsparallel gehender Fußgänger

Fußgänger, der sich parallel zur Fahrtrichtung bewegt, das kann in Fahrtrichtung oder entgegengesetzt zur Fahrtrichtung des Fahrzeugs sein.

Beim teilweisen Frontalzusammenstoß mit einem achsparallel gehenden Fußgänger ist die Aufprallkinematik ähnlich wie beim teilweisen Frontalzusammenstoß mit einem hineingehenden Fußgänger. Die Besonderheit liegt darin, dass er hier auf das Fahrzeug aufgeworfen werden kann. Jedoch kommt es nicht zu einer Anhebung des Körpers. Auch hier fällt der Körperschwerpunkt nach dem Anstoß eher nach unten.

Seitliches Streifen

Beim seitlichen Streifen kommt der Fußgänger allein mit der Fahrzeugseite in Kontakt. Man unterscheidet ein typisches und ein atypisches seitliches Streifen.

Seitliches Streifen liegt vor, wenn der Fußgänger hinter der Fahrzeugfrontlinie mit der Fahrzeugseite in Kontakt kommt. Er kann sich aus beliebiger Richtung auf das Fahrzeug zu bewegen oder sogar stehen. Dauer und Intensität des Kontakts hängen primär von seiner Bewegungsgeschwindigkeit ab. Infolge des seitlichen Streifens wird der Fußgänger zur Seite und nach vorne geschleudert, wo er hinter der Fahrzeugfrontlinie zum Liegen kommt.

Zum atypischen seitlichen Streifen kommt es, wenn ein stehender oder sich parallel zur Fahrtrichtung bewegender Fußgänger nur von seitlich herausragenden Fahrzeugteilen (Spiegel, Ladung u. a.) getroffen wird und durch diese vom Fahrzeug weggestoßen wird, so dass es nicht zu weiteren Kontakten mit der Fahrzeugseite kommt.

Überfahren/Überrollen

Überfahren oder Überrollen hat im Grunde die gleiche Bedeutung. In der Fachliteratur findet sich der Vorschlag von Überfahren dann zu sprechen, wenn der Fußgänger unter das Fahrzeug gerät, aber von keinem Rad überrollt wird. Überrollen wird dann gebraucht, wenn der Fußgänger tatsächlich von mindestens einem Rad überrollt wird.

Fährt ein Fahrzeug mit wenigstens einem Rad über den Körper eines Fußgängers hinweg, so spricht man von überrollen.

Unterschieden wird ferner in einfaches und kompliziertes Überfahren/Überrollen: Wird ein auf der Fahrbahn liegender Fußgänger, der nicht durch vorherigen Kontakt mit einem Fahrzeug zum Liegen kam, überfahren, so spricht man von einfachem Überfahren.

Kommt dagegen ein Fußgänger durch den Anstoß mit einem Fahrzeug zum Liegen und wird danach von demselben oder einem anderen noch überfahren, so handelt es sich um ein kompliziertes Überfahren.

Der Fall, dass der Fußgänger durch dasselbe Fahrzeug umgestoßen und überfahren wird ist selten. Überwiegend tritt er bei kastenförmigen Fahrzeugen mit geringer Bremsverzögerung auf bzw. wenn kleine Kinder auf voller Körperhöhe erfasst werden.

1.2 Definitionen

Für die Rekonstruktion von Fußgängerunfällen werden Ergebnisse aus Versuchsreihen mit Dummies oder aus der Auswertung realer Unfälle verwendet. Eine der wichtigsten Größen ist die „Wurfweite“. Sie ist als Abstand zwischen der Kollisionsstelle und der Endlage des Fußgängers definiert.

Der Begriff „Wurfweite“ ist ein terminus technicus, der einen Vorgang beschreibt, der mit dem **Bild A10-1** erläutert wird. Die Wurfweite setzt sich zusammen aus der Kontaktphase (Berührbeginn mit Aufladen und Abschleudern bis Kontaktende), der Flugphase, eventuell aus einer Transportphase und der Rutschphase. Da es kein Wort in der deutschen Sprache für diesen komplexen Vorgang gibt, hat man sich auf das Wort „Wurfweite“ geeinigt, wohl wissend, dass dieses von seiner Bedeutung her nur für die Flugphase angewendet werden dürfte.

Im so genannten Wurfweitendiagramm wird die Wurfweite über der Kollisionsgeschwindigkeit aufgetragen. Die ersten in der Literatur veröffentlichten Diagramme stammen von Elsholz aus dem Jahr 1969 sowie von Kühnel und Rau, die in den 1970er Jahren publiziert wurden. Später folgten diverse weitere Publikationen, mit denen die Fortschritte bei den Erkenntnissen von verschiedenen Autoren mitgeteilt wurden (z. B. [11, 12]). Die Wurfweitendiagramme werden in der Unfallforschung und in der forensischen Gutachterpraxis genutzt, um bei bekannter Kollisionsstelle und Endlage des Fußgängers die Kollisionsgeschwindigkeit einzugrenzen. Außer diesen sehr bedeutsamen Wurfweitendiagrammen wurden und werden aus den Versuchen diverse weitere Erkenntnisse über den Ablauf von solchen Unfällen gewonnen. Diese Ergebnisse sind mit spezifischen Bezeichnungen und Definitionen behaftet; einige besonders häufig vorkommende werden nachstehend erläutert.

Längswurfweite

Abstand zwischen der Schwerpunktsposition des Fußgängers bei Kollision und in der Endlage, gemessen in Fahrtrichtung des Fahrzeugs (Bezugspunkt ist der Schwerpunkt des Fußgängers).

Querwurfweite

Abstand zwischen der Position des Fußgängers bei Kollision und in der Endlage, gemessen quer zur Fahrtrichtung des Fahrzeugs (Bezugspunkt ist der Schwerpunkt des Fußgängers).

Längsrutschweite

Abstand zwischen der Position des Fußgängers beim Auftreffen auf der Fahrbahn und seiner Endlage, gemessen in Fahrtrichtung des Fahrzeugs (Bezugspunkt ist der Schwerpunkt des Fußgängers).

Querrutschweite

Abstand zwischen der Position des Fußgängers beim Auftreffen auf der Fahrbahn und seiner Endlage, gemessen quer zur Fahrtrichtung des Fahrzeugs (Bezugspunkt ist der Schwerpunkt des Fußgängers).

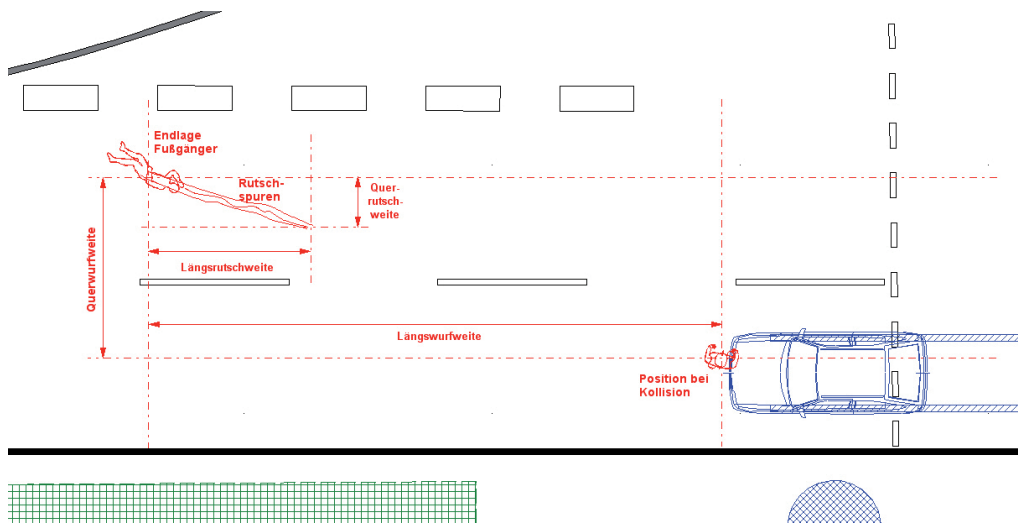


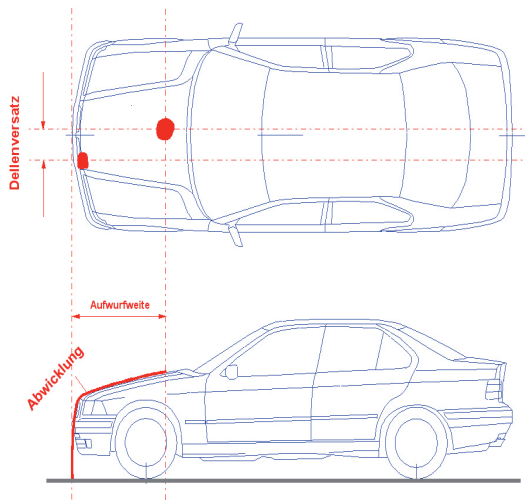
Bild A10-1 Definition der Wurf- und Rutschweiten

Dellenversatz (oft auch Beulenversatz genannt)

Abstand zwischen einer deutlichen Eindellung an der Fahrzeugfront (vorzugsweise Motorhaube vom Kontakt mit Bein oder Hüfte) und der Kopfaufprallstelle (auf der Motorhaube, der Frontscheibe oder dem oberen Dachrahmen), gemessen quer zur Fahrzeugsängsachse.

Aufwurfweite

Abstand zwischen der Erstkontaktstelle an der Fahrzeugfront und der Mitte der Kopfaufschlagstelle, gemessen in horizontaler Richtung.



Abwicklung:

Längenmaß, das mit einem Maßband von der Fahrbahnoberfläche, senkrecht unter der Erstkontaktstelle an der Fahrzeugfront, und der Mitte der Kopfaufschlagstelle gemessen werden kann.

Transportstrecke:

Distanz, über die ein Fußgänger auf dem Fahrzeug transportiert wird, wenn der Fahrzeuglenker nach der Kollision nicht bremst.

Bild A10-2 Definition Dellenversatz, Aufwurfweite und Abwicklung

2 Kinematik

Der Bewegungsablauf bei Kollisionsgeschwindigkeiten von Fußgängern mit Pkw oder Pkw-ähnlichen Fahrzeugen wurde ausführlich in [2] und in anderen Publikationen beschrieben und wird allgemein in vier Phasen gegliedert:

Tabelle A10.2 Phasen eines Fußgängerunfalls

Kontaktphase:	Reicht vom Beginn des Anstoßes bis zu der Situation, bei welcher der Fußgänger entweder in etwa die Fahrzeuggeschwindigkeit angenommen hat oder es zum Ablösen des Fußgängers vom Fahrzeug kommt. Die Phase kann untergliedert werden in: – Anstoß Beine/Becken (1. Beschleunigung), – Aufschaukeln, Aufschlag Rumpf/Kopf (2. Beschleunigung) und eventuell sich anschließende Transportstrecke.
Transportphase:	Falls der Fahrzeuglenker nach der Kollision nicht bremst, dann kann es bei manchen Fahrzeugtypen sein, dass der Fußgänger auf der Motorhaube oder auf dem Dach mittransportiert wird, bis der Fahrzeuglenker doch bremst oder bis das Fahrzeug aus anderer Ursache zum Stillstand kommt oder bis der Fußgänger aufgrund der Schwerkraft vom Fahrzeug herunterfällt.
Flugphase:	Reicht vom Ablösen des Fußgängers bis zum Aufprall auf oder neben der Fahrbahn, oder: freier Flug, Fahrzeugberührung durch einzelne Körperteile während des Flugs möglich und schließlich Aufprall auf oder neben der Fahrbahn.
Rutschphase:	Reicht vom Aufprall auf oder neben der Fahrbahn bis zur Endlage des Fußgängers.

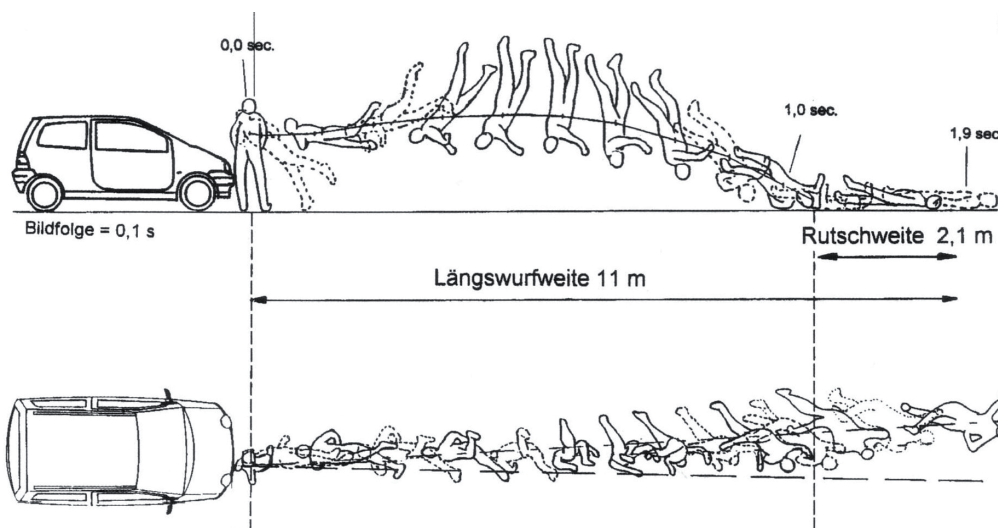


Bild A10-3 Bewegungsablauf des Fußgängerdummys bei einem Versuch in drei Phasen (ohne Transportphase)

2.1 Kontaktphase

Die Kontaktphase wird in einzelne Bereiche untergliedert. Unterschiedliche Anstoßkonstellationen und deren Einflüsse auf die nachfolgenden Bewegungsphasen können damit besser diskutiert werden:

- Primäranstoß mit Anprall des Unterschenkels,
- Unterzieheffekt des Fußes und Unterschenkels mit Rotation im Fußgelenk,
- Rotationsbewegung des Gesamtkörpers über die Fahrzeugfrontfläche und Belastung des Kniegelenkes,
- Anlage von Oberschenkel/Becken mit Aufschöpfen des Fußgängers,
- Oberkörper- und Kopfanprall auf der Fronthaubenfläche bzw. Windschutzscheibe,
- Aufschlag auf dem Fahrzeugdach mit dem ganzen Körper oder nur mit einzelnen Körperteilen,
- Ablösen des Fußgängers vom Fahrzeug.

2.2 Primärkontakt/Erstkontakt

Der Primärkontakt (bei $t = 0$ ms) findet meist an der Stoßstange statt (bei ins Fahrzeug hineinfliehenden Fußgängern kann das anders sein). Der Fußgänger wird im Bereich der Unterschenkel getroffen. Wo genau, hängt von der Art und Form der Frontkontur des Fahrzeugs ab und auch von der Größe des Fußgängers (z. B. Kind oder Erwachsener).

Bei einem sehr flachen Fahrzeug (z. B. Sportwagen) wird der Unterschenkel getroffen, danach beginnt bereits der Aufladevorgang. Beim Primärkontakt wird in diesem Fall nur ein Teil der Bewegungsenergie des Fahrzeugs auf den Fußgänger übertragen.

Bei einem pontonförmigen Pkw erfolgt bei einem Erwachsenen der Primärkontakt zwischen der Mitte des Unterschenkels und dem Knie. Die genaue Position ist von der konkreten Fahrzeugkontur und von der eventuellen Abbremsung des Fahrzeugs abhängig.

Fast zeitgleich kommt es auch zu einem Kontakt im Bereich des Oberschenkels durch die Haubenvorderkante. In diesem Fall wird schon deutlich mehr Bewegungsenergie als beim Primärkontakt übertragen.

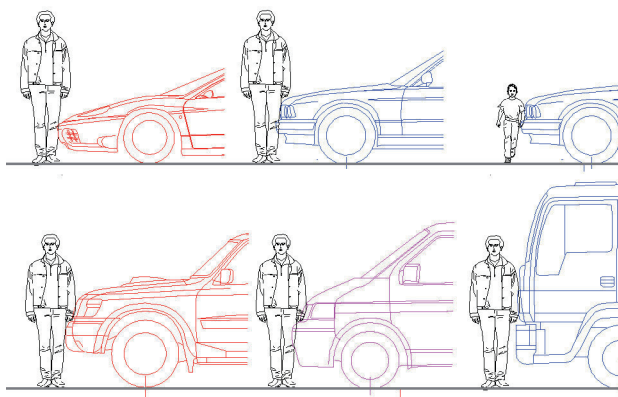


Bild A10-4 Kollisionskonfigurationen