

# Sicherheitsmassnahmen an Leitschranken zum Schutz der Motorradfahrer

Daniel Schuler, Bürkel Baumann Schuler, Ingenieure + Planer AG, Winterthur

*Leitschranken an Strassen stellen eine Gefährdung für gestürzte Motorradfahrer dar. Sicherheitsmassnahmen zum Schutz der Motorradfahrer sind seit längerer Zeit bekannt, ihr Einsatz ist aber umstritten. Die Massnahmen verfolgen die Strategie, scharfkantige Leitschrankenpfosten zu vermeiden oder abzudecken. Die Wirksamkeit dieser Massnahmen und die damit verbundenen Risikoverminderungen sowie die durch die Sicherheitsmassnahmen verursachten Kosten werden in diesem Beitrag ermittelt. Auf der Basis einer Risikoanalyse und -bewertung werden Entscheidungsgrundlagen für den Einsatz von Sicherheitsmassnahmen an Leitschranken geschaffen.*

D. S.

## Ausgangslage

Die Anordnung von Leitschranken an Strassen ist eine Sicherheitsmassnahme zugunsten der Insassen von Motorfahrzeugen und von Personen und Anlagen neben der Strasse. Motorradfahrer, welche stürzen und nach dem Sturz an eine Leitschranke prallen, werden durch die Leitschrankenpfosten und dabei vor allem durch scharfkantige Profile nachhaltig gefährdet. Gemäss der Norm SN 640566 «Passiver Schutz im Strassenraum, Einsatz, Wahl und Anordnung von Fahrzeugrückhaltesystemen» [2] sind an Strassen mit einem grossen Motorradverkehr Massnahmen für den Schutz der Motorradfahrer vor Gefährdungen durch Schutzeinrichtungen zu prüfen (Abbildung 1).

In den meisten Ländern wird dem Schutz der Motorradfahrer eine geringe Bedeutung zugemessen. In Deutschland werden diesbezüglich jedoch seit längerer Zeit Anstrengungen unternommen [4]. So werden beispielsweise anstelle der früher verwendeten Pfosten mit dem Profil IPE 100 generell solche mit dem weniger scharfkantigen Sigma-Profil (S-Profil) eingesetzt (Abbildung 2). In der Schweiz und in Deutschland werden die Pfosten an typischen Motorradrouten auch mit Kunststoffpolstern ummantelt (Abbildung 3). Im Kanton Zürich wurden auf verschiedenen Autobahnabschnitten Leitschranken mit S-Pfosten angeord-

net. Dabei traten beim Rammen der Pfosten in ungünstigen Bodenverhältnissen Schwierigkeiten auf. Aus diesem Grund wurde keine Entscheidung für einen generellen Einsatz von Leitschrankenpfosten mit S-Profil gefällt. In der Folge wurde im Auftrag des Tiefbauamts des Kantons Zürich

die Kostenwirksamkeit von Sicherheitsmassnahmen an Leitschranken analysiert. In der Untersuchung wurde der Mehraufwand für mögliche Massnahmen der damit erzielbaren Risikoverminderung gegenübergestellt. Aufgrund der quantitativ durchgeführten Analyse können konkrete Entscheidungsgrundlagen für den Einsatz von Sicherheitsmassnahmen an Leitschranken zum Schutz der Motorradfahrer geschaffen werden.

## Motorradunfälle

Die Abbildung 4 zeigt die Verletzten und die Todesfallraten für Motorradfahrer sowie als Vergleich für alle Strassenverkehrsteilnehmer für den Zeitraum von 1986 bis 1993. Die Angaben basieren auf den in [5] angegebenen Zahlen für Unfälle, Verletz-



1: Sicherheitsmassnahmen an Leitschranken zum Schutz der Motorradfahrer.

*Les glissières de sécurité présentent un certain danger pour les motocyclistes qui font une chute. On connaît depuis longtemps des mesures de protection des motocyclistes, mais leur application est contestée. Dans le cadre des mesures prises, on poursuit la stratégie d'éviter de placer des poteaux avec des arêtes vives ou de les gainer. L'effet de ces mesures et, par le fait même, la diminution du risque ainsi que des coûts qui en découlent, est décrit dans cet article. Partant d'une analyse et d'une évaluation des risques, il convient de créer une base de décision pour mettre en œuvre des mesures de sécurité applicables aux glissières de sécurité. réd.*

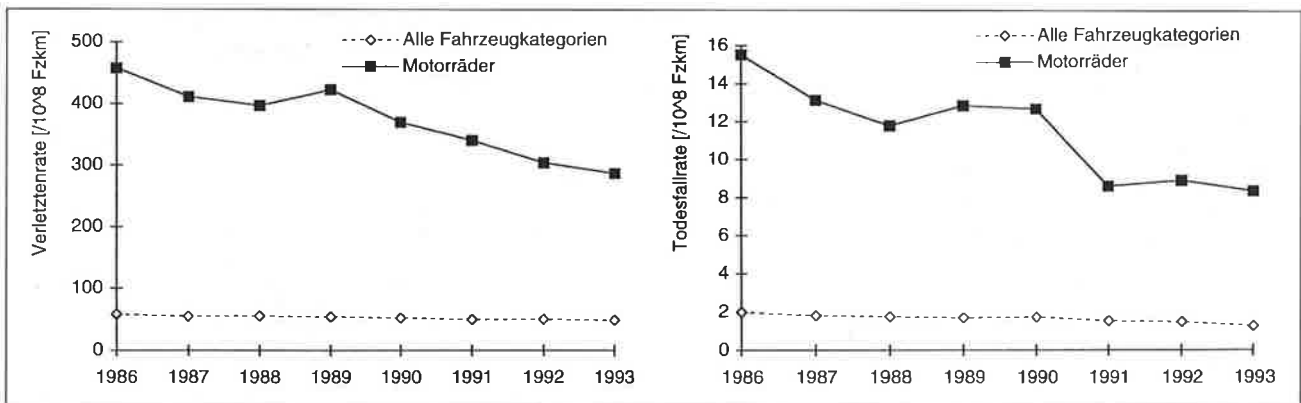


2: Leitschrankenpfosten mit Sigma-Profil (S-Profil).



3: Mit Schaumstoffpolster ummantelter Leitschrankenpfosten.

einem Körperanprall an Leitschranken gekommen ist. Die Leitschrankenpfosten waren in allen Fällen Profile IPE 100. An den Unfällen waren insgesamt 14 Motorradfahrer und Mitfahrer beteiligt. Das Ergebnis der Untersuchung wird wie folgt zusammengefasst: «In 5 der 7 tödlich verlaufenen Schutzplankenpralle wurden die lebensfordernden Verletzungen ausschliesslich durch die scharfen Flanschenden des IPE-Profiles der Pfosten verursacht.» Bei den biomechanischen Versuchen des Instituts für Rechtsmedizin der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg [7] wurden im Auftrag eines Herstellers von Leitplankenpfostenummantelungen vier biomechanische Versuche durchgeführt, bei denen Leichen mit einer Geschwindigkeit von 33 km/h an Leitschranken-



4: Verletzten- und Todesfallrate für Motorräder und für alle Fahrzeugkategorien auf Schweizer Strassen.

te und Tote. Sie wurden auf die jeweils in diesem Jahr erbrachte Fahrleistung bezogen.

Die Abbildung zeigt, dass die Häufigkeit von Motorradunfällen bezüglich der Anzahl Verletzten und Toten deutlich über dem aus allen Fahrzeugtypen gebildeten Durchschnitt liegt. Aus dem Verlauf der Raten wird aber auch deutlich, dass sich das Unfallgeschehen bei den Motorrädern in den letzten Jahren sehr viel günstiger entwickelt hat, als das für den Strassenverkehr insgesamt der Fall ist.

*Gefährdung der Motorradfahrer durch passive Schutzvorrichtungen*

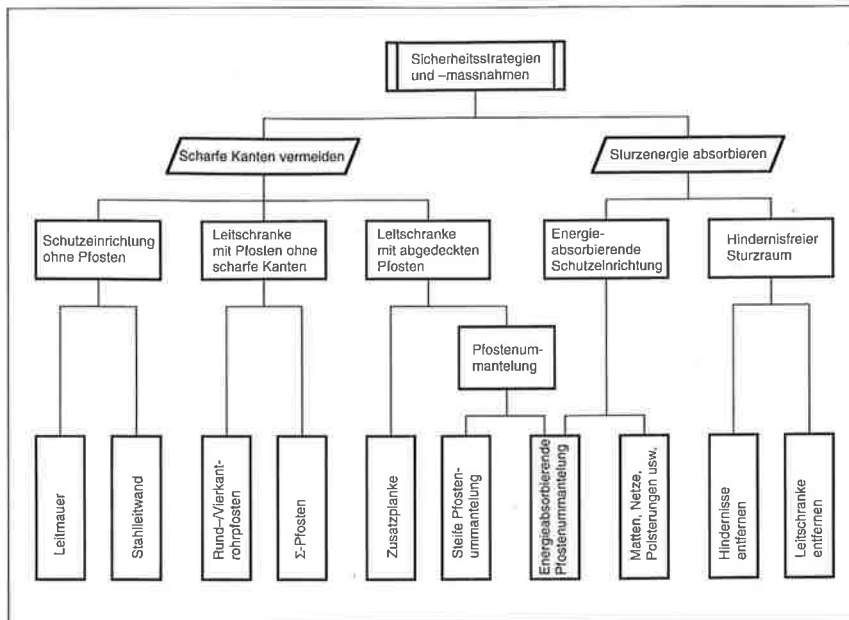
Nach einem Sturz rutschen Motorradfahrer mit erheblicher Geschwindigkeit auf der Strasse und im Seitenraum. Wenn der Gestürzte dabei

nicht an ein Objekt prallt, kommt er in der Regel ohne schwere Verletzungen zum Stillstand, da die Motorradfahrerbekleidung und der Helm einen guten Schutz bieten. Bei einem Anprall an ein Hindernis ist jedoch mit schweren Verletzungen des Gestürzten meistens am Kopf oder an den Extremitäten zu rechnen. Die Verletzungen sind dabei umso schwerer, je scharfkantigere Konturen das Objekt aufweist. Leitschrankenpfosten mit Profil IPE 100 sind scharfkantige steife Objekte und stellen damit eine nachhaltige Gefährdung für die Motorradfahrer dar. Über die Gefährdung der Motorradfahrer durch Leitschrankenpfosten liegen verschiedene Studien vor: Bei der Unfallauswertung des Instituts für Zweiradsicherheit e.V. [6] wurden 12 Motorradunfälle untersucht, bei deren Verlauf es zu

pfosten mit verschiedenen Profilen und an Pfosten mit Ummantelungen aus Schaumstoff herangeführt wurden. Der Anprall bei den Versuchen erfolgte in Rückenlage mit den Füßen voran zur Innenseite des Oberarms. Während die Pfosten mit Profil IPE 100 schwere Verletzungen verursachten (Abtrennung des Oberarms), war die Verletzungsschwere bei den S-Profilen geringer (Bruch des Oberarms). Bei den ummantelten Pfosten hatte der Anprall nur Prellungen zur Folge.

**Massnahmen**

Massnahmen zur Herabsetzung der Gefährdung von Motorradfahrern durch Leitschrankenpfosten können die Strategie verfolgen, dass scharfe Kanten an den Schutzvorrichtungen vermieden werden. Eine weitere



5: Strategien und Massnahmen zur Herabsetzung der Gefährdung der Motorradfahrer durch Leitschutzpfosten.

Strategie ist der Einsatz energieabsorbierender Schutzeinrichtungen. Abbildung 5 zeigt eine Übersicht der Strategien und möglichen Massnahmen zur Herabsetzung der Gefährdung der Motorradfahrer durch Leitschrankenpfosten. Im folgenden

werden die massgebenden Charakteristiken der Sicherheitsmassnahmen beschrieben, bei denen die Strategie verfolgt wird, scharfe Kanten zu vermeiden. Der Einsatz von passiven Schutzeinrichtungen ohne Pfosten wie Leit-

mauern und Stahlleitwände ergibt sich in den meisten Fällen aus Bedingungen, die in keiner Beziehung zur Sicherheit der Motorradfahrer stehen. Diese Schutzeinrichtungen werden deshalb nicht weiter behandelt. Ebenso wird auch der Einsatz von Rund- und Vierkantstahlrohren als Leitschrankenpfosten nicht detaillierter untersucht, da Leitschranken mit diesen Pfosten wenig montagefreundlich sind und solche Systeme deshalb normalerweise nicht eingesetzt werden.

Das Abdecken der Leitschrankenpfosten mit einer Zusatzplanke ist in einigen Ländern verbreitet. Es existieren jedoch keine geprüften Systeme und es besteht die Befürchtung, dass die unterhalb des normalen Planenprofils angeordnete Zusatzplanke die Funktion der Leitschranke nachhaltig beeinträchtigt. Der Einsatz von Zusatzplanken wird deshalb nicht empfohlen.

Die in Abbildung 6 aufgeführten Massnahmen wurden detaillierter untersucht und dabei im Rahmen einer Risikoanalyse beurteilt.



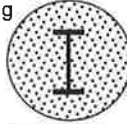
*Sigma-Pfosten*

Pfosten mit S-Profil bestehen aus einem kaltgerollten Blechprofil und weisen keine scharfen Kanten auf. Sie eignen sich grundsätzlich für die Verwendung als Leitschrankenpfosten. Probleme können jedoch beim Rammen der Pfosten auftreten. Im Jahr 1995 auf Autobahnen des Kantons Zürich gemachte Erfahrungen zeigten, dass die S-Pfosten nach dem Rammen vermehrt nachgerichtet werden mussten, oder dass die Pfosteneinspannung ungenügend war, weil sich beim Rammen Hohlräume im Untergrund neben den Pfosten gebildet hatten. Einzelne Pfosten wurden beim Auftreffen auf grössere Steine umgebogen, was auch das Ziehen der Pfosten erschwerte.

Bezüglich des Verletzungsrisikos von Motorradfahrern bringt der Einsatz von S-Pfosten eine Verbesserung gegenüber IPE-Profilen. Er ist dabei jedoch weniger wirkungsvoll als der Einsatz von Pfostenummantelungen.

*Mantelrohre aus Stahl*

Das Tiefbauamt des Kantons Zürich hat vorgeschlagen, dass über die Leitschrankenpfosten IPE 100 Stahl-

Sicherheitsmassnahme an Leitschranken	Beurteilungskriterien					
	Sicherheit der Motorradfahrer	Erstellungskosten	Dauerhaftigkeit	Aufwand für den betrieblichen Unterhalt *	Aufwand für die Reparaturen nach einem Fz Anprall *	Aufwand für die Lagerhaltung von Ersatzmaterial *
Σ-Pfosten 	+	++	++	++	-	+
Mantelrohr aus Stahl 	+	+	++	++	++	++
Pfostenummantelung aus Schaumstoff 	++	+	-	-	++	++

Legende: ++ sehr günstig  
+ günstig  
- weniger günstig

\* Beurteilung der Veränderung gegenüber Leitschranke ohne Sicherheitsmassnahme

6: Beurteilung von Massnahmen an Leitschranken zum Schutz der Motorradfahrer.

rohre mit einem Aussendurchmesser von 139,7 mm und einer Wandstärke von 4,0 mm gesteckt werden. Diese Mantelrohre zentrieren sich vergleichsweise gut um den Leitschrankenpfosten und müssen deshalb nicht befestigt werden.

Mantelrohre aus Stahl verhindern, dass sich gestürzte Motorradfahrer an den scharfkantigen Pfosten IPE 100 verletzen. Die Massnahme wird hinsichtlich der Verletzungsschwere wirkungsvoller als der Einsatz von S-Pfosten beurteilt. Erfahrungen mit Mantelrohren sind jedoch nicht bekannt, und sicherheitstechnische Anforderungen sind in keinem Dokument festgelegt.

#### Energieabsorbierende Pfostenummantelungen aus Schaumstoff

Die Ummantelung absorbiert einen Teil der kinetischen Energie des anprallenden menschlichen Körpers und deckt die scharfen Kanten der Pfosten ab. In bezug auf die Verletzungsschwere der Motorradfahrer wird sie als sehr wirksam beurteilt. Mit Anpralldämpfern aus Schaumstoff durchgeführte Anprallversuche mit Dummies ergaben, dass sowohl die Anprallkräfte als auch die Beschleunigungen gegenüber dem ungeschützten Pfosten auf etwa die Hälfte reduziert wurden [8]. Für die Pfostenummantelungen bestehen – soweit bekannt – einzig in Deutschland Vorschriften, welche die Anforderungen sowie die Abnahmekriterien für Prüfungen und Prüfverfahren festlegen. Diese Technischen Lieferbedingungen [9] beziehen sich auf Stossversuche und die Wasseraufnahme. Die bisher eingesetzten Schaumstoffummantelungen haben sich bezüglich ihrer Dauerhaftigkeit als unzureichend erwiesen.

#### Risikoanalyse

Für die Beurteilung der Gefährdung von Motorradfahrern und -mitfahrern durch Leitschranken werden die Unfälle mit getöteten Personen analysiert. Die zusätzliche Berücksichtigung von Schwerverletzten ist nicht möglich, da diese Zahlen in den Verkehrsstatistiken nicht ausgewiesen sind. Die schweizerische Verkehrsstatistik 1993 [5] zählt zu den Verletzten alle Personen mit Verletzungen gleich welchen

Strassenkategorie	Getötete Motorradfahrer		
	1992 nach [10]	1993 nach [11]	1994 nach [12]
Autobahnen und Autostrassen	7 (6%)	5 (4%)	4 (4%)
Übrige Ausserortsstrassen	84 (69%)	79 (66%)	73 (64%)
Übrige Innerortsstrassen	30 (25%)	36 (30%)	36 (32%)
Insgesamt	121 (100%)	120 (100%)	113 (100%)

7: In den Jahren 1992, 1993 und 1994 auf Schweizer Strassen getötete Motorradfahrer.

Strassenkategorie	Anzahl Todesfälle [ /a]	Fahrleistung Motorräder [Fz.km/a]	Todesfall- rate [ /Fz.km]
Autobahnen und Autostrassen	5	174·10 <sup>6</sup>	2,9·10 <sup>-8</sup>
Übrige Ausserortsstrassen	79	665·10 <sup>6</sup>	11,9·10 <sup>-8</sup>
Übrige Innerortsstrassen	36	608·10 <sup>6</sup>	5,9·10 <sup>-8</sup>
Insgesamt	120	1447·10 <sup>6</sup>	8,3·10 <sup>-8</sup>

8: Todesfallraten für Motorradfahrer und -mitfahrer für das Jahr 1983.

Schweregrades. In der Statistik der Strassenverkehrsunfälle in der Schweiz 1992 [10] gelten Personen als schwerverletzt, welche schwere sichtbare Beeinträchtigungen aufweisen, welche die normalen Aktivitäten zu Hause für mindestens 24 Stunden verhindern (z. B. Bewusstlosigkeit, Knochenbruch oder Spitalaufenthalt von mehr als einem Tag). In Abbildung 7 ist die Anzahl getöteter Motorradfahrer bzw. -mitfahrer für die Jahre 1992, 1993 und 1994 gegliedert nach Strassenkategorien zusammengestellt. Man erkennt, dass tödliche Motorradunfälle auf Autobahnen und Autostrassen sehr viel seltener sind als auf den übrigen Ausserorts- und Innerortsstrassen. Wird die Anzahl Todesfälle auf die Fahrleistung bezogen, kann daraus die Todesfallrate abgeleitet werden. In Abbildung 8 sind die aufgrund der Fahrleistungen von Motorradfahrern im Jahr 1993 ermittelten Todesfallraten zusammengestellt.

Die Fahrleistungen der Motorräder werden im Rahmen der neuen Schweizerischen Strassenverkehrszählungen [13] auf der Basis einer eigenen Hochrechnungsgrundlage geschätzt [14]. Gemäss den publizierten Zahlen [15] betrug die gesamte Motorradfahrleistung im Jahr 1990 ca. 1,4 Milliarden Fahrzeugkilometer. Diese Fahrleistung verteilt sich jedoch nicht gleich auf die verschiedenen Strassenkategorien wie der gesamte Verkehr. Auf Autobah-

nen und Autostrassen entfallen nur ca. 12% der gesamthaft von den Motorrädern erbrachten Fahrleistung.

Aufgrund der Angaben des Bundesamtes für Statistik [16] beträgt der Motorradanteil am Gesamtverkehr im Durchschnitt aus 416 Zählstellen ermittelt 1,8%. Auf Autobahnen und Autostrassen ist der Motorradanteil in den meisten Fällen kleiner als 1%. Im Kanton Zürich beträgt er auf Autobahnen durchschnittlich 0,8%. Auf den übrigen Ausserorts- und Innerortsstrassen variiert der Motorradanteil stark. Abhängig von der Ortslage kommen Anteile von 1% bis über 3% vor. Der durchschnittliche Anteil aus den Erhebungen dieser Zählstellen beträgt 2,2%.

#### Todesfallrisiko

Das Todesfallrisiko für Motorradfahrer bezüglich eines Anpralls an Leitschranken berechnet sich durch Multiplikation der Fahrleistung der Motorräder auf dem untersuchten Streckenabschnitt, der Todesfallrate gemäss Abbildung 8 und der Wahrscheinlichkeit eines tödlichen Leitschrankenpralls beim Sturz eines Motorradfahrers. Für Leitschranken mit Profil IPE 100, bei denen rund 50% der Anpralle gestürzter Motorradfahrer tödlich verlaufen, beträgt dieses Risiko bei einem durchschnittlichen Tagesverkehr von 100 Motorrädern pro Tag und 1 km Leitschranklänge  $0,5 \cdot 10^{-4}$  für Auto-

bahnen,  $4,3 \cdot 10^{-4}$  für die übrigen Ausserortsstrassen und  $2,2 \cdot 10^{-4}$  für die übrigen Innerortsstrassen.

*Risikoverminderung infolge von Sicherheitsmassnahmen*

Gemäss der bereits erwähnten Unfallauswertung [6] verläuft die Hälfte der Anpralle gestürzter Motorradfahrer und -mitfahrer an Leitschranken tödlich, wobei rund 70% der tödlichen Verletzungen auf die scharfen Flanschkanten des Profils IPE 100 zurückzuführen sind. Das bedeutet, dass ca. 35% der gestürzten Motorradfahrer, welche an eine Leitschranke anprallen, wegen den als Leitschrankenpfosten verwendeten IPE-100-Profilen ums Leben kommen. Die Risikoreduktion, welche mit Sicherheitsmassnahmen an Leitschrankenpfosten erzielt werden kann, lässt sich daraus abschätzen:

Wird im Idealfall davon ausgegangen, dass beim Einsatz energieabsorbierender Pfostenummantelungen aus Schaumstoff der Anprall von Motorradfahrern keine Todesopfer mehr fordert, beträgt die Reduktion der Wahrscheinlichkeit von tödlichen Verletzungen bei einem Leitschrankenprall 35%. Durch den Einsatz von S-Pfosten oder Mantelrohren aus Stahl kann das Sicherheitspotential nicht vollständig ausgeschöpft werden, da es sich bei den Leitschrankenpfosten nach wie vor um steife Objekte ohne Möglichkeit der Energieabsorption handelt. Das Vermeiden scharfer Kanten bewirkt jedoch eine wesentliche Reduktion der Wahrscheinlichkeit tödlicher Verletzungen bei einem Leitschrankenprall. Sie wird auf 25% geschätzt.

In Abbildung 9 sind die Risikoreduktionen für die verschiedenen Sicherheitsmassnahmen und die verschiedenen Strassenkategorien für 1 km Leitschrankenlänge und einen durchschnittlichen Motorradverkehr von 100 Motorrädern pro Tag zusammengestellt.

*Sicherheitskosten*

Für die Beurteilung der Sicherheitsmassnahmen an Leitschrankenpfosten müssen neben der erzielbaren Risikoreduktion die durch die Massnahmen verursachten Mehrkosten berücksichtigt werden.

Für die Verwendung von Leitschrankenpfosten mit S-Profilen wurden Preisvergleiche auf der Basis von Offerten durchgeführt. Die dabei ermittelten Mehrkosten betragen im Mittel Fr. 8.– pro Pfosten. Sie sind primär auf das aufwendigere Rammen in harten Böden oder in Flächen mit einem Belag zurückzuführen. Die Kosten für ein Mantelrohr aus Stahl und für eine Pfostenummantelung aus Schaumstoff wurden aufgrund der Materialpreise je mit Fr. 25.– pro Pfosten geschätzt. Abbildung 10 gibt neben den Mehrkosten die Nutzungsdauer der Elemente an. Für die S-Pfosten und die Mantelrohre aus verzinktem Stahl kann sie analog der ganzen Leitschranke mit 25 Jahre angenommen werden. Für die Pfostenummantelung aus Schaumstoff ist sie wesentlich kürzer. Für die Berechnung der Jahreskosten wird eine Nutzungsdauer von 10 Jahren angenommen. Bei einem Zinssatz von 5% ergibt sich damit ein Faktor für Abschreibung und Verzinsung von 0,07 für die Massnahmen S-Pfosten und Mantelrohre aus Stahl bzw. 0,13 für Pfostenummantelungen aus Schaumstoff.

Ausgehend von einem durchschnittlichen Pfostenabstand von 3,0 m, betragen die jährlichen Kosten für die Sicherheitsmassnahmen an 1 km Leitschrankenlänge für S-Pfosten knapp Fr. 200.–, für Mantelrohre aus Stahl ca. Fr. 600.– und für Pfostenummantelungen aus Schaumstoff über Fr. 1000.–.

*Rettungskosten*

Zur Bewertung der Sicherheitsmassnahmen werden die Rettungskosten als Beurteilungskriterium verwendet. Die Rettungskosten umfassen alle Investitionen, die notwendig sind, um tödliche Verletzungen eines Menschen zu verhindern. Die Rettungskosten (RK) werden als Quotient aus den Sicherheitskosten (DS), d. h. den jährlichen Mehrkosten für die Sicherheitsmassnahme gemäss Abbildung 10, und dem jährlichen Rettungspotential bzw. der Risikoreduktion (DR) gemäss Abbildung 9 berechnet.

$$RK = \frac{DS}{DR}$$

Die Rettungskosten, welche für die untersuchten Sicherheitsmassnahmen bei den verschiedenen Stras-

Strassenkategorie	Sicherheitsmassnahme		
	Σ-Pfosten	Mantelrohr aus Stahl	Pfostenummantelung
Autobahnen und Autostrassen	$0,3 \cdot 10^{-4}$	$0,3 \cdot 10^{-4}$	$0,4 \cdot 10^{-4}$
Übrige Ausserortsstrassen	$2,2 \cdot 10^{-4}$	$2,2 \cdot 10^{-4}$	$3,0 \cdot 10^{-4}$
Übrige Innerortsstrassen	$1,1 \cdot 10^{-4}$	$1,1 \cdot 10^{-4}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$

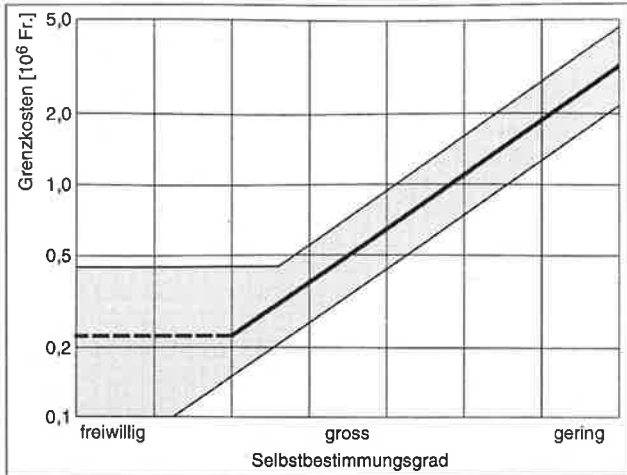
9: Risikoreduktion in [Getöteten/Jahr.km] für einen täglichen Motorradverkehr von 100 Fz.

	Sicherheitsmassnahme		
	Σ-Pfosten	Mantelrohr aus Stahl	Pfostenummantelung
Mehrkosten gegenüber Pfosten IPE 100 [Fr./St.]	8.–	25.–	25.–
Nutzungsdauer [a]	25	25	10
Sicherheitskosten [Fr./km.a]	187.–	583.–	1'083.–

10: Jährliche Kosten für Sicherheitsmassnahmen für 1 km Leitschrankenlänge (Sicherheitskosten).

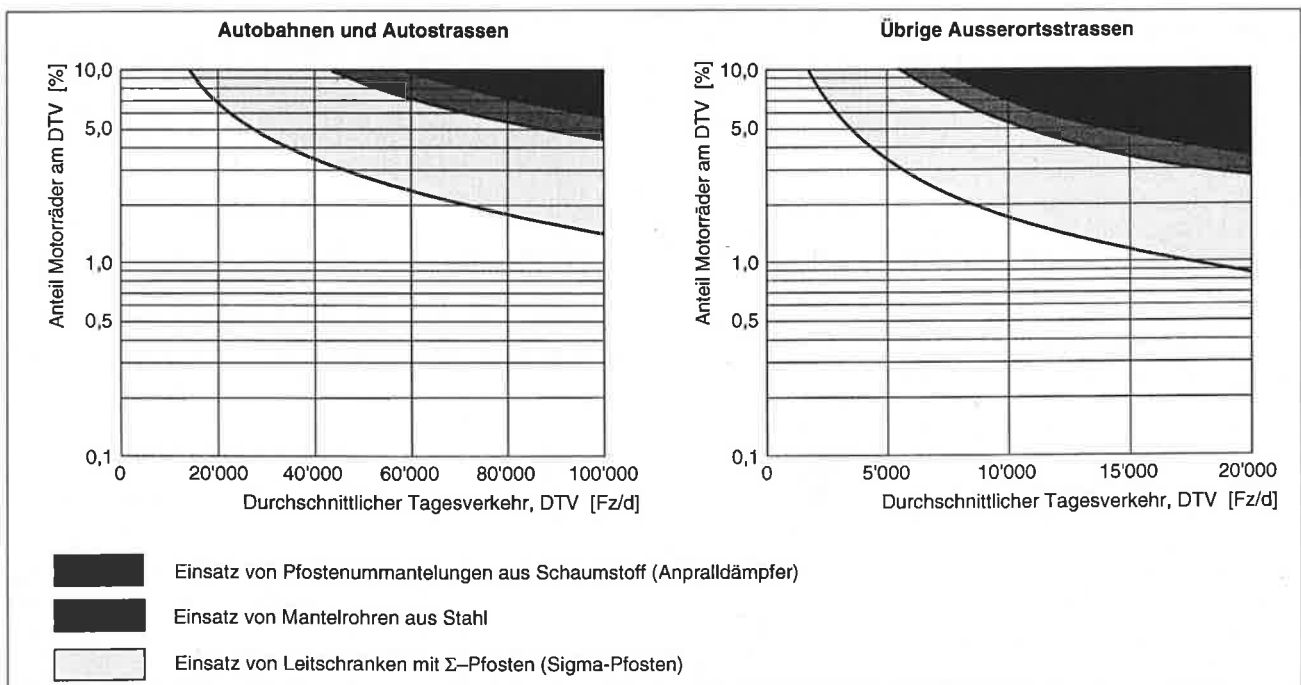
Strassenkategorie	Sicherheitsmassnahme		
	Σ-Pfosten	Mantelrohr aus Stahl	Pfostenummantelung
Autobahnen und Autostrassen	7,1	22,1	29,3
Übrige Ausserortsstrassen	0,9	2,7	3,6
Übrige Innerortsstrassen	1,7	5,4	7,2

11: Rettungskosten in [ $10^6$  Fr.] für einen täglichen Motorradverkehr von 100 Fz.



12: Grenzkosten zur Verhinderung von tödlichen Verletzungen eines Menschen in Abhängigkeit des Selbstbestimmungsgrads der Aktivität im Verkehr gemäss einer bfu-Untersuchung [17] (Kostengrad 1993).

keit (z. B. Unfallablauf kaum beeinflussbar bis vorsätzlich) sowie weitere Merkmale (z. B. Alkoholeinfluss, Alter) erfasst werden konnten. In Abbildung 12 ist diese Abhängigkeit aufgezeichnet. Die Grenzkosten sind aufgrund des Landesindex der Konsumentenpreise hochgerechnet und gelten für die Kostenbasis 1993. Abbildung 12 zeigt, dass im Strassenverkehr für Unfallrisiken, die der Verkehrsteilnehmer praktisch nicht beeinflussen kann und für die er in keiner Weise verantwortlich ist, bis Fr. 5 Mio. aufgewendet werden. Im anderen Extremfall von Risiken infolge massiver Überschreitung der



13: Auswahldiagramm für den Einsatz von Sicherheitsmassnahmen an Autobahnen und Autostrassen sowie den übrigen Ausserortsstrassen.

senkategorien resultieren, sind in Abbildung 11 aufgeführt.

**Grenzkosten**

Um zu einer Entscheidung über die Angemessenheit einer Sicherheitsmassnahme zu gelangen, werden ihre Rettungskosten den als Grenzkosten bezeichneten Rettungskosten gegenübergestellt, welche die Gesellschaft zu tragen bereit ist. Die Höhe der Grenzkosten beruht dabei weitgehend auf subjektiven Wertvorstellungen und ist von einer Vielzahl teilweise schwer quantifizierbarer Faktoren, wie dem mit der Aktivität verbundenen Nutzempfinden

oder der Möglichkeit, das Risiko zu beeinflussen, abhängig. Je grösser beispielsweise der Selbstbestimmungsgrad ist, desto kleiner sind im allgemeinen die Grenzkosten. Im Bereich Strassenverkehr betragen die Grenzkosten üblicherweise zwischen Fr. 200 000.– und Fr. 3 000 000.–. In einer bfu-Untersuchung [17] werden die Grenzkosten in Abhängigkeit des Selbstbestimmungsgrads der «Aktivität» im Verkehr angegeben. In dieser Studie wurde eine Vielzahl verschiedener Unfallsituationen berücksichtigt, womit die Beteiligung des Unfallopfers (z. B. Lenker, Mitfahrer), seine Verantwortlich-

Verkehrsvorschriften und eventualvorsätzlichem, rechtswidrigem Verhalten reduziert sich dieser Betrag auf wenige Fr. 100 000.–. Dieser Betrag ist deshalb nicht tiefer, weil aus der Sicht der Allgemeinheit auch bei freiwilligen Risiken ein Interesse daran besteht, Unfälle und damit verbundene Folgekosten zu reduzieren. Zur Mitbestimmung der Rettungskosten, welche für Massnahmen an Leitschrankenpfosten zugunsten von Motorradfahrern aufgewendet werden können, wurde von einem typischen Unfall ausgegangen, bei dem ein Motorradfahrer stürzt und gegen eine Leitschranke am Fahr-

bahnrand prallt. Eine solche Unfallsituation ist dadurch gekennzeichnet, dass sie beeinflussbar ist. Die Rettungskosten, die zur Reduzierung solcher Risiken aufgewendet werden, betragen Fr. 500 000.–.

### Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Der Vergleich der Rettungskosten gemäss Abbildung 11 mit den zu Fr. 500 000.– ermittelten Grenzkosten zeigt, dass die untersuchten Massnahmen oftmals erst bei sehr grossen Verkehrsmengen Rettungskosten aufweisen, welche kleiner sind als die Grenzkosten. Mit Hilfe der Diagramme, Abbildung 13, lässt sich der Motorradverkehr ermitteln, welcher notwendig ist, damit Sicherheitsmassnahmen an Leitstrassen zum Schutz der Motorradfahrer gerechtfertigt sind. Diese Entscheidungsgrundlagen sind auch in den neuen Richtlinien für die Anordnung und Ausführung von Leitstrassen des Tiefbauamtes des Kantons Zürich enthalten [18]. Für Autobahnen und Autostrassen sind Mantelrohre aus Stahl und Schaumstoffummantelungen erst bei unrealistisch grossen Verkehrsmengen kostenwirksam. Bei einem Motorradanteil am Gesamtverkehr von 1% wäre dies erst bei einem durchschnittlichen Tagesverkehr (DTV) von rund 500 000 Fahrzeugen der Fall. Diese Massnahmen müssen deshalb im allgemeinen als wenig effizient beurteilt werden. Ebenso ist auch der Einsatz von S-Pfosten erst bei einem sehr grossen Motorradverkehr sinnvoll. Bei einem durchschnittlichen Anteil der Motorräder am DTV von 1% wäre

dies bei einem DTV von 140 000 Fz der Fall. Autobahnen mit einer so grossen Verkehrsmenge bzw. mit einem solch grossen Motorradverkehr existieren in der Schweiz nicht. Bei Ausserortsstrassen ist der Einsatz von S-Pfosten sinnvoll, falls der durchschnittliche Motorradverkehr mehr als 170 Motorräder pro Tag beträgt. Bei einem mittleren Anteil Motorräder am DTV von 2% ist das ab einem DTV von 8500 Fz der Fall. Der Einsatz von Pfostenummantelungen aus Schaumstoff ist auf Ausserortsstrecken ausschliesslich an typischen Motorradrouten zu prüfen.

### Literaturverzeichnis

- [1] Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute, VSS: Vornorm SN 640 565, Passiver Schutz im Strassenraum, Grundlagen, Zürich, 1991
- [2] Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute, VSS: Vornorm SN 640 566, Passiver Schutz im Strassenraum, Einsatz, Wahl und Anordnung von Schutzeinrichtungen, Zürich, 1996
- [3] Bürkel, P., Bossert, W.: Anordnung von Passiven Schutzeinrichtungen im Strassenraum, Forschungsauftrag 7/91, EVED, 1996
- [4] Domhan, M.: Passive Sicherheit von Schutzplanken beim Anprall von Motorradaufsassen, Koch, H. (Hrsg.): Passive Sicherheit für Zweiradfahrer, Institut für Zweiradsicherheit e. V., Bochum, 1987
- [5] Bundesamt für Statistik: Schweizerische Verkehrsstatistik 1993, Bern, 1995
- [6] Schüler, F., Bayer, B., Mattern, R., Helbling, M.: Der Körperanprall gegen Schutzplanken beim Verkehrsunfall motorisierter Zweiradbenutzer, Institut für Zweiradsicherheit e. V., Forschungsheft Zweiradsicherheit, Bremerhaven, 1984
- [7] Schüler, P., Mattern, R., Schmitt, R.: Biomechanische Versuche hinsichtlich des passiven Unfallschutzes von Aufsassen motorisierter Zweiradfahrzeuge beim Anprall an Schutzplankenpfosten, SPIG Schutzplanken-Produktions-Gesellschaft mbH & Co. KG, Institut für Rechtsmedizin der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg, Schmelz-Limbach, 1985
- [8] JESSI, P.: Anprallversuche an Leitplanken mit Dummies, in Koch, H. (Hrsg.): Passive Sicherheit für Zweiradfahrer, Institut für Zweiradsicherheit e. V., Bochum, 1987
- [9] Bundesminister für Verkehr: Technische Lieferbedingungen für Schutzplankenpfostenummantelungen (TL-SPU 93), 1993
- [10] Bundesamt für Statistik: Strassenverkehrsunfälle in der Schweiz 1992, Bern, 1994
- [11] Schweizerische Beratungsstelle für Unfallverhütung, bfu: Unfallgeschehen in Zahlen 1993, Bern, 1994
- [12] Schweizerische Beratungsstelle für Unfallverhütung, bfu: Statistik 1994, Bern, 1995
- [13] Bundesamt für Statistik: Schweizerische Strassenverkehrszählung 1995, Bern, 1996
- [14] Kündig, W., Hitz, P.: Schweizerische Strassenverkehrszählung 1995 – Neue Methode, bessere Resultate, Strasse und Verkehr Nr. 1, Januar 1997
- [15] Infanger, K.; Züst, W.: Fahrleistungen auf Schweizer Strassen bis 2015, Strasse und Verkehr Nr. 5, Mai 1996
- [16] Bundesamt für Statistik: Schweizerische Strassenverkehrszählung 1990, Bern, 1991
- [17] Schweizerische Beratungsstelle für Unfallverhütung, bfu: Beurteilung des Unfallgeschehens aus der Sicht des individuellen und kollektiven Risikos – Grundlagen für ein Sicherheitskonzept im Strassenverkehr, Bern, 1985
- [18] Tiefbauamt des Kantons Zürich: Richtlinien für die Anordnung und Ausführung von Leitschranken, Zürich, 1997