

Unfallgeschehen im Bereich von Verkehrssteuerungsanlagen unter besonderer Berücksichtigung der Verkehrsbelastung

FA 3.278

Forschungsstelle: IVT Ingenieurbüro für Verkehrstechnik GmbH, Karlsruhe
 Bearbeiter: Siegener, W. / Träger, K. / Martin, K. / Beck, T.
 Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Bonn
 Abschluss: Juni 1999

Tabelle 1: Belastungsklassen (BK) in Abhängigkeit von der Verkehrsstärke [Fz/h u. Richtung] und der Anzahl der Fahrstreifen je Richtung

Anzahl der Fahrstreifen	Belastungsklasse		
	1 (min q) [Fz/h u. Ri.]	2 (mittel q) [Fz/h u. Ri.]	3 (max q) [Fz/h u. Ri.]
2	< 1.000	1.000 - 1.499	≥ 1.500
2/3	< 1.000	1.000 - 1.999	≥ 2.000
3	< 2.000	2.000 - 2.999	≥ 3.000

1. Aufgabenstellung

Ein wesentliches Ziel des Einsatzes von Verkehrssteuerungsanlagen besteht darin, die Verkehrssicherheit zu erhöhen. Aus bisherigen Untersuchungen geht die Verkehrsbelastung als eine Haupteinflussgröße für die Beschreibung des Unfallgeschehens hervor. Im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen ist daher das Unfallgeschehen auch im Bereich von Verkehrssteuerungsanlagen unter besonderer Berücksichtigung der Verkehrsbelastung näher zu untersuchen.

Dabei ist ein Verfahren zu entwickeln, mit dessen Hilfe sich die Sicherheitsgewinne im Bereich von Leitsystemen quantifizieren lassen. Das Verfahren soll auch dazu geeignet sein, für zu planende Steuerungssysteme eine Abschätzung des erwarteten Sicherheitsgewinnes zu ermöglichen. In diesem Forschungsprojekt werden ausschließlich Streckenbeeinflussungsanlagen (SBA) untersucht.

2. Untersuchungsmethodik

Der methodische Ansatz besteht darin, die Wirkung von SBA auf die Verkehrssicherheit bei unterschiedlichen Belastungen zu untersuchen. Ein Grund hierfür ist, dass in den Steuerungsmodellen der SBA die Verkehrsstärke ein wichtiger Parameter für die Schaltung der Anzeigen ist.

Die Methodik geht weiterhin von der Überlegung aus, dass durch den Einsatz der Steuerungsanlagen die Verkehrssicherheit in den Belastungsklassen unterschiedlich beeinflusst wird. Dies ist auch bei den Verfahren zur Berechnung des Sicherheitsgewinnes (ex-post oder ex-ante) zu berücksichtigen.

Die Parameter für die Verfahren zur Berechnung der Sicherheitsgewinne sollen durch eine (einheitliche) Analyse des Unfallgeschehens von vorhandenen Streckenbeeinflussungsanlagen bestimmt werden. Auf Grund der Definitionsänderung bei den Unfällen mit schwerem Sachschaden im Untersuchungszeitraum und um eine Trennung zu den Unfällen in den Ein- und Ausfädelungsbereichen zu gewährleisten, werden nur Unfälle mit Personenschaden vom Typ 1 (Fahrunfall), 6 (Unfall im Längsverkehr) und 7 (sonstiger Unfall) betrachtet. Besondere Unfallkollektive werden ergänzend untersucht.

Jedem Unfall wird die Verkehrsbelastung (aus Dauerzählstellen) zum Zeitpunkt des Unfalls zugeordnet. Aus statistischen Gründen und im Sinne einer besseren Vergleichbarkeit der Anlagen werden in Abhängigkeit von der Verkehrsstärke und der Anzahl der Fahrstreifen drei Belastungsklassen gebildet (vgl. Tab. 1). Mit Hilfe eines vereinfachten statistischen Tests wird die Signifikanz von Veränderungen der Unfallraten im Vorher-Nachher-Vergleich in den einzelnen Belastungsklassen überprüft.

Bei der Beurteilung der Wirkung von SBA auf die Verkehrssicherheit wird auch berücksichtigt, dass im Nachher-Zeitraum gegenüber dem Vorher-Zeitraum auf Grund der allgemeinen Entwicklung der Unfallraten bereits eine Reduzierung zu erwarten ist. Hierzu wird die langfristige Entwicklung in dem jeweiligen Bundesland untersucht.

Ferner sind bezüglich der Reduktion der Unfallraten bei den einzelnen SBA unterschiedliche Ergebnisse zu erwarten. Diese sollen in Gesprächen mit den Betreibern diskutiert werden, um u. a. Erklärungen hierfür zu erhalten.

Damit ergibt sich folgende Vorgehensweise:

- (1) Zusammenstellung der grundsätzlichen Ziele von Verkehrsbeeinflussungsanlagen,
- (2) Allgemeine Beschreibung des Zusammenhangs zwischen Unfallgeschehen und Verkehrsbelastung,
- (3) Systematische Analyse des Unfallgeschehens von vorhandenen SBA (10 Anlagen) im Vorher-Nachher-Vergleich,
- (4) Ermittlung des Sicherheitsgewinnes durch den Einsatz von Streckenbeeinflussungsanlagen.

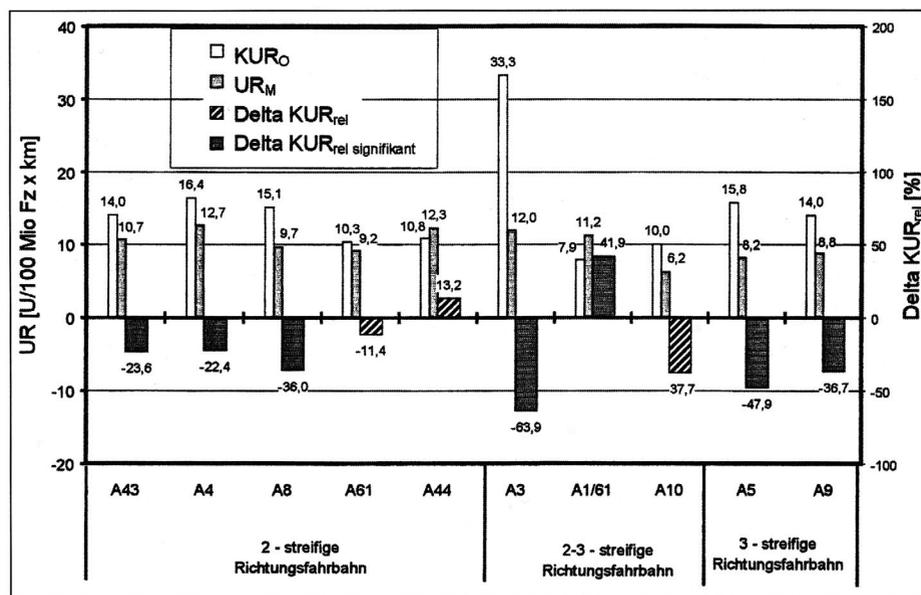
3. Untersuchungsergebnisse

Mit den Daten aus den Jahren 1991 bis 1994 für das Autobahnnetz in Rheinland-Pfalz werden die Ergebnisse bisheriger Untersuchungen – dass die Unfallrate für Unfälle mit Personenschaden deutlich von der Verkehrsbelastung abhängt – bestätigt. Die Höhe der Unfallrate bei schwachen Verkehrsbelastungen ist durch die relativ häufig auftretende Unfallursache „nicht angemessene Geschwindigkeit“ begründet. Streckenabschnitte mit drei Fahrstreifen zeigen insbesondere bei schwächeren Verkehrsbelastungen eine deutlich höhere Unfallrate auf als Abschnitte mit zwei Fahrstreifen. Der Anteil der Unfälle bei Nässe und Glätte ist mit über 30 % relativ hoch und lässt die Bedeutung der Berücksichtigung von Nässe und Glätte in den Steuerungsmodellen erkennen.

Aus der Untersuchung von 10 vorhandenen Streckenbeeinflussungsanlagen (Übersichtskarte siehe Bild 1) ergeben sich, differenziert nach drei Belastungsklassen, folgende wesentliche Rückschlüsse:

- Bei hohen Belastungen (Belastungsklasse 3), bei denen in aller Regel primär verkehrsmengenabhängig geschaltet wird, ist bei sechs von zehn Anlagen eine signifikante Reduzierung der Unfallrate zwischen -22,4 und -63,9 % festzustellen (vgl. Bild 2). Diese beruht vorrangig auf signifikanten Veränderungen beim Unfalltyp 6 (fünf Fälle) kombiniert mit den Unfallursachen „zu geringer Sicherheitsabstand“ (vier Fälle) und „nicht angepasste Geschwindigkeit“ (drei Fälle). Bei zwei Anlagen (A 3, A 5) tritt zudem der Unfalltyp 1, bei einer Anlage (A 43) die Unfallursache „Überholen“ signifikant hervor. Die starke Reduktion von -63,9 % (auf der A 3) ist bedingt durch die besonders hohen Unfallraten vor Inbetriebnahme der SBA,

verursacht durch risikoreiche Spurwechselmanöver bei einer Verengung von drei auf zwei Fahrstreifen im Bereich eines Autobahnkreuzes. Bei den Untersuchungsstrecken, bei denen keine statistisch abgesicherten Verbesserungen bzw. sogar eine signifikante Verschlechterung (siehe A 1/61) eingetreten ist, sind die Unfallraten im Vorher-Zeitraum relativ niedrig. Im Nachher-Zeitraum ist eine Angleichung der Unfallraten zu beobachten. Auszunehmen hiervon ist die Anlage auf der A 10, bei der trotz einer fast über den kompletten Nachher-Zeitraum vorhandenen Baustelle eine erhebliche Verbesserung in puncto Verkehrssicherheit eingetreten ist. Als Resultat ist festzuhalten, dass bei hohen Belastungen durch den Einsatz von SBA signifikante Reduzierungen der Unfallraten möglich sind, sofern der Streckenabschnitt nicht bereits im Vorher-Zeitraum als verkehrssicher (ausgedrückt durch eine niedrige Unfallrate) einzustufen ist.



UR: Unfallrate
 KUR_O: mit der landesweiten Entwicklung korrigierte Unfallrate ohne SBA
 UR_M: Unfallrate mit SBA (im Nachher-Zeitraum)
 Delta KUR_{rel}: relative Veränderung der Unfallrate mit SBA gegenüber der (korrigierten) Unfallrate ohne SBA

2: Relative Veränderungen der Unfallraten in Belastungsklasse 3 mit Berücksichtigung der landesweiten Entwicklung

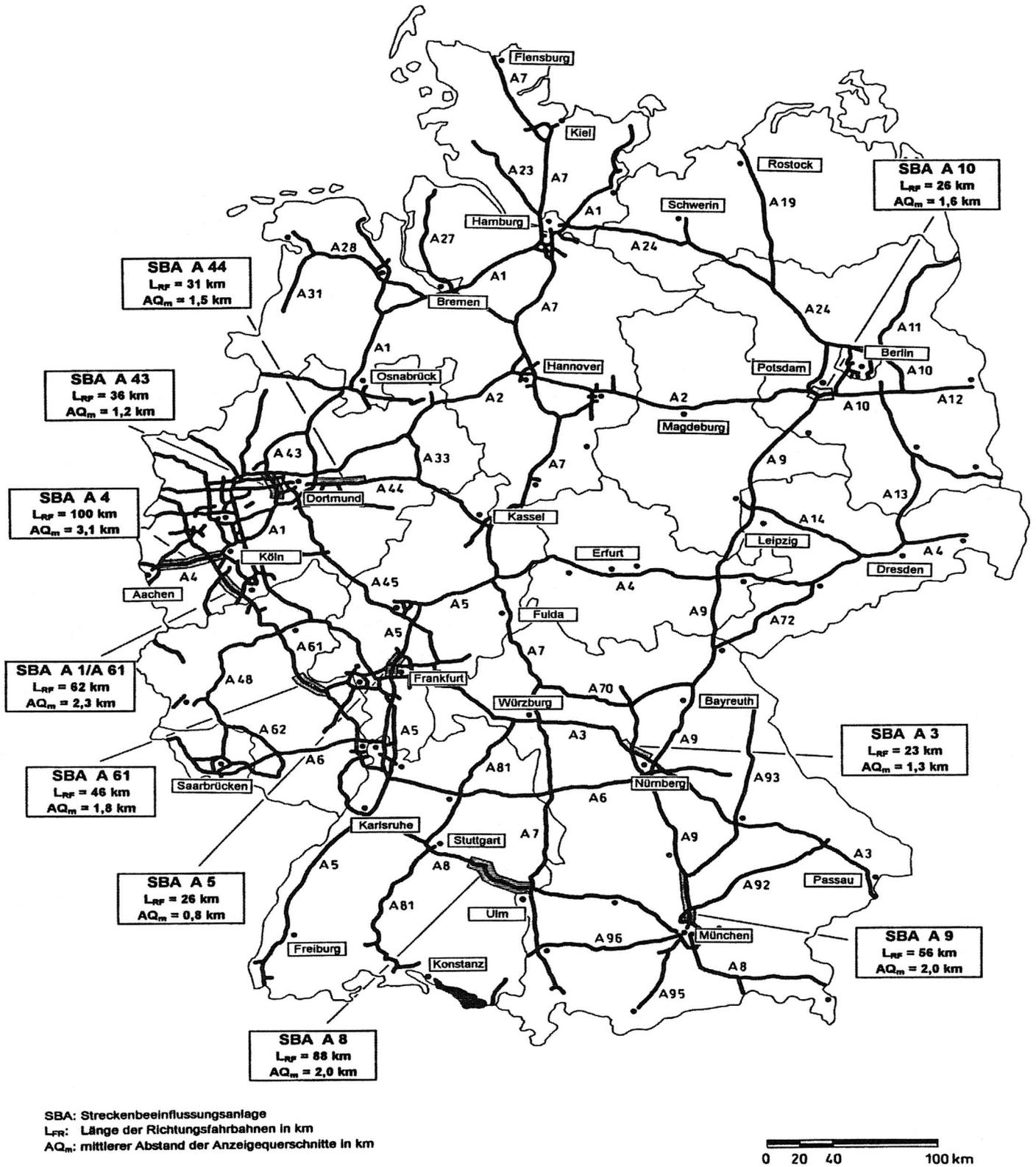
- Bei mittlerer Verkehrsstärke (Belastungsklasse 2) – i. d. R. werden keine verkehrsmengenabhängigen Schaltungen aktiviert – ist bei acht von zehn Anlagen bei Betrachtung des gesamten Unfallgeschehens erwartungsgemäß kein signifikanter Einfluss der SBA zu registrieren. Bei einer Anlage (auf der A 61) ist eine signifikante Zunahme zu verzeichnen; diese ist vor allem auf eine sehr geringe Unfallrate gegenüber den anderen Untersuchungsstrecken im Vorher-Zeitraum zurückzuführen. Eine signifikante Verringerung der Unfallrate wurde auf der A 9 festgestellt. Hier hat der Einsatz der Beeinflussungsanlage offensichtlich zu einer wesentlichen Harmonisierung des Verkehrsablaufs auch in diesem Belastungsbereich geführt.

Interessant ist hierbei, dass auf der A 61 bereits vor Installierung der SBA eine stationäre Geschwindigkeitsbeschränkung von 130 km/h bestand, die im Nachher-Zeitraum durch dynamische Zeichen als Grundschildung angezeigt wird. Besonders durch die schwierige Streckenführung ist eine Geschwindigkeitsbegrenzung für den Fahrer einsichtig, und offenkundig wird durch die Wechselverkehrszeichen die Akzeptanz dieser Beschränkung erhöht.

- Bei geringer Verkehrsbelastung (Belastungsklasse 1) – in aller Regel werden keine verkehrsmengenabhängigen Schaltungen ausgelöst – sind bei acht von zehn Anlagen erwartungsgemäß keine signifikanten Veränderungen, bei einer Anlage (A 61) eine signifikante Reduzierung der Unfallrate zu verzeichnen.

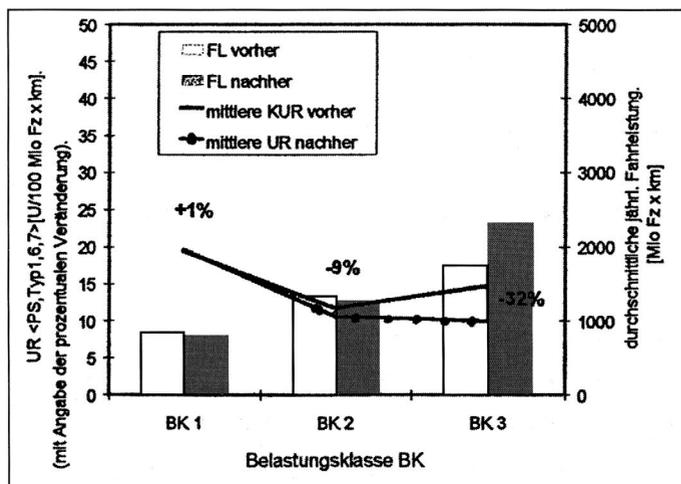
Im Gegensatz zur A 61 steht die Entwicklung des Unfallgeschehens in Belastungsklasse 1 auf der A 4. Auf Grund des Steuerungsmodells wurden bereits bei geringen Belastungen Geschwindigkeitsbeschränkungen angezeigt, die nicht einsichtig sind und deshalb nicht von allen Verkehrsteilnehmern befolgt wurden. Dies hat offenbar zu einer Verringerung der Harmonisierung des Verkehrsablaufs geführt, sodass es verstärkt zu Auf- fahrunfällen gekommen ist.

Nach Auskunft der Betreiber ist in der Zwischenzeit das Steuerungsmodell verbessert worden.



1: Übersichtskarte der Untersuchungsstrecken

Bild 3 zeigt die Unfallratenverläufe im Vorher-Nachher-Vergleich bei Zusammenfassung der Untersuchungsstrecken. Die Daten von der A 4 und der A 10 werden wegen der jeweiligen Sonder-situation in diesem Vergleich nicht berücksichtigt. Die Unfallra-ten aus dem Vorher-Zeitraum werden mit der landesweiten Ent-wicklung des Unfallgeschehens auf Autobahnen korrigiert, sodass ausschließlich die Veränderungen auf Grund des Betrie-bes der SBA ohne eine Überlagerung mit einer allgemeinen, zeitlichen Entwicklung aufgezeigt werden. Mittels der Darstel-lung in Bild 3 wird der unterschiedliche Einfluss der SBA auf die Unfallraten in Abhängigkeit von der Belastungsklasse (Einteilung der Klassen siehe Tab. 1) verdeutlicht.



FL: Fahrleistung

(K)UR: (korrigierte) Unfallrate

3: Unfallratenverlauf über drei Belastungsklassen aus den Untersuchungsstrecken mit Berücksichtigung der landesweiten Unfallentwicklung ohne die A 4 bzw. A 10 (Vorher-Nachher-Vergleich)

Die Untersuchung bestimmter Unfallkollektive hat zu folgenden Ergebnissen geführt:

- Die Entwicklung der Unfälle mit schwerem Sachschaden zeigt bei sechs von sieben Anlagen eine signifikante Reduktion der Unfallrate über alle Belastungsklassen von -9,4 bis -35,7 %
- Auswertungen von Unfällen mit Verursacher Lkw konnten nur bei vier Untersuchungsstrecken auf Grund der vorhandenen Daten durchgeführt werden. Dabei waren zwar keine einheitlichen Wirkungen, jedoch überwiegend ein positiver Einfluss der SBA auf dieses Kollektiv zu verzeichnen.
- Die Auswertung von neun Anlagen bezüglich der Unfälle bei ungünstigem Umfeld hat ergeben, dass bei Berücksichtigung aller Faktoren (Nässe, Glätte, Nebel, etc.) in Belastungsklasse 3 keine höhere Reduzierung der Unfallrate eingetreten ist als bei der Betrachtung aller Unfälle. Eine deutlich höhere Reduzierung wird nur in Belastungsklasse 2 beobachtet. In Belastungsklasse 1 ist kein signifikanter Unterschied bei den Unfallraten im Vorher-Nachher-Vergleich festzustellen. Bei der unter Zuhilfenahme der Witterungsdaten durchgeführten Berechnung über alle Belastungsklassen hat sich gezeigt, dass signifikant hohe Reduktionen der Unfallraten bei denjenigen SBA eingetreten sind, die offensichtlich verstärkt an Tagen mit ungünstigen Umfeldbedingungen geschaltet wurden. Fast alle Betreiber haben darauf hingewiesen, dass die Erfassung von Nässe und vor allem von Glätte weiterhin problematisch ist.

- Die Unfallrate der Unfälle bei Nebel ist um über 80 % in jeder einzelnen Belastungsklasse deutlich gesenkt worden. Offensichtlich wird durch das Vorhandensein der Streckenbeeinflussungsanlagen die Gefahr bei Nebel vom Verkehrsteilnehmer besser eingeschätzt.
- Die Auswertung von sieben Anlagen hat die Vermeidung von Massenunfällen – hierunter sind Unfälle mit mindestens sechs Beteiligten zu verstehen – als weitere wesentliche Wirkung von SBA aufgezeigt. Die Unfallrate von Massenunfällen konnte signifikant um 54 % reduziert werden und damit deutlich stärker als die vergleichbare Unfallrate aller Unfälle, die um 25 % gesenkt wurde. Diese überdurchschnittliche Reduktion ist in einem verbesserten Abstands- und Geschwindigkeitsverhalten begründet.

Unter Berücksichtigung der Ergebnisse über die Untersuchung der Unfallraten wurden Verfahren über die Berechnung der Sicherheitsgewinne (d. h. die Anzahl der vermiedenen Unfälle) entwickelt, wobei zwischen einer ex-post Berechnung und einer ex-ante Berechnung zu unterscheiden ist.

Die ex-post Berechnung kann direkt aus den Unfallraten für den Vorher-Nachher-Vergleich und aus den Fahrleistungen erfolgen.

Für die ex-ante Berechnung wird vorgeschlagen, den Sicherheitsgewinn (d. h. die Anzahl der vermeidbaren Unfälle) durch Betrachtung der Unfallrate über alle Belastungsklassen zu ermitteln. Bei der Bestimmung der Unfallrate sind die Nebelunfälle nicht zu berücksichtigen. Die Unfallrate UR_0 (ohne SBA) ist aus den Daten eines ausreichend langen Analysezeitraumes (mind. zwei Jahre) zu berechnen. Für die Unfallrate UR_M , d. h. mit Einsatz einer SBA, wird auf Grund der Untersuchungsergebnisse vorgeschlagen, für zwei- und zwei- bis dreistreifige BAB-Fahrbahnen einen konstanten Wert von 12,0 Unfälle pro 10^8 Fz x km und für dreistreifige BAB-Fahrbahnen einen Wert von 12,5 Unfälle pro 10^8 Fz x km anzusetzen; die empfohlenen Werte beziehen sich ausschließlich auf Unfälle mit Personenschaden vom Typ 1, 6 und 7 ohne Nebelunfälle. Die Fahrleistung wird ebenfalls aus dem Analysezeitraum bestimmt.

Zusätzlich können als Sicherheitsgewinn 80 % der Nebelunfälle angesetzt werden. Für Unfälle mit Sachschaden ist eine Reduzierung der Unfallrate von -15 % auf Grund der Untersuchungsergebnisse zu empfehlen.

Für den Fall, dass eine ex-ante Abschätzung für einen Prognosezeitraum (z. B. über das Jahr 2000 hinaus) zu berechnen ist, sollten die Unfallraten ebenfalls aus dem Analysezeitraum bestimmt werden, da keine begründeten Informationen darüber vorliegen, ob sich die Unfallraten für die Situationen mit und ohne Beeinflussungsanlagen unterschiedlich entwickeln würden. Die Fahrleistungen sollten auf Grund von Verkehrsprognosen abgeschätzt werden.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass durch den Einsatz von Streckenbeeinflussungsanlagen ein signifikanter Beitrag zur Erhöhung der Verkehrssicherheit bei stärkeren Verkehrsbelastungen, bei Nebel und bezüglich der Massenunfälle möglich ist. Bei geringen Verkehrsbelastungen werden die Anlagen in der Regel deutlich weniger geschaltet; trotzdem ist gerade in diesen Bereichen die Qualität des Steuerungsverfahrens von großer Bedeutung, da nicht situationsgerechte Schaltungen (wie z. B. „willkürliche“ Geschwindigkeitsbeschränkungen) zu einer Reduzierung der Akzeptanz führen. Eine zusätzliche Voraussetzung ist die Verbesserung der Erfassung von Umfelddaten (insbesondere Nässe und Glätte). □