

Sicherheitskonzept im Strassenverkehr: praktische Grundlagen

Autor(en): **Merz, Hans / Christen, Peter / Hehlen, Peter**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **108 (1990)**

Heft 45

PDF erstellt am: **24.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-77549>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Sicherheit und Risiko

Sicherheitskonzept im Strassenverkehr

Praktische Grundlagen

Sicherheit im Strassenverkehr ist zu wichtig, als dass Unfallverhütung nach Gefühl betrieben werden kann. Notwendig ist ein konzeptionelles Vorgehen von der Analyse bis zur Massnahme. Zahlreiche Bausteine, wie die Formulierung von expliziten Sicherheitszielen, die Darstellung des Massnahmenspektrums, die konsequente Beurteilung von Massnahmen nach Nutzen und Kosten und die Förderung der Datenbeschaffung, sind erforderlich, um ein umfassendes Sicherheitskonzept zu erstellen.

Die beachtlichen Erfolge der Sicherheitsarbeit im Bereich Strassenverkehr in den letzten 20 Jahren dürfen nicht

VON HANS MERZ,
PETER CHRISTEN,
ZÜRICH, UND
PETER HEHLEN,
JÖRG THOMA, BERN

darüber hinwegtäuschen, dass der Strassenverkehr noch immer einen grossen Teil am gesamten Unfallgeschehen in der Schweiz ausmacht. Rund ein Drittel aller tödlichen Unfälle ereignen sich auf unseren Strassen.

Für die mit der Strassenverkehrssicherheit beauftragten Institutionen stellt sich deshalb die Frage, wie die Sicherheit weiter erhöht werden kann. Erfahrungen im In- und Ausland deuten dar-

auf hin, dass die Zeit der «grossen Würfe» in der Strassenverkehrssicherheit weitgehend vorbei ist und die Sicherheitsarbeit in Zukunft schwieriger wird. Der Aufwand für eine Reduktion der Unfallzahlen nimmt zu, ebenso der Aufwand für die Öffentlichkeitsarbeit zur Motivation und Akzeptanz von Massnahmen. In dieser Situation sind konzeptionelle Überlegungen zur zukünftigen Sicherheitsarbeit besonders wichtig.

Der vorliegende Artikel basiert auf dem Bericht «Praktische Grundlagen für ein Sicherheitskonzept im Strassenverkehr». Der Bericht [1] knüpft an die im Jahre 1985 veröffentlichte Studie «Beurteilung des Unfallgeschehens aus der Sicht des individuellen und des kollektiven Risikos» [2] an. Auf der Basis dieser Vorarbeiten werden vier Thesen für die zukünftige Sicherheitsarbeit aufgestellt und erläutert:

These 1: Formulierung von expliziten Sicherheitskriterien

Elemente eines allgemeingültigen Sicherheitskonzeptes

In der Studie «Beurteilung des Unfallgeschehens aus der Sicht des individuellen und kollektiven Risikos» [2] ist ein allgemeingültiges Sicherheitskonzept dargelegt worden. Die wichtigsten Elemente dieses Konzeptes sind:

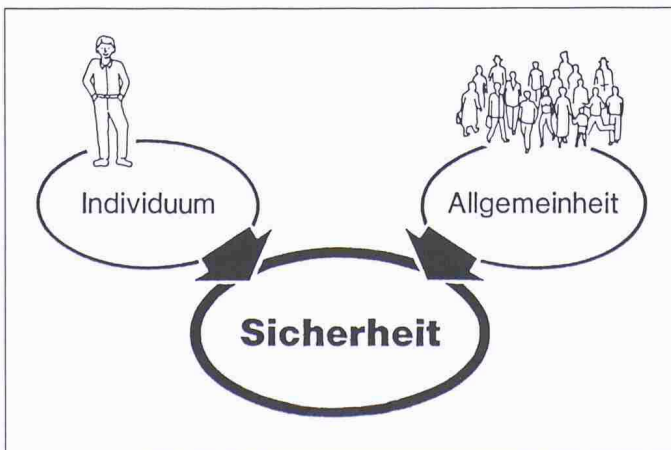
- Unterscheidung zwischen individuellem Risiko (Gefährdung des Einzelnen) und kollektivem Risiko (Gesamtverluste) (Bild 1).
- Unterscheidung von Risikokategorien zur Erfassung der unterschiedlichen Akzeptanz von eher freiwilligen bzw. eher unfreiwilligen Risiken (Bild 2).
- Einführung von zahlenmässigen Sicherheitskriterien in Funktion der Risikokategorien in Form von Werten für das akzeptierbare individuelle Risiko eines Einzelnen. Grenzkosten für die Verhinderung eines Todesfalles oder von Verletzten zur Beurteilung der kollektiven Risiken.

Sicherheitskriterien für individuelle Risiken

Im gesamtschweizerischen Mittel beträgt heute der Anteil des Strassenverkehrs am individuellen Todesfallrisiko eines Einwohners etwa $1,5 \cdot 10^{-4}$ /Jahr. Allerdings sind die individuellen Risiken aus dem Strassenverkehr sehr ungleichmässig über die Bevölkerung verteilt und variieren je nach Alter und

Bild 2. Die vier definierten Risikokategorien

Bild 1. Standpunkt des Individuums und der Allgemeinheit



| Risikokategorie | | | |
|--|--|--|--|
| Kategorie 1 | Kategorie 2 | Kategorie 3 | Kategorie 4 |
| "freiwillig" | grosse Selbstbestimmung | geringe Selbstbestimmung | "unfreiwillig" |
| | | | |
| Die Risikokategorie 1 enthält die Unfälle, die rückblickend als weitgehend "freiwillige" Risiken des Opfers zu beurteilen sind | Die Risikokategorie 2 umfasst jene Unfälle, bei denen dem Opfer rückblickend ein "hohes Mass an Selbstbestimmung" zu attestieren ist | Die Risikokategorie 3 enthält die Unfälle, bei denen dem Opfer rückblickend ein "geringes Mass an Selbstbestimmung" zu attestieren ist | Die Risikokategorie 4 umfasst die Unfälle, die für das Opfer rückblickend als weitgehend "unfreiwillig" zu beurteilen sind |

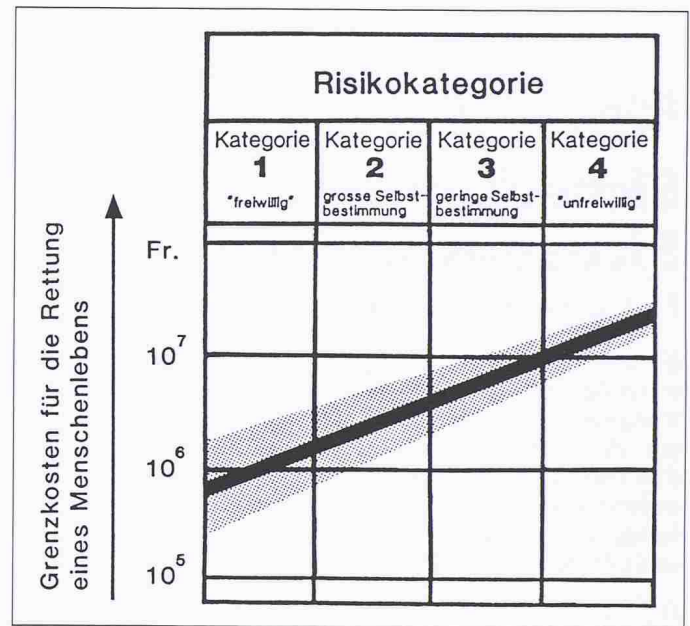
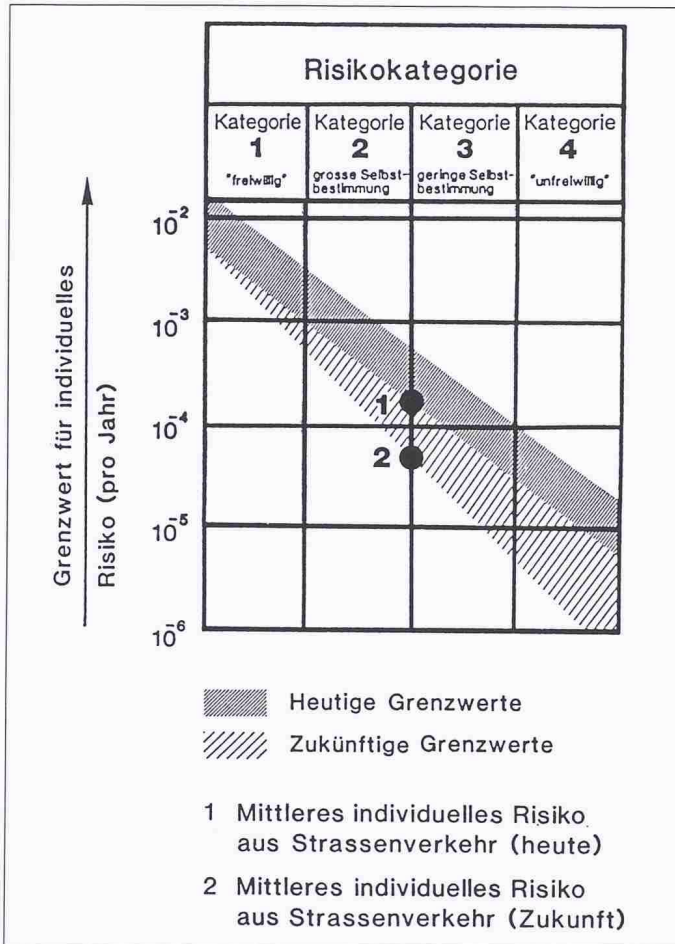


Bild 4. Angepasste Grenzkosten für die Rettung eines Menschenlebens (Preisbasis 1988)

Bild 3. Sicherheitsziele für individuelle Risiken

Geschlecht zwischen rund 10^{-3} /Jahr und 10^{-5} /Jahr. Verschiedene Einflüsse sind dafür verantwortlich. Zur Beurteilung dieser Unterschiede sind zahlenmässige Kriterien für individuelle Risiken notwendig.

In Bild 3 sind solche Kriterien (als Grenzwerte) in Funktion der Risikokategorien als dunkel schraffiertes Band wiedergegeben. Sie widerspiegeln das heutige, weitgehend unausgesprochene Sicherheitsempfinden unserer Gesellschaft (vgl. z.B. [4]). Danach wird die Akzeptanz unfreiwilliger Risiken als weitaus geringer beurteilt als jene der freiwillig eingegangenen Risiken.

In jüngster Zeit kann ein zunehmendes Sicherheitsbedürfnis in unserer Gesellschaft beobachtet werden. Besonders im Bereich der unfreiwilligen Risiken werden offenbar noch tiefere Grenzwerte angestrebt (vgl. z.B. [5]). Aufgrund dieser Tendenzen sind zukünftige Grenzwerte für individuelle Risiken ins Auge zu fassen, die in der nebenstehenden Figur als hell schraffierte Zone dargestellt sind.

Daraus lassen sich auch für den Strassenverkehr generelle Sicherheitsziele für die individuellen Risiken ableiten:

□ Da die Strassenverkehrrisiken heute im Mittel auf der Grenze zwischen der Risikokategorie 2 (grosse Selbstbestimmung) und 3 (geringe Selbstbestimmung) liegen, ist das mittlere individuelle Risiko längerfristig von heute $1,5 \cdot 10^{-4}$ /Jahr auf rund $5 \cdot 10^{-5}$ /Jahr zu senken. Dies entspricht einer Reduktion um einen Faktor 3. Damit würde sich auch das kollektive Risiko von heute rund 1000 Opfern pro Jahr auf rund 350 Opfer pro Jahr verringern.

Zur Beurteilung von individuellen Risiken im Strassenverkehr sind in Zukunft Grenzwerte im Bereich der hell schraffierten Zone anzustreben.

Bei der Beurteilung der individuellen Risiken ist jedoch nicht allein der absolute Wert massgebend, sondern auch der Anteil, den diese Risiken an der gesamten Sterbewahrscheinlichkeit einer betrachteten Personengruppe ausmacht. Insbesondere bei Kindern und Jugendlichen sowie bei den Betagten ergeben sich erhebliche Unterschiede.

Die Erweiterung der vorgeschlagenen Grenzwerte für individuelle Todesfallrisiken auf Verletztenrisiken ist notwendig. Dies wird aber erst möglich sein, wenn der Begriff der Verletzung präziser definiert wird und die statistischen Unfalldaten entsprechend erhoben werden (vgl. auch These 4).

Sicherheitskriterien für kollektive Risiken

Die Grenzkosten zur Rettung eines Menschenlebens setzen sich aus zwei

Komponenten zusammen: Die Komponente des volkswirtschaftlichen Schadens beim Verlust eines Menschenlebens, welche über alle Risikokategorien gleich gross ist. Die Komponente der Risikoklasse bringt zum Ausdruck, dass zur Verhinderung von unfreiwilligen Risiken grössere Anstrengungen unternommen werden als zur Verhinderung freiwilliger Risiken. Diese Komponente ist somit in starkem Masse von der Risikokategorie abhängig.

Die Grösse des volkswirtschaftlichen Schadens beim Verlust eines Menschenlebens wurde aufgrund neuer Untersuchungen beurteilt. Dabei wurde festgestellt, dass es keine objektive und richtige Methode und kein allseits anerkanntes Modell gibt. Das heute in der Bundesrepublik Deutschland für die Beurteilung von Sicherheitsvorhaben im Strassenverkehr empfohlene Modell (Krupp/Hundhausen, [3]) wird als das plausibelste betrachtet. Unter Anpassung auf die schweizerischen Verhältnisse ergeben sich damit je nach Alter eines Opfers volkswirtschaftliche Kosten zwischen 0 und 2 Mio. Franken.

Unter Berücksichtigung dieser volkswirtschaftlichen Schäden und unter Anpassung der Grenzkosten an die Teuerung gelten die in Bild 4 dargestellten Grenzkosten für die Rettung eines Menschenlebens.

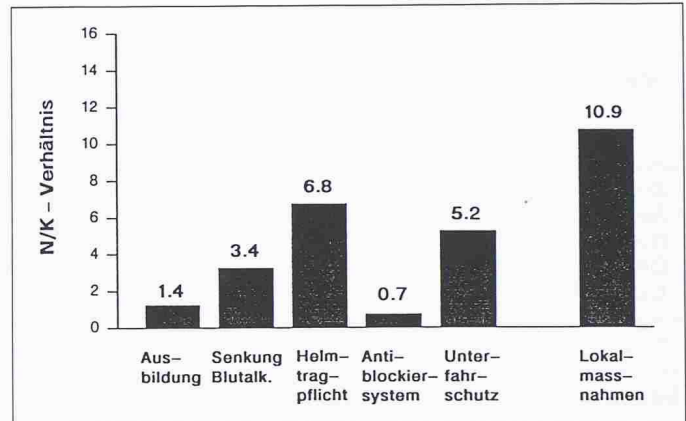
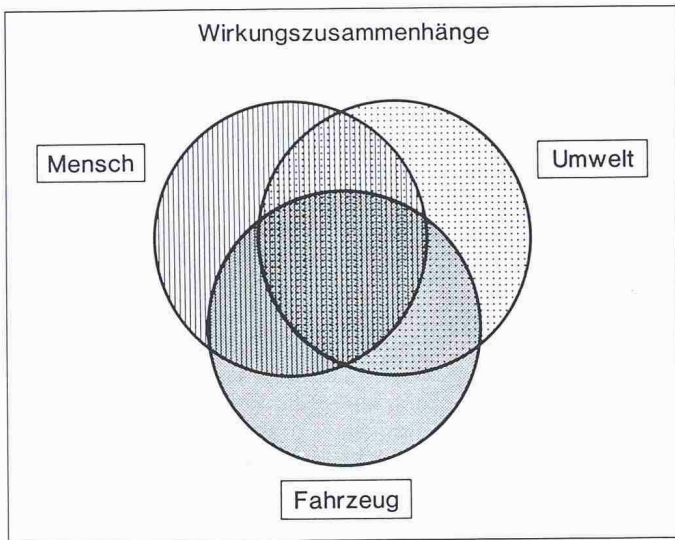


Bild 6. Nutzen-Kosten-Verhältnis einzelner Massnahmen

Bild 5. Wirkungszusammenhänge

Für die Beurteilung von Strassenverkehrsunfällen mit Verletzten gelten die folgenden Grenzkosten (gemäss Krupp/Hundhausen, [3]): Preisbasis 1988:

- Schwerverletzte Opfer Fr. 55 000.-
- Leichtverletzte Opfer Fr. 4200.-

Mit diesen Kriterien ist ein einheitlicher Nutzenmassstab für die Beurteilung von Opfern im Strassenverkehr geschaffen. Jede Sicherheitsmassnahme, deren Kosten kleiner sind als der damit errechnete Nutzen, gilt als volkswirtschaftlich gerechtfertigt. Je grösser das Nutzen-Kosten-Verhältnis einer Massnahme ist, umso höher ist der Stellenwert für deren Einführung (vgl. auch These 3).

These 2: Massnahmenpektrum und -struktur darstellen

Die Qualität einer Sicherheitsplanung hängt in entscheidendem Masse davon ab, wie systematisch und umfassend nach möglichen Massnahmen und deren Kombinationen gesucht wird. Die Sicherheit im Strassenverkehr beruht heute auf einer kaum mehr übersehbaren Anzahl verschiedenster Massnahmen. Die systematische Darstellung des Spektrums und der Struktur dieser Massnahmen ist deshalb in Zukunft notwendig. Dazu wird die Erstellung einer EDV-gestützten Datenbank vorgeschlagen.

Für die Darstellung des Massnahmenpektrums sind zwei Elemente wichtig:

- Ansatzpunkt einer Massnahme: «Mensch», «Fahrzeug», «Umwelt».
- Art der Massnahme: «Verhalten», «Technik», «Normierung».

Die Wirksamkeit von Massnahmen ergibt sich in den meisten Fällen aus dem Zusammenspiel verschiedener Bereiche. Beispiele dafür sind Sicherheitsgurten (Mensch-Fahrzeug), Signalisa-

tion (Mensch-Umwelt) (Bild 5). Für die Darstellung der Massnahmenstruktur gibt es mehrere Möglichkeiten. Sie bringen zum Ausdruck, dass je nach Blickwinkel und Zielsetzung verschiedene Strukturierungen möglich sind. Beispiele dafür sind:

Strukturierung nach Wirkungsweise:

- Aktiv-Massnahmen zur Unfallverhinderung im Sinne des «Vorbeugens» (z.B. Erziehung, Sanierung),
- Passiv-Massnahmen zur Ausmassreduktion im Sinne des «Begrenzens» (z.B. Sicherheitsgurten, Leitplanken),
- Folge-Massnahmen zur Gewährleistung und Durchsetzung (z.B. Kontrollen, Bussen).

Strukturierung nach Zielsetzung (Haupt-, Ober-, Unter-, Teilziele).

Strukturierung nach weiteren Gesichtspunkten, z.B.:

- Grösse des Wirkungsgebietes (lokal bzw. gesamtschweizerisch),
- Alter und Geschlecht der Verunfallten usw.

Aufgrund dieser Voruntersuchungen zeigt sich, dass eine systematische Übersicht über Massnahmenstruktur und -spektrum nur mittels einer EDV-gestützten Datenbank möglich sein wird. Sie erlaubt die verschiedensten Eigenschaften von Massnahmen abzuspeichern und sodann nach den gewünschten Gesichtspunkten zu gliedern.

These 3: Konsequente Beurteilung von Massnahmen nach Nutzen und Kosten

Umfang der Untersuchungen

Mittels der unter These 1 formulierten Sicherheitskriterien sind im Sinne

einer beispielhaften Anwendung verschiedene Massnahmen nach ihrem Nutzen und ihren Kosten analysiert worden:

Globalmassnahmen:

- Zweiphasige Ausbildung für Motorfahrzeuglenker
- Senkung des erlaubten Blutalkoholgehaltes (BAK) auf 0,5‰,
- Helmtragpflicht für Mofafahrer,
- Obligatorischer Einbau eines Anti-blockiersystems (ABS) für Personenwagen,
- Unterfahrschutz für Lastwagen und Anhängerzüge.

Lokalmassnahmen:

- Dazu sind 12 lokale Gefahrenstellen ausgewählt worden, die in den vergangenen 10 Jahren sicherheitsmässig saniert worden sind, für die sowohl der Nutzen (Vorher/Nachher-Daten) als auch die Kosten bekannt waren.

Vorgehen

Für die Beurteilung der Globalmassnahmen wurde folgendes Vorgehen gewählt:

- Bestimmung des relevanten Wirkungsbereiches einer Massnahme (z.B. für Helmtragpflicht: Alle Unfälle mit Mofafahrern, die Kopfverletzungen erlitten) und damit des maximalen Rettungspotentials.
- Massnahmenspezifische Strukturierung des relevanten Unfallgeschehens als Grundlage für die Abschätzung des Nutzens.
- Abschätzung des effektiven Rettungspotentials (Verletzte, Getötete) für alle ausgewählten Massnahmen.
- Abschätzung der Jahreskosten.
- Vergleich des mit den entsprechenden Grenzkosten monetarisierten Nutzens mit den Kosten.

Für die Beurteilung der Lokalmassnahmen wurden die Kosten der Sicher-

| Massnahmen | Nutzen | | | | | |
|-------------------------|----------|------|------------------|-----------|------|------------------|
| | Getötete | | | Verletzte | | |
| | Max. | Eff. | Wirkungsgrad (%) | Max. | Eff. | Wirkungsgrad (%) |
| Zweiphasige Ausbildung | 230 | 30 | 15 | 4 700 | 260 | 5 |
| Senkung BAK auf 0,5‰ | 160 | 15 | 10 | 3 400 | 180 | 5 |
| Helmtraggpflicht | 40 | 15 | 40 | 1 100 | 430 | 40 |
| Obligatorisches ABS | 290 | 60 | 20 | 4 600 | 650 | 15 |
| Unterfahrschutz für LKW | 10 | 3 | 30 | 100 | 15 | 15 |
| Total der 5 Massnahmen | 730 | 123 | 17 | 13 900 | 1535 | 11 |

Tabelle 1. Rettungspotentiale der einzelnen Massnahmen

| Massnahmen | Monetarisierte Nutzen (Mio. Fr.) | Kosten (Mio. Fr.) | Nutzen-Kosten-Verhältnis |
|-------------------------|----------------------------------|-------------------|--------------------------|
| Zweiphasige Ausbildung | 64 | 45 | 1.4 |
| Senkung BAK auf 0,5‰ | 51 | 15 | 3.4 |
| Helmtraggpflicht | 88 | 13 | 6.8 |
| Obligatorisches ABS | 200 | 300 | 0.7 |
| Unterfahrschutz für LKW | 156 | 30 | 5.2 |

Tabelle 2. Nutzen, Kosten und Nutzen-Kosten-Verhältnisse der Globalmassnahmen pro Jahr

| Lokalmassnahmen: lokale Sanierungsmassnahmen | | | |
|--|------------------------------|---------------|---------------------------|
| Sanierungsstelle | Monetarisierte Nutzen* (Fr.) | Kosten* (Fr.) | Nutzen-Kosten-Verhältnis* |
| 1 | 22 000 | 12 000 | 2 |
| 2 | 135 000 | 13 000 | 10 |
| 3 | 235 000 | 20 000 | 12 |
| 4 | 26 000 | 20 000 | 1 |
| 5 | 36 000 | 12 000 | 3 |
| 6 | 47 000 | 5 000 | 9 |
| 7 | 108 000 | 125 000 | 1 |
| 8 | 1 536 000 | 60 000 | 26 |
| 9 | 341 000 | 35 000 | 10 |
| 10 | 26 000 | 60 000 | 0,5 |
| 11 | 164 000 | 33 000 | 5 |
| 12 | 1 652 000 | 5 000 | 330 |
| Total | 4 328 000 | 400 000 | 10 |

Tabelle 3. Nutzen, Kosten und Nutzen-Kosten-Verhältnisse der Lokalmassnahmen pro Jahr

heitsmassnahmen direkt mit dem Nutzen, der aus Vorher/Nachher-Beobachtungen ermittelt wurde, verglichen.

Resultate

Die Resultate dieser Untersuchungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

a) Globalmassnahmen

Tabelle 1 zeigt die abgeschätzten, effektiven Rettungspotentiale der fünf ausgewählten Massnahmen. Daraus geht hervor,

- dass das maximale, theoretische Rettungspotential der fünf Massnahmen zusammen rund 730 Getötete und 13 900 Verletzte umfasst,

- dass das effektive Rettungspotential jedoch deutlich kleiner ist und zu rund 123 Getöteten und 1535 Verletzten abgeschätzt wurde (geschätzter Gesamtwirkungsgrad von 17 bzw. 11%), dass der Wirkungsgrad der Massnahmen sehr unterschiedlich ist und zwischen 10 und 40% des maximalen Potentials variiert.

Die in Tabelle 2 zusammengefassten, mit den entsprechenden Grenzkosten monetarisierten Nutzen sowie die geschätzten Kosten zeigen,

- dass das Nutzen-Kosten-Verhältnis bei vier der fünf Massnahmen über 1,0 liegt,
- dass sich die Massnahmen «Unter-

fahrschutz», «Helmobligatorium» und «Senkung des maximalen Blutalkoholgehaltes auf 0,5‰» als besonders kosteneffizient herausstellen,

dass die Massnahme «Zweiphasige Ausbildung» für Motorfahrzeuglenker ein knapp positives Nutzen-Kosten-Verhältnis aufweist,

dass die Massnahme «Obligatorium ABS» ein Nutzen-Kosten-Verhältnis von etwas weniger als 1,0 aufweist.

In einer ganzheitlichen Beurteilung der Globalmassnahmen sind neben dem Nutzen-Kosten-Verhältnis auch andere Faktoren miteinzubeziehen, so beispielsweise

- die absolute Grösse des Nutzens,
- die absolute Grösse der Kosten,
- die politische Realisierbarkeit usw.

b) Lokalmassnahmen

Die Untersuchungen des Nutzen-Kosten-Verhältnisses der lokalen Massnahmen haben gezeigt (Tabelle 3),

dass solche Massnahmen in der Regel sehr kosteneffektiv sind und das mittlere Nutzen-Kosten-Verhältnis etwa 10 beträgt,

dass das Nutzen-Kosten-Verhältnis sehr stark variieren kann und aufgrund der derzeit verfügbaren Daten nicht alle untersuchten Sanierungen gerechtfertigt wären,

dass die Zuverlässigkeit der Aussagen durch die begrenzte Beobachtungszeit relativiert werden muss.

Einen Gesamtüberblick über die Nutzen-Kosten-Verhältnisse einzelner Massnahmen verschafft Bild 6.

These 4: Datenbeschaffung fördern

Die Bereitstellung und Analyse von Daten zum Unfallgeschehen im Strassenverkehr bildet seit jeher eine wichtige Grundlage für die Planung von Sicherheitsmassnahmen. Die Bedeutung dieser Aufgaben wird in Zukunft jedoch zunehmen. Dabei geht es nicht in erster Linie um eine Vermehrung der Daten, sondern um eine qualitative Verbesserung im Sinne grösserer Aussagekraft und Präzision.

Die heutige Situation im Bereich der Datenerfassung lässt sich wie folgt charakterisieren:

- Daten verschiedenster Art fallen an verschiedenen Orten an. Eine gemeinsame Datenbank existiert nicht oder nur in Teilbereichen.
- Die Datenerhebungen sind in erster Linie auf die Umstände zum Zeitpunkt der Unfälle ausgerichtet. Die effektiven und langfristigen Folgen

Literatur

- [1] Schweizerische Beratungsstelle für Unfallverhütung (BfU): Praktische Grundlagen für ein Sicherheitskonzept im Strassenverkehr, Dezember 1988.
- [2] Schweizerische Beratungsstelle für Unfallverhütung (BfU): Beurteilung des Unfallgeschehens aus der Sicht des individuellen und kollektiven Risikos, Mai 1985.
- [3] *Krupp Rudolf/Hundhausen Gerd*: Volkswirtschaftliche Bewertung von Personenschäden im Strassenverkehr. Bundesanstalt für Strassenwesen, Februar 1984.
- [4] *Stiefel Ulrich/Schneider Jörg*: Was kostet Sicherheit? Schweizer Ingenieur und Architekt, Heft 47/1985, Zürich.
- [6] *Fritsche A.F.*: Wie sicher leben wir? Risikobeurteilung und -bewältigung in unserer Gesellschaft, Verlag TÜV Rheinland, Köln, 1986.

(z.B. Invalidität) werden nur in begrenzten Teilbereichen erhoben.

- Die Datenerhebungen sind auf das Unfallgeschehen ausgerichtet. Daten über die Wirksamkeit und die Kosten von Massnahmen werden nicht systematisch gesammelt (vgl. auch These 2).

Aus dieser Sicht heraus wird eine Förderung der Datenbeschaffung notwen-

dig. Dabei sind insbesondere Daten zu den Verletztenrisiken systematisch zu erfassen. Der Datensatz der Nichtberufsunfälle (NBU) kann heute diese Lücke nur teilweise schliessen. Im weiteren sind Anstrengungen angezeigt, die Strassenverkehrsunfälle den definierten Risikokategorien zuzuteilen. Schliesslich ist eine bereits mehrfach erwähnte Datensammlung über Sicherheitsmassnahmen anzustreben.

Folgerungen

Zusammenfassend lassen sich nachstehende Folgerungen ziehen:

- Die Sicherheitskriterien für die Beurteilung von individuellen und kollektiven Risiken erlauben die Festlegung längerfristiger Zielsetzungen für einen zukünftigen Sicherheitsstandard im Strassenverkehr. Die Umsetzung der Forderung aus These 1 «Formulierung von expliziten Sicherheitszielen» in die Praxis wird damit ermöglicht.
- Durch die beispielhafte Anwendung von Nutzen-Kosten-Untersuchungen auf globale und lokale Sicherheitsmassnahmen ist die grundsätzliche Tauglichkeit dieses Sicherheitskonzeptes sowie die Realisierbarkeit der in These 3 «Konsequente Beurtei-

lung von Massnahmen nach Nutzen und Kosten» enthaltenen Forderungen dargelegt worden. Für die konsequente Umsetzung in die Praxis wird die Ausarbeitung eines entsprechenden Leitfadens und die Festlegung von Richtlinien empfohlen.

- Aus der Feststellung, dass die zukünftige Sicherheitsarbeit im Strassenverkehr aus verschiedensten Gründen immer schwieriger wird, ergibt sich das Bedürfnis nach differenzierten Grundlagen. Die konsequente Realisierung eines Sicherheitskonzeptes im Strassenverkehr verlangt in Zukunft einerseits die in These 2 geforderte systematische Darstellung und Erfassung der Massnahmenstruktur und des Massnahmenspektrums. Andererseits ist eine in These 4 erläuterte qualitative Verbesserung der Daten notwendig. Besonders in diesem Bereich wird eine Verstärkung der Anstrengungen in Zukunft empfohlen.
- Eine allgemeine Anwendung der hier gezeigten Grundlagen in der Unfallverhütung ist möglich.

Adresse der Verfasser: *Hans Merz*, dipl. Ing. ETH/SIA; *Peter Christen*, dipl. Ing. ETH/SIA; Ernst Basler & Partner AG, 8702 Zollikon; *Peter Hehlen*, dipl. Ing. ETH; *Jörg Thoma*, dipl. Ing. TH; Schweizerische Beratungsstelle für Unfallverhütung BfU, 3008 Bern.

Sicherheit und Risiko**Sicherheit im Schienenverkehr**

Zum Umgang mit Risiken am Beispiel der Eisenbahn

Dieser Artikel soll im Rahmen der Reihe «Sicherheit und Risiko» aufzeigen, mit welcher Philosophie Risiken im Umfeld von Eisenbahnen angegangen werden. Die Autoren sind sich bewusst, dass die Besonderheiten des Systems Eisenbahn nicht ohne weiteres Analogieschlüsse auf andere Technologiebereiche zulassen; dennoch wird versucht, am Schluss drei Thesen zur allgemeinen Diskussion um technische Risiken zu formulieren.

Risiko und Risikobegrenzung

Zuerst sollen die Begriffe Risiko, individuelles Risiko und kollektives Risiko theoretisch behandelt werden, an-

VON HEINRICH BRÄNDLI UND
RUDOLF RÖTTINGER,
ZÜRICH

schliessend wird auf die Festlegung des Sicherheitsgrades bei der Eisenbahn eingetreten.

Masseinheit für Risiko

In der Entscheidungstheorie ist ein Risiko als Produkt

$$R = r \cdot S$$

definiert, wobei S einen Ergebnisnutzen darstellt, der mit der Wahrscheinlichkeit r eintritt. Der Ergebnisnutzen kann positiv oder negativ sein. In der Sicherheitswissenschaft interessieren primär die negativen Ergebnisnutzen, die in Form von Schäden (Sachschäden, Verletzungen oder Tötungen) auftreten.

Die Eintretenswahrscheinlichkeit r ist von der Dimension her unproblematisch; sie ist dimensionslos und auf der absoluten Skala zwischen 0 und 1 darstellbar.

Bei der Wahl der Dimension des Schadens ist zwischen Sach- und Personenschäden zu unterscheiden. Sachschäden werden in monetären Einheiten auf Verhältnisskalen bewertet, die unten durch 0 begrenzt und oben offen sind, wobei die Einheit willkürlich gewählt ist. Bevor sich Personenschäden beschreiben lassen, ist zu klären, ob es ethisch vertretbar ist, Anzahlen von Leichtverletzten, Schwerverletzten oder Toten zu messen oder Personenschäden zu monetarisieren, damit Sach- und Personenrisiken die gleiche Dimension aufweisen.

Für die Monetarisierung sprechen zwei Argumente:

- In der Folge bereits entstandener Sach- und Personenschäden werden im Haftpflichtrecht monetäre Einheiten benützt, um mit materiellen