

## Hans-Ulrich Ottensmeyer

### Einfluss der Geschwindigkeit auf das Unfallgeschehen im Straßenverkehr

#### Zusammenfassung

Die gefahrene Geschwindigkeit hat einen ganz erheblichen Einfluss auf das Unfallgeschehen. Um das zu verdeutlichen, wird der Begriff »Gefährdung« eingeführt. Die Gefährdung berücksichtigt die Verletzungsschwere und den Anhalteweg in Abhängigkeit von der Ausgangsgeschwindigkeit (Integral der Verletzungsschwere über dem Anhalteweg).

Wird einem Fahrzeug mit einer Geschwindigkeit von 30 km/h die Gefährdung der Größe 1 zugeordnet, dann ist bei einer Geschwindigkeit von 60 km/h die Gefährdung fast zehnmal so groß.

#### 1 Einleitung

In Unfallstatistiken sind vielfältige Unfallursachen genannt, wie z.B. Alkohol im Straßenverkehr, Vorfahrtsverletzungen, zu geringer Abstand, Überholen trotz Gegenverkehr, falsch durchgeführte Wende- und Anfahrmanöver, technische Mängel und vieles mehr.

Unter der Rubrik »überhöhte Geschwindigkeit« werden Unfälle nur dann eingestuft, wenn sich schon beim ersten Anschein eindeutig ein krasses Überschreiten einer Geschwindigkeitsnorm abzeichnet, die andere Ursachen, wie z.B. eine Vorfahrtsverletzung des anderen Beteiligten in den Hintergrund treten lassen.

Auf Autobahnen ohne Geschwindigkeitsbeschränkungen kann der Begriff »überhöhte Geschwindigkeit« kaum angewandt werden, es kann nur von einer den Strassen- oder Sichtverhältnissen nicht angepassten Geschwindigkeit gesprochen werden.

Alle Unfälle haben eines gemeinsam: zu Schäden kann es nur kommen, wenn wenigstens ein Beteiligter in Bewegung ist, wobei Schadensausmaß und insbesondere Verletzungsfolgen sicherlich durch die Geschwindigkeit eines der Beteiligten beeinflusst werden.

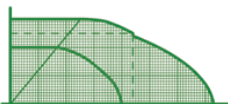
#### 2 Unfälle mit Fußgängern

Die meisten Verkehrsunfälle mit schweren Folgen sind im Stadtverkehr solche, bei denen ein nichtmotorisierter Verkehrsteilnehmer von einem Kraftfahrzeug erfasst wurde. Da sich ein Fußgänger oder Radfahrer nicht durch passive Sicherheitseinrichtungen schützen kann, müssen Unfallfolgen durch andere Möglichkeiten reduziert werden.

Ein wichtiger Parameter ist die Geschwindigkeit des Fahrzeugs. Um den Einfluss der Geschwindigkeit zu ermitteln, soll hier der Begriff »Gefährdung« eingeführt werden.

Die **Gefährdung** z.B. von Fußgängern setzt sich zusammen aus der Verletzungsschwere und der Unfallwahrscheinlichkeit.

Die **Verletzungsschwere** wird durch eine international gültige Tabelle klassifiziert (**Bild 1**).



Index	Schweregrad - Kategorie	Verletzungsart
0	UNVERLETZT	
1	GERING	Schürfung, Stauchung, Hauteinriss, Schädelprellung, Verbrennung 1. Grades bis 70 % Verbrennung 2. Grades 10 %
2	MÄSSIG	Großflächige Schürfungen und Prellungen ausgedehnte Weichteilwunden leichte Gehirnerschütterung ohne Bewußtl. Verbrennung 2. Grades 20 %
3	SCHWER (nicht lebensgefährlich)	Offene Wunden mit Nerven- oder Gefäßverletzungen Gehirnerschütterung mit Bewußtl. 5-10 min. Verbrennungen 2. Grades 30 %
4	SCHWER (lebensgefährlich, überleben wahrscheinlich)	Wunden mit gefährlichen Blutungen multiple Frakturen mit Organschädigung Gehirnerschütterung mit neurologischen Zeichen Verbrennungen 2. Grades 40%, 3. Grades 10 %
5	KRITISCH (überleben unsicher)	Organrupturen schweres SHT Verbrennungen 3. Grades bis 50 %
6	MAXIMAL (keine Behandlung mehr möglich)	

Bild 1

Da die Verletzungsschwere außer von der Kollisionsgeschwindigkeit noch von weiteren Faktoren beeinflusst wird, kann keine den Einzelfall betreffende Abhängigkeit ermittelt werden. Die Verletzungsschwere hängt u.a. von der Fahrzeugfront und dessen Steifigkeit, von der Größe des Fußgängers im Verhältnis zur Fahrzeugkontur und von dem Alter des Fußgängers ab.

Im Durchschnitt kann davon ausgegangen werden, dass bei einer Anprallgeschwindigkeit von 30 km/h mit einer Verletzungsschwere um 1,5, bei 50 km/h mit einer Verletzungsschwere um 4 und bei 60 km/h mit einer Verletzungsschwere um 6 gerechnet werden muss [2].

Die Wahrscheinlichkeit, tödlich verletzt zu werden, liegt bei 30 km/h Anprallgeschwindigkeit um 5%, bei 50 km/h um 40% und bei 70 km/h um 90% [3]. Allerdings besteht bei älteren Menschen auch bei geringfügigen Verletzungen allein durch den Krankenhausaufenthalt die Gefahr, dass Komplikationen schließlich doch noch zum Tod führen.

Ohne die Einführung des Begriffs »Energie« ist eine Beschreibung von Unfallabläufen nicht möglich. Der Einfluss der Geschwindigkeit lässt sich am besten durch eine energie-äquivalente Fallhöhe ausdrücken. Eine Aufprallgeschwindigkeit von 30 km/h entspricht einer Fallhöhe von 3,5 m, eine Aufprallgeschwindigkeit von 50 km/h entspricht bereits einer Fallhöhe von fast 10 m und eine Aufprallgeschwindigkeit von 70 km/h einer Höhe von 19,3 m.

Werden die mit der Geschwindigkeit stark ansteigenden Fallhöhen betrachtet, wird deutlich, dass die Verletzungsschwere nicht proportional zur Geschwindigkeit, sondern proportional zur Bewegungsenergie ansteigen muss.

Als Maß für die **Unfallwahrscheinlichkeit** kann der Anhalteweg herangezogen werden.

Der Anhalteweg setzt sich zusammen aus dem Weg, den ein Fahrzeug ungebremst während der Verzugszeit durchfährt und dem **Bremsweg (Bild 2)**.

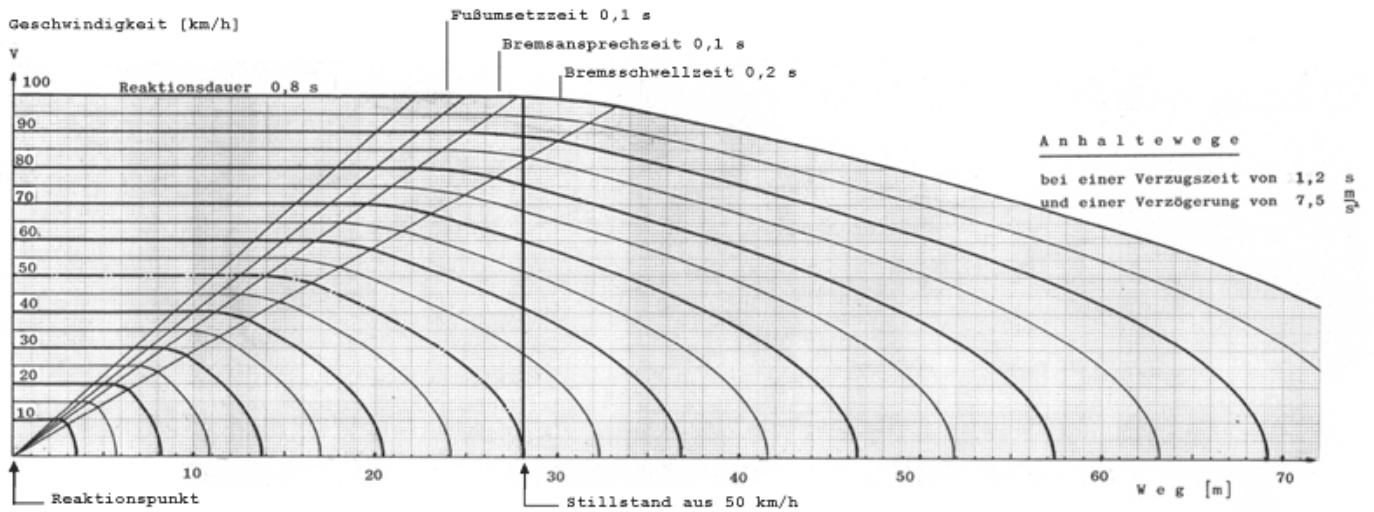
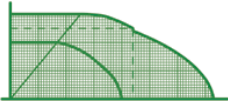


Bild 2

Das Diagramm zeigt den Geschwindigkeitsverlauf eines Pkw entlang des Anhalteweges. Die Geschwindigkeitslinie für 50 km/h ist strichpunktiert, an ihrem Ende ist eine senkrechte Linie eingetragen. Auf dieser Linie können für die höheren Ausgangsgeschwindigkeiten die momentanen Geschwindigkeiten an dem Ort, wo ein Fahrzeug bei einer Ausgangsgeschwindigkeit von 50 km/h gerade zum Halten kommt, direkt abgelesen werden.

Stellen Sie sich folgende Situation vor:

Vier Autofahrer fahren mit 50, 60, 70 und 80 km/h gerade in dem Moment nebeneinander, als ein Kind auf die Strasse läuft. Alle wollen anhalten. Nach jeweils 1,2 s setzt die volle Bremswirkung der Fahrzeuge ein. Bis zu diesem Zeitpunkt rollt das Fahrzeug mit 50 km/h knapp 17 m, das Fahrzeug mit 80 km/h knapp 27 m weiter. Alle Fahrzeuge bremsen mit einer Verzögerung von  $7,5 \text{ m/s}^2$  scharf ab. Das Fahrzeug aus 50 km/h kommt nach ca. 28 m zum Stehen. An dieser Stelle hat das Fahrzeug, das aus 60 km/h anhalten will, noch eine Geschwindigkeit von 41 km/h inne, das aus 70 km/h anhaltende Fahrzeug fährt noch mit 60 km/h und das aus 80 km/h anhaltende Fahrzeug hat noch 75 km/h auf dem Tacho.

Es wird deutlich, dass eine Erhöhung der Geschwindigkeit sich sowohl durch Verlängerung der Anhaltewege als auch durch drastische Zunahme einer möglichen Verletzungs- bzw. Schadensintensität ausdrückt.

Um beide Einflüsse zu erfassen, wird anstelle der Geschwindigkeit die zur Verletzungsschwere etwa proportionale Bewegungsenergie über dem Anhalteweg aufgetragen. Es lässt sich damit die in **Bild 3** dargestellte Abhängigkeit aufzeigen.

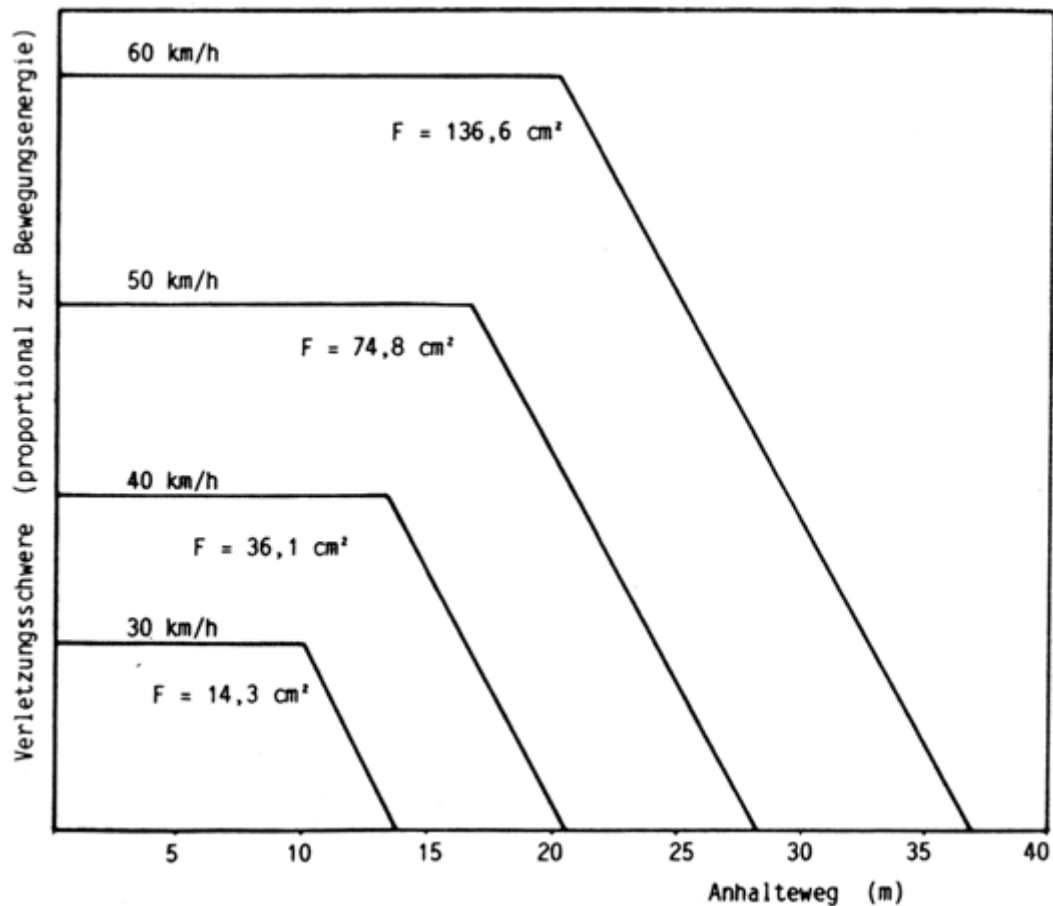
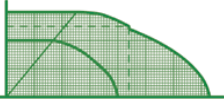


Bild 3

Im Vergleich zu Bild 2 erhält man entlang der Bremswege keine Parabeln mehr, sondern eine lineare Abnahme der Verletzungsschwere mit dem Bremsweg.

Die Gefährdung bei einer bestimmten Ausgangsgeschwindigkeit stellt sich im Bild 3 als Fläche unterhalb der Begrenzungslinie dar, es wurde also das Integral der Verletzungsschwere (Schadensschwere) über dem Anhalteweg gebildet.

Wird einem Fahrzeug, das mit 30 km/h fährt, eine Gefährdung der Größe 1 zugeordnet, dann ist bei einer Ausgangsgeschwindigkeit von 50 km/h die Gefährdung gleich fünfmal, bei 60 km/h fast zehnmal so groß.

Die Gefährdungen sind im **Bild 4** dargestellt.

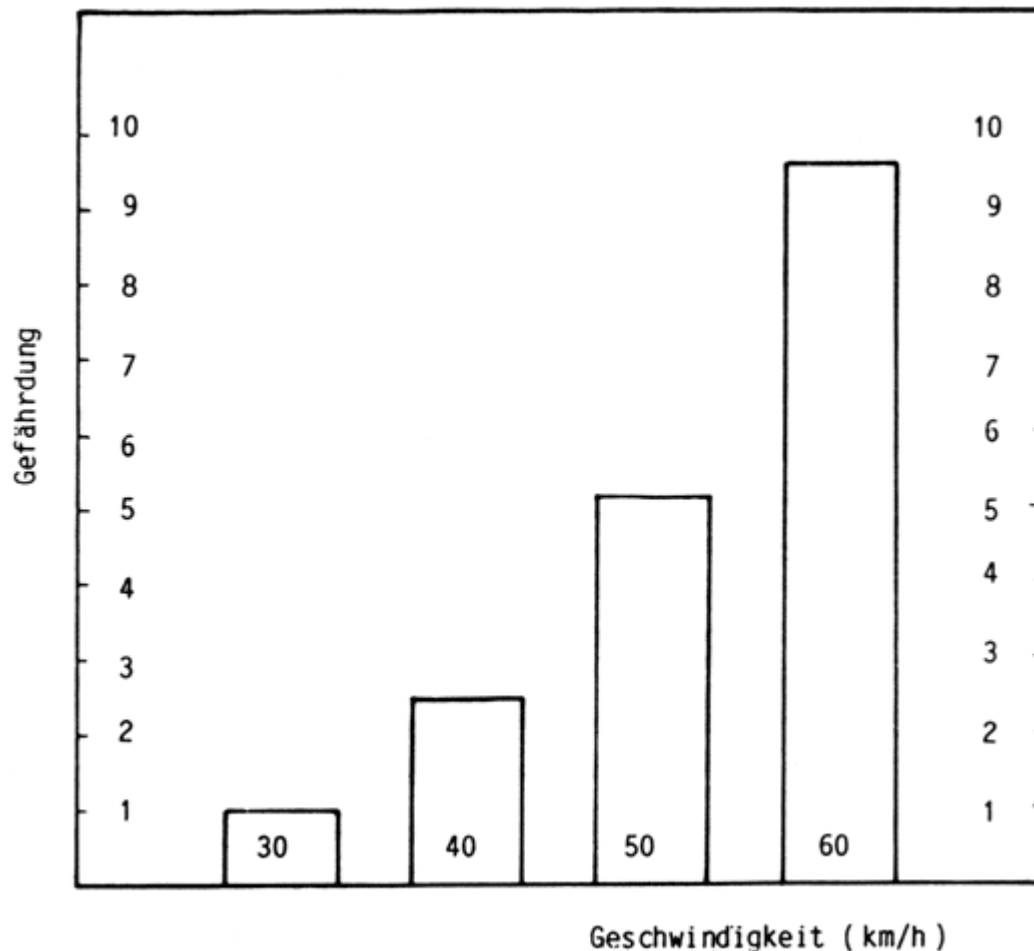
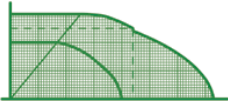


Bild 4

Bei einer Ausgangsgeschwindigkeit von 80 km/h ist die Gefährdung theoretisch 25 mal so groß wie bei einer Ausgangsgeschwindigkeit von 30 km/h.

Es muss hier jedoch berücksichtigt werden, dass die Verletzungsschwere nach oben hin begrenzt ist. Ein Fußgänger kann maximal die Verletzungsschwere 6 (tödlich) erreichen.

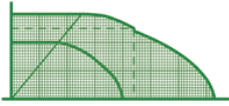
### 3 Unfälle zwischen motorisierten Teilnehmern

Grundsätzlich gelten hier ähnliche Überlegungen. Bei Pkw-Pkw-Kollisionen müssen jedoch die Fahrzeugmaße berücksichtigt werden. Die Verletzungsschwere von Fahrzeuginsassen verhält sich quadratisch zu einer stoßbedingten Geschwindigkeitsänderung.

Allerdings ist bei normalerweise in der Stadt gefahrenen Geschwindigkeiten und den meisten Kollisionstypen eine wesentlich geringere Verletzungsschwere zu erwarten, da die Fahrzeuginsassen durch den Sicherheitsgurt, die Knautschzonen und durch Polsterungen des Innenraumes geschützt sind.

Die Geschwindigkeitsänderung des Pkw ist bei einer Fußgänger-Kollision gering.

Insassenverletzungen treten in der Regel nicht auf. Anders verhält es sich, wenn ein Fahrzeug z.B. mit 60 km/h auf ein gleich schweres, stehendes Fahrzeug auffährt. Das stehende wird durch den Stoß auf die halbe Geschwindigkeit, also auf 30 km/h beschleunigt. Die Bewegungsenergie des auffahrenden Fahrzeugs teilt sich zu  $\frac{1}{4}$  in die eigene Restgeschwindigkeit von 30 km/h, zu einem weiteren Viertel in die Bewegungsenergie des durch den Stoß beschleunigten Fahrzeugs und zur Hälfte in Fahrzeugverformungen auf.



Wären die Knautschzonen beider Fahrzeuge völlig identisch, dann würde die Verformung eines jeden Fahrzeugs für sich genommen einem Viertel der Bewegungsenergie von 60 km/h entsprechen, also einem Aufprall mit 30 km/h gegen eine feste Wand.

Der Vorderwagen eines Fahrzeugs verkürzt sich dabei auf ganzer Breite um ca. 25 cm.

Die Fahrzeuginsassen werden bei einer solchen Kollision auf einem Weg von ca. 0,5 m (dem gesamten Verformungsweg der beiden Karosserien) auf 30 km/h abgebremst. Die dabei auftretende, auf den Körper einwirkende Verzögerung entspricht dem siebenfachen Körpergewicht, was auch ein Schwergewichtler nicht stemmen kann. Wenn ein Fahrzeuginsasse nicht angeschnallt ist, prallt er mit 60 km/h gegen das inzwischen auf 30 km/h abgebremste Armaturenbrett, das Zerspringen der Windschutzscheibe mit schweren Kopf- und Augenschnittsverletzungen, Bein-, Becken- und Rippenbrüche können die Folge sein. Ist er dagegen angeschnallt, dann wird er zusammen mit dem Fahrzeug durch die Knautschzone abgebremst. Auch hilft die Elastizität des Sicherheitsgurt zu starke Stöße zu vermeiden. Insbesondere wird bei richtig angelegtem Gurt ein Kontakt mit der Windschutzscheibe vermieden.

Die Fahrgastzellen der meisten Pkw überstehen eine Maueranprallgeschwindigkeit bis ca. 50 km/h, allerdings ist die „Knautschzone“ dann verbraucht. Das Fahrzeug ist etwa 0,5 – 0,6 m kürzer. Ein solcher Anprall kann bei angelegtem Sicherheitsgurt noch ohne schwere Verletzungen überstanden werden.

Bei noch höheren kollisionsbedingten Geschwindigkeitsänderungen kann allerdings der Gurt nicht mehr vollständig schützen. Das verleitet manche Mediziner zu der Annahme, das Anlegen eines Sicherheitsgurt könne gefährlich sein. Nur hätte man die Fahrzeuginsassen gleich in einen Sarg legen können, wenn sie nicht angeschnallt gewesen wären.

Bei einem Aufprall mit 50 km/h gegen eine Mauer treten mittlere Verzögerungskräfte auf, die dem zwanzigfachen der Erdbeschleunigung entsprechen. Damit diese Grenze auch bei 100 km/h nicht überschritten wird, müsste bei einem Maueraufprall die Knautschzone allein 2 m lang sein, bei 200 km/h 8 m.

Eine Insassenbelastung wie bei dem beschriebenen Maueraufprall kann sich auch im Stadtverkehr ergeben, wenn zwei gleiche Fahrzeuge mit 50 km/h frontal aufeinander prallen.

Eine solche Grenzbelastung für die Fahrzeuge tritt auch dann auf, wenn ein Pkw mit 100 km/h auf einen gleich schweren und mit gleicher Knautschzone versehenen stehenden fährt oder beispielsweise mit 200 km/h auf ein Fahrzeug, das mit 100 km/h fährt. Im letztgenannten Fall wäre die gemeinsame Restgeschwindigkeit dann allerdings 150 km/h, die Fahrzeuge wären zerstört und würden willkürlich durch die Gegend schleudern.

Wenn ein Fahrzeug ins Schleudern gerät und nicht mit den als Knautschzone ausgebildeten Front- und Heckpartien, sondern seitlich gegen ein festes Hindernis stößt, kann das fatale Folgen haben. Stößt es beispielsweise gegen einen Lichtmast, kann dieser schon bei einer Anprallgeschwindigkeit von 40 km/h bis etwa zum Mitteltunnel eindringen.

Eine andere Situation tritt auf, wenn ein Pkw mit einem Motorrad zusammenstößt. Ein Motorradfahrer ist, abgesehen von seinem Helm, ebenso ungeschützt wie ein Fußgänger oder Radfahrer.

Als Sonderfall, der jedoch vergleichsweise häufig auftritt, kann ein Zusammenstoß zwischen einem linksabbiegenden Pkw und einem entgegenkommenden Motorrad betrachtet werden. Da die Geschwindigkeit eines abbiegenden Pkw vergleichsweise niedrig ist, hängt die Gefährdung des Motorradfahrers im wesentlichen von seiner eigenen Fahrgeschwindigkeit ab.

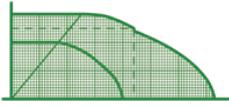
## Kommentar

### a) **technisch-physikalisch:**

Aus den vorstehenden Zusammenhängen soll nicht etwa gefolgert werden, dass nur ein stehendes Fahrzeug sicher ist, die Konsequenz lautet vielmehr, dass bei verhaltenen Geschwindigkeiten ein hoher Sicherheitsstandard möglich ist.

Insgesamt kann festgestellt werden, dass die bestehende Geschwindigkeitsregelung für geschlossene Ortschaften (50 km/h) sinnvoll ist. Es stellt sich allerdings die Frage, ob die zulässige Höchstgeschwindigkeit für Wohngebiete von teilweise 30 km/h notwendig ist, da schon eine Geschwindigkeitsreduzierung auf 40 km/h nur noch die halbe Gefährdung bedeuten würde. Würden technische Maßnahmen an den Fahrzeugkarosserien in der Weise vorgenommen, wie sie für den Insassenschutz bekannt und bewährt sind – eine nur wenige Zentimeter dicke, zähe Polsterung der Fahrzeugfronten und Frontscheibeneinfassungen reduziert Verletzungen erheblich – könnte die Verletzungsschwere von Fußgängern auf ein akzeptables Maß reduziert werden.





Von besonderer Bedeutung ist in diesem Zusammenhang die Akzeptanz von Geschwindigkeitsregelungen für Kraftfahrer. Wird in Zonen von 30 km/h teilweise wirklich mit 30 km/h gefahren, teilweise erheblich schneller, dann ist der Fahrzeugverkehr für Fußgänger, insbesondere für Kinder, nicht mehr berechenbar. Eine von vielen Kraftfahrern nicht angenommene Regelung bedingt riskante Überholmanöver; der Verkehrssicherheit und dem gleichmäßigen Verkehrsfluss sind nicht mehr gedient.

Eine zulässige Höchstgeschwindigkeit von mehr als 50 km/h bietet sich in Stadtgebieten dann an, wenn der Pkw-Verkehr vom Fußgänger-Verkehr getrennt und möglichst auch eine Mittelinsel angelegt ist.

Sehr breite Straßen in Wohngebieten erweisen sich dagegen als tückisch: Aufgrund des guten Ausbaus werden häufig hohe Geschwindigkeiten gefahren. Ein Fußgänger, der beispielsweise eine 6-spurige Straße überqueren will, muss den Straßenverkehr um 400 m einschätzen und berechnen. Kinder, alte Leute und Betrunkene sind dabei im allgemeinen überfordert. Bei solchen Straßen sollte in Wohngebieten deshalb wenigstens eine Mittelinsel angelegt werden, auf denen sich ein Fußgänger neu orientieren kann.

Weiter entfernte Fußgänger-Lichtzeichenanlagen werden oft nicht genutzt: Bei einem Abstand von beispielsweise 250 m ergibt sich für einen Fußgänger eine Wegverlängerung von 1 km bei Hin- und Rückweg, wenn ein gegenüberliegendes Ziel erreicht werden soll.

Bei Straßen mit getrennten Richtungsfahrbahnen (Bundesautobahn, einzelne Landstraßen) lassen sich die in der Untersuchung genannten Ergebnisse nur eingeschränkt anwenden. Da mit Quer- und Gegenverkehr aller Art nicht zu rechnen ist, besteht nur die Möglichkeit von Auffahrunfällen. Ein von den meisten Kraftfahrern akzeptierter Geschwindigkeitsrahmen bewirkt einen ruhigen Verkehrsfluss mit wenig Überholvorgängen und geringen Relativgeschwindigkeiten: Bei guter Sicht und einwandfreien Straßenverhältnissen können deshalb Geschwindigkeiten um 120 km/h mit nur sehr geringem Risiko gefahren werden.

Andere Verhältnisse gelten auf Straßen ohne getrennte Fahrtrichtungen. Hier sind Gegenverkehrskollisionen möglich, die zu den gefährlichsten Unfalltypen zählen.

Ampelschaltung:

Von nicht zu unterschätzender Bedeutung für das Geschwindigkeitsverhalten von Kraftfahrern sind die Ampelschaltungen. In Hamburg existieren viele Abschnitte mit „grünen Wellen“ bei Geschwindigkeiten von 70 bis 90 km/h. Solche Verhältnisse bewegen jene Kraftfahrer, die die Strecken häufig befahren, zu immer schnellerem Fahren. Jede Ampel, die von weitem grün zeigt, provoziert eine höhere Fahrgeschwindigkeit. Wenn irgend möglich, sollten Ampelschaltungen deshalb so ausgelegt sein, dass ein Kraftfahrer mit überhöhter Geschwindigkeit bei der nächsten Kreuzung auf Rotlicht stößt.

## **b) rechtliche Konsequenzen:**

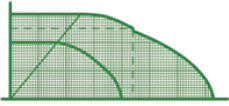
### **1. Strafrecht:**

Wie vorstehend ausgeführt, liegt die Gefährdung bei 80 km/h etwa fünfmal so hoch wie bei 50 km/h. Wird eine solche Geschwindigkeitsüberschreitung festgestellt, ist im allgemeinen nur ein geringes Bußgeld fällig. Jenem Kraftfahrer, der aufgrund der überhöhten Geschwindigkeit einen Unfall beispielsweise mit Personenschaden verursacht, droht dagegen eine erhebliche Geldstrafe und möglicherweise der Führerscheinentzug.

Da in Hamburg auf bestimmten Strecken sehr viele Kraftfahrer zu schnell fahren und damit eine entsprechende Gefährdung in den Verkehr einbringen, ist es teilweise eine Frage des Zufalls, welcher Kraftfahrer in den zu erwartenden schweren Unfall verwickelt wird. Eine Annäherung der rechtlichen Konsequenzen (höhere Bußgelder bei zu schnellem Fahren, evtl. geringeres Strafmaß, wenn auf den Straßenabschnitten generell sehr schnell gefahren wird) wäre zu erwägen.

### **2. Zivilrecht**

Die meisten Unfalltypen lassen sich unter dem Begriff „Vorfahrtsverletzungen“ eingliedern. Bei einem Unfall hat der Wartepflichtige im allgemeinen dann erst eine Chance, eine Mithaftung des Vorfahrtsberechtigten zu erreichen, wenn er nachweisen kann, dass die Geschwindigkeit des Vorfahrtsberechtigten um mehr als 60% erhöht war. Die Mithaftung des Vorfahrtsberechtigten wird dann zu etwa 50% angenommen, die von ihm in den Verkehr gebrachte Gefährdung liegt allerdings bei 500% (fünffach). In fast allen Fällen wäre ein Unfall bei Einhaltung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auch vermeidbar gewesen, wenn eine Geschwindigkeitsüberhöhung von 60% vorgelegen hatte.



Hier könnte die Mithaftung des Vorfahrtberechtigten reziprok zur Gefährdung angesetzt werden:

Bei Einhaltung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit keine Mithaftung.

Bei 60 statt 50 km/h (doppelte Gefährdung) halbe Mithaftung, bei 80 km/h (fünffache Gefährdung) 80% Mithaftung.

Es lassen sich auch Mischformen darstellen, wenn beispielsweise der Unfall bei Einhaltung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit nicht aufgetreten oder ein deutlich geringerer Schaden entstanden wäre oder aber wenn ein Vorfahrtberechtigter deutlich verspätet reagierte. Solche Fälle müssen im einzelnen errechnet werden.

---

Literaturverzeichnis:

[1] Burg/Rau: Handbuch der Verkehrsunfallrekonstruktion, Verlag Information Ambs GmbH, 1981

[2] Stürtz, G./Suren, G.: Analyse von Bewegungsablauf, Verletzungsursache, Verletzungsschwere, Verletzungsfolge bei Fußgängerunfällen mit Kindern durch Unfallforschung am Unfallort, Der Verkehrsunfall, Heft 2/1975

[3] Kühnel, A.: Der Fußgängerunfall und seine Rekonstruktion, Dissertation, Berlin, 1980

**Dieser Artikel erschien in der Zeitschrift „Unfall und Fahrzeugtechnik“, Heft 9, September 1985**