

Spurbelastungen und Häufigkeit von Spurwechseln auf einer dreispurigen BAB-Richtungsfahrbahn

Fritz Busch

1. Einleitung

Die Aufteilung des Verkehrsaufkommens einer mehrspurigen Richtungsfahrbahn auf die zur Verfügung stehenden Fahrspuren ist nur in den seltensten Fällen vollkommen gleichförmig. Betrachtet man an einem Querschnitt die pro Zeiteinheit vorbeifahrenden Fahrzeuge (lokale Messung der Verkehrsstärke q), so zeigt sich vielmehr, daß die Spurbelastungen während eines größeren Beobachtungszeitraumes in weiten Bereichen variieren und sich dabei spurweise stark voneinander unterscheiden. Eine analoge Aussage kann für die Betrachtung der zu einem festen Zeitpunkt pro Längeneinheit vorhandenen Fahrzeuge (momentane Messung der Verkehrsdichte k) getroffen werden. Diese unterschiedlichen Spurbelastungen sowie die ständigen Änderungen der augenblicklichen Spuraufteilungen sind jedoch eine direkte Folge des jeweiligen Spurwechselverhaltens auf dem betrachteten Streckenabschnitt. Da Spurwechselvorgänge andererseits immer auch eine Reaktionserscheinung auf Behinderungen darstellen, kann die Häufigkeit von Spurwechseln auf einem Streckenabschnitt sowohl als Ursache wie als Folge bestimmter Verkehrszustände angesehen werden und ist insofern eine nicht unwesentliche Kenngröße zur Beurteilung von Verkehrsabläufen. Über Spuraufteilungen und zum Teil auch über das Spurwechselgeschehen auf mehrspurigen Richtungsfahrbahnen wurde in der Vergangenheit u. a. bereits von *H o t o p* (1975) und *S p a r m a n n* (1979) berichtet. Im folgenden sollen einige Ergebnisse einer Untersuchung vorgestellt werden (*Leutzbach/Busch*, 1984), die sich im Auftrage des Bundesministers für Verkehr mit der Häufigkeit von Spurwechselvorgängen und der Spuraufteilung auf einer dreispurigen BAB-Richtungsfahrbahn befaßte.

2. Messungen

Die zur Erlangung einer geeigneten Datenbasis erforderlichen Messungen des Verkehrsablaufs wurden auf einer 1 km langen Meßstrecke des Instituts für Verkehrswesen der Universität (TH) Karlsruhe durchgeführt, die sich auf der BAB-A 5 zwischen den Anschlußstellen Bruchsal und Karlsruhe-Durlach befindet. Die interessierenden verkehrstechnischen Kenngrößen (Fahrzeuggeschwindigkeit, Zeitlücken, Abstände usw.) wurden dabei durch Auswertung von Induktionsschleifenmessungen gewonnen; die speziellen Spurwechselkenngrößen (Anfangs- und Endpunkt des Spurwechselvorgangs, betroffene Fahrspuren, Fahrzeugtyp etc.) wurden durch Auswertung von Filmaufnahmen ermittelt, die synchron zu den Induktionsschleifenmessungen von einer Autobahnbrücke in der Mitte der Meßstrecke gemacht wurden (der Aufnahmetakt betrug hierbei 0,5 Sek.). Insgesamt wurden mit dieser Konfiguration 30 Stunden Verkehrsablauf erfaßt, die alle wesentlichen Verkehrszustände vom freien Verkehr bis zum Stau mit Fahrzeug-Stillstand enthielten. Während dieser Zeit fuhren ca. 70000 Fahrzeuge über die Meßstrecke, wobei etwa 11500 Spurwechselvorgänge stattfanden. In Bild 1 sind exemplarisch die Fundamental- und Dichte-Geschwindigkeits-Diagramme zweier Messungen gegenüberge-

stellt, die beide einen weiten Wertebereich der Verkehrsstärke, einschließlich sehr hoher Belastungswerte (über 70 Fz/Min.), aufweisen.

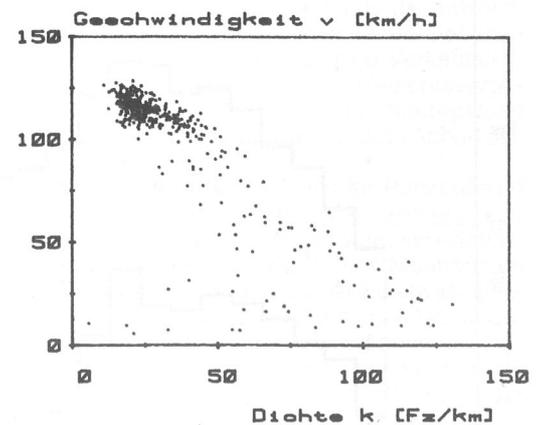
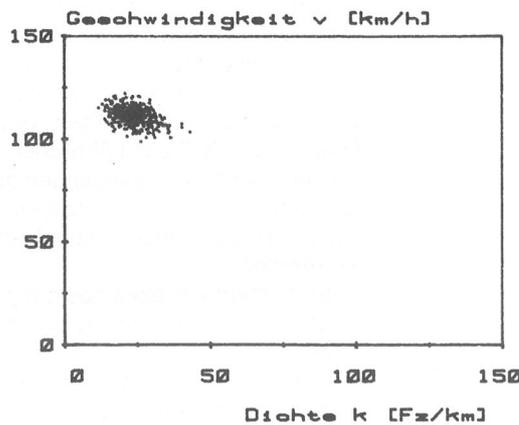
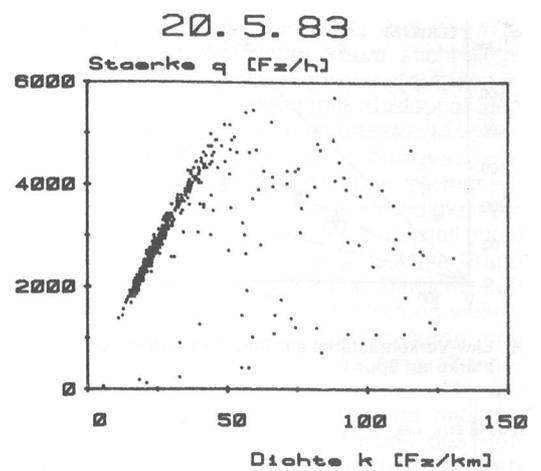
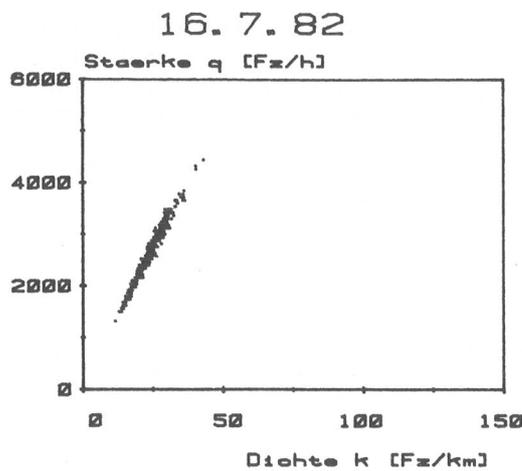
Während jedoch bei der Messung am 16. 7. 82 der Verkehrsablauf nie in den instabilen Bereich geriet und die mittleren momentanen Geschwindigkeiten im Querschnitt stets oberhalb 100 km/h blieben, zeigen die Diagramme der Messung vom 20. 5. 83 (Freitag vor Pfingsten) das typische Bild eines Verkehrszusammenbruches aufgrund der Überlastung des Streckenquerschnittes mit abwechselnden Phasen des Stop-and-Go-Betriebes. Die kurzzeitigen Spitzenbelastungen dieser Messung lagen bei 90 Fz/Min., wobei mittlere Geschwindigkeiten von 80–90 km/h gemessen wurden. Die Dichten lagen im freien Verkehr stets unterhalb 40 Fz/km (entsprechend 75 m mittlerem Bruttoabstand pro Spur), während im Bereich des gebundenen Verkehrsablaufs bis hin zum Stop-and-Go-Betrieb die Werte auf maximal 130 Fz/km (entsprechend 23 m Abstand) anstiegen. Erfahrungsgemäß schrumpfen diese Abstände erst im vollständigen Stau ($\bar{v} \approx 0$ km/h) zusammen auf ca. 6 bis 10 m ($k = 150$ bis 100 Fz/km, Spur).

Bezeichnend für den Stop-and-Go-Betrieb der Messung am 20. 5. 83 sind im übrigen auch die trotz niedriger Geschwindigkeiten relativ großen mittleren Abstände der Fahrzeuge (niedrige Dichten), die zu vergleichsweise geringen Verkehrsstärken führen („innere“ Bereiche der Diagramme).

3. Spuraufteilung

Als Spuraufteilung wird die Aufteilung des Gesamtverkehrsaufkommens auf die einzelnen Spuren des Querschnitts bezeichnet. Hier wurde in allen Verkehrszuständen ein relativ klarer Zusammenhang zur Gesamtverkehrsstärke festgestellt. In Bild 2 sind die mittleren Spuraufteilungen in Abhängigkeit der jeweils herrschenden Verkehrsbelastung für Ein-Minuten-Meßintervalle aufgetragen. Hierbei bezeichnet Spur 1 die am weitesten rechts liegende Spur (Fahrspur). Die angegebenen Variationskoeffizienten zu diesen Mittelwertkurven verdeutlichen die Straffheit des Zusammenhanges (die größeren Werte ergaben sich jeweils in den unteren Verkehrsstärkebereichen bis ca. 1500 Fz/h, Querschnitt).

Zusammen mit den in Bild 3 aufgetragenen Absolutzahlen der Spurbelastung wird ein dem zweispurigen Fall sehr ähnlicher Sachverhalt deutlich (vgl. hierzu z. B. die Ausführungen von *S p a r m a n n*, 1979). Während bei niedrigen Verkehrsstärken nur ein verschwindend geringer Teil des Gesamtverkehrs auf der 3. Spur fährt, steigt dieser Anteil bis auf 50 % bei den Spitzenbelastungen an. Nahezu in gleichem Maß nimmt der Anteil der Fahrspur an der Gesamtbelastung ab (auf unter 20 % bei den höchsten Verkehrsstärken). Auf der mittleren Spur liegen ungefähr 40 % der Verkehrsbelastung mit bei zunehmender Verkehrsstärke leichter, in etwa linearer Abnahme (42 % auf 32 %). – Ein qualitativ nahezu identischer Zusammenhang (mit, aufgrund größerer Basis-Meßintervalle, jeweils etwas niedrigeren Werten der Gesamtverkehrsstärke an den charakteristischen Punkten der Kurven) wurde auch in der bereits erwähnten Arbeit von *H o t o p* aufgezeigt. – Die Kurven der Absolutwerte (Bild 3) zeigen auf der einen Seite die große Leistungsfähigkeit der 3. Spur (2600 Fz/h



1: Verkehrszustände der Messungen am 16. 7. 82 und am 20. 5. 83 (Ein-Minuten-Intervalle)

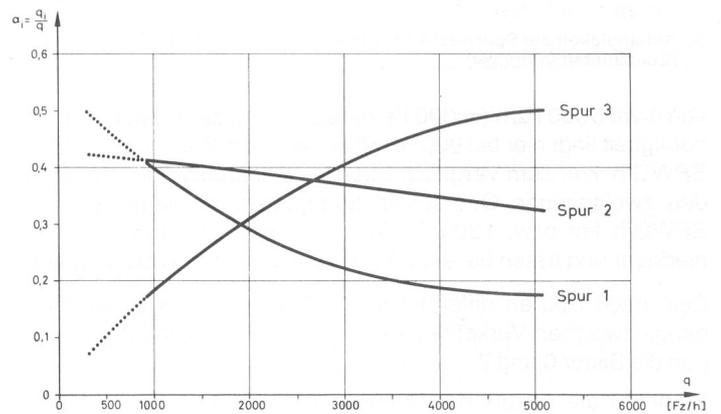
als mittlere minütliche Spitzenbelastung; Einzelwerte lagen noch deutlich höher) und auf der anderen Seite die sich andeutende Sättigungsgrenze der Fahrspur von im Mittel 800 Fz/h (maximaler Meßwert 1 100 Fz/h).

Die Gründe für dieses Ungleichgewicht sind bekannt. Sie liegen bei niedrigen Verkehrsstärken im Rechtsfahrgebot und bei höheren Belastungen im Geschwindigkeitsgefälle von Spur 3 nach Spur 1 sowie dem hohen Lkw-Anteil der rechten Spur (zwischen 30 % und 50 %, vgl. Bild 4; der Gesamt-Lkw-Anteil schwankte während der Messungen zwischen 8 % und 16 %, abnehmend mit zunehmender Verkehrsstärke); hinzu kommt, daß trotz hoher Geschwindigkeiten auf der linken Spur mit relativ geringen Abständen gefahren wird und, bedingt durch die homogenen Geschwindigkeiten, auch noch kleine Lücken für Spurwechsel auf diese Spur genutzt werden.

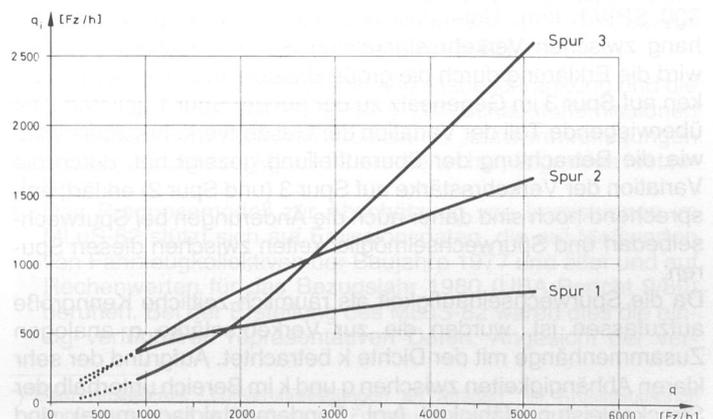
4. Spurwechselvorgänge

Als kennzeichnende Größe für das Spurwechselgeschehen wurde die räumlich-zeitliche Spurwechselfrequenz (Dimension 1/h·km) verwendet. Es wurden sowohl die insgesamt (SPWG) als auch die zwischen benachbarten Spuren (SPW 12 = Spurwechselfrequenz von Spur 1 nach Spur 2 etc.) auftretenden Häufigkeiten betrachtet. Der Mittelwert über alle Spuren für alle Messungen liegt bei 687 SPWG/h·km, wobei Spitzenwerte bis zu 1 900 SPWG registriert wurden.

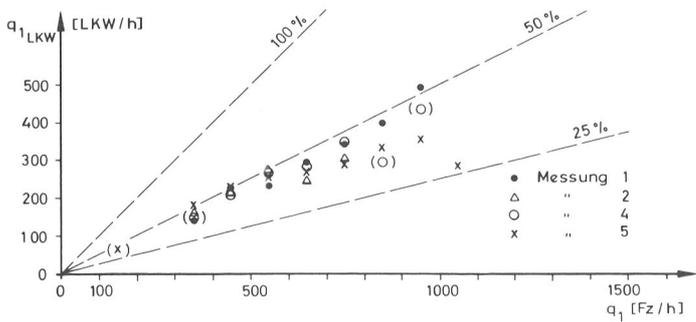
In Bild 5 sind jeweils für Klassen der Gesamtverkehrsstärke die mittleren Spurwechselfrequenzen SPWG aufgetragen. Zur Verdeutlichung der Schärfe des Zusammenhanges sind zusätzlich die durch Mittelwert \pm Standardabweichung gebildeten Bereiche als auch die Minimal- und Maximalwerte jeder Klasse dargestellt. Es zeigt sich, daß sowohl bezüglich des Mittelwertes als auch der Maximalwerte ein ausgeprägtes Maximum der Spurwechselfrequenzen vorhanden ist, welches in einem Verkehrsstärkebereich



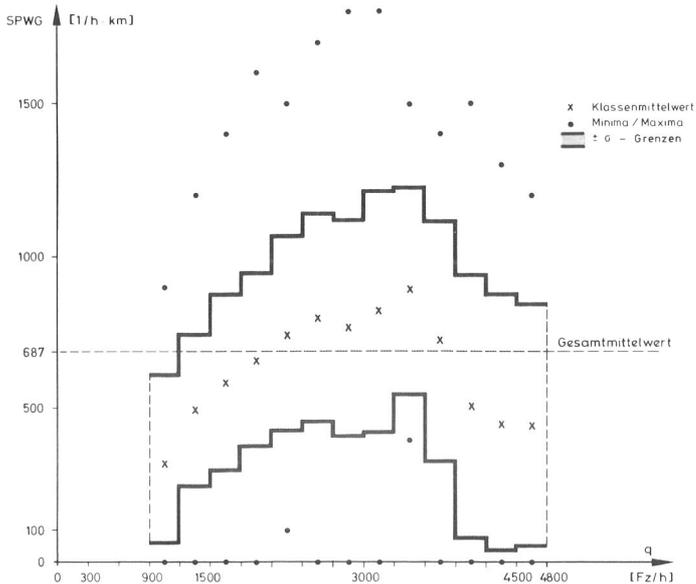
2: Mittlere Spuraufteilung in Abhängigkeit von der Gesamtverkehrsstärke (Ein-Minuten-Intervalle)



3: Mittlere Spurbelastung in Abhängigkeit von der Gesamtverkehrsstärke (Ein-Minuten-Intervalle)



4: Lkw-Verkehrsstärke auf Spur 1 in Abhängigkeit von der Gesamtverkehrsstärke auf Spur 1



5: Abhängigkeit der Spurwechselfrequenz (gesamt) von der Verkehrsstärke (Ein-Minuten-Intervalle)

von etwa 3300 Fz/h (± 300 Fz/h) liegt. Die mittlere Spurwechselfrequenz liegt hier bei 900 SPWG/h·km, das Maximum bei 1900 SPWG/h·km. Zum Vergleich seien die entsprechenden Werte für den zweispurigen Querschnitt angegeben: sie liegen bei 600 SPWG/h·km bzw. 1300 SPWG/h·km, sind also um ein Drittel niedriger und treten bei einer Verkehrsstärke von 2000 Fz/h auf.

Eine nach Spuren differenzierte Betrachtung des Zusammenhangs zwischen Verkehrsstärke und Spurwechselfrequenz zeigen die Bilder 6 und 7.

Während die Anzahl der Spurwechsel zwischen Spur 1 und 2 nahezu unabhängig ist von der Verkehrsstärke auf diesen Spuren (die Mittelwerte pro Verkehrsstärkeklasse schwanken zwischen 100 und 150 SPW/h·km), besteht auf den Spuren 2 und 3 ein deutlicher Zusammenhang (die Werte steigen von 100 auf etwa 300 SPW/h·km). Unterstellt man einen kausalen Zusammenhang zwischen Verkehrsstärke und Spurwechselfrequenz, so wird die Erklärung durch die große Bandbreite der Verkehrsstärken auf Spur 3 im Gegensatz zu der auf der Spur 1 geliefert. Der überwiegende Teil der Variation der Gesamtverkehrsstärke wird, wie die Betrachtung der Spuraufteilung gezeigt hat, durch die Variation der Verkehrsstärke auf Spur 3 (und Spur 2) erklärt; entsprechend hoch sind daher auch die Änderungen bei Spurwechselbedarf und Spurwechselfähigkeiten zwischen diesen Spuren.

Da die Spurwechselfrequenz als räumlich-zeitliche Kenngröße aufzufassen ist, wurden die zur Verkehrsstärke q analogen Zusammenhänge mit der Dichte k betrachtet. Aufgrund der sehr klaren Abhängigkeiten zwischen q und k im Bereich unterhalb der Streckenleistungsfähigkeit (vgl. Fundamentaldiagramme) sind ähnlich klare Verhältnisse zu erwarten. Auch hier liegt ein sehr deutliches Maximum der Spurwechselfrequenz bei einer kriti-

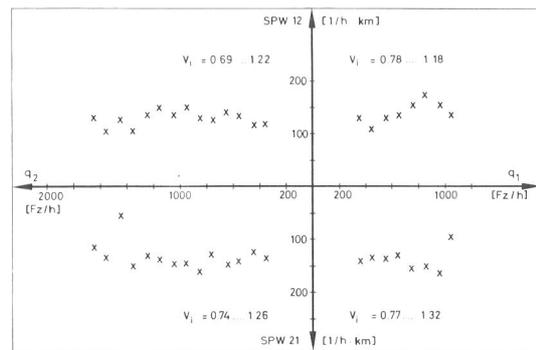
schen Dichte von 30 bis 35 Fz/h, unterhalb derer die Spurwechselfähigkeiten noch keiner deutlichen Einschränkung unterworfen sind. Auch die spurweise Betrachtung ergibt im wesentlichen das zur Verkehrsstärke Analoge: keine erkennbaren Abhängigkeiten zwischen Spur 1 und 2, jedoch ein deutliches Maximum für SPW 23 (SPW 32) von 250 bis 300 SPW/h·km bei ca. 12 bis 15 Fz/h auf Spur 3.

Da das Lkw-Aufkommen einen großen Teil der Gesamtbelastung der Spur 1 ausmacht (vgl. Bild 4), wurde auch der Frage nachgegangen, ob einerseits Abhängigkeiten zwischen Lkw-Verkehrsstärken und Spurwechselfrequenz (SPW 12, SPW 21) und andererseits zwischen der Häufigkeit von Lkw-Spurwechseln und der Spurbelastung auf Spur 1 und 2 festzustellen sind. Hier waren jedoch keinerlei eindeutige Zusammenhänge erkennbar.

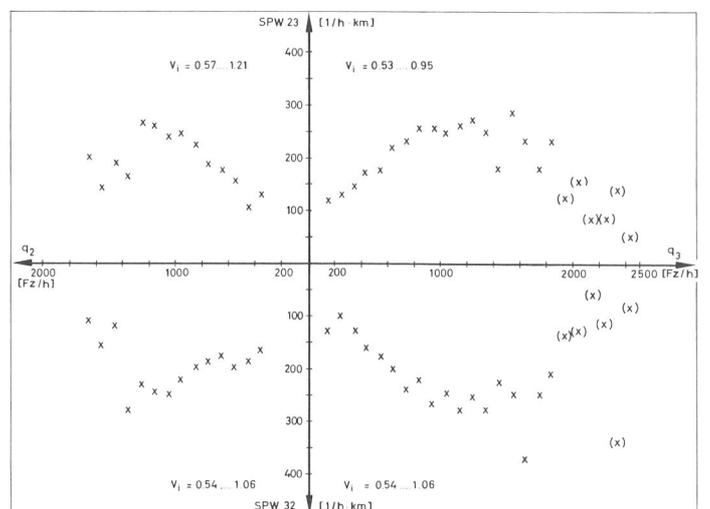
5. Schlußbemerkung

Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen in ähnlichen Fällen wie beim zweispurigen Querschnitt Zusammenhänge zwischen einzelnen Kenngrößen des Verkehrsablaufs auf. Es kann daher auch für den dreispurigen Fall eine weitgehende Allgemeingültigkeit der quantitativen Aussagen vermutet werden. Zumindest für Streckenabschnitte mit ähnlichen Randbedingungen wie den bei der Untersuchung vorliegenden dürften darüber hinaus auch die quantitativen Angaben verallgemeinerbar sein. Als am wesentlichsten erscheinende Ergebnisse sollen nochmals hervorgehoben werden:

- Es besteht ein extremes Ungleichgewicht der Spurbelastungen bei niedrigen und besonders bei maximalen Verkehrsstärken, wobei zum einen die sich andeutende Sättigungsschwelle der Fahrspur mit weniger als 20 Fz/Min. auffällt, und zum anderen die große Leistungsfähigkeit der linken Spur mit



6: Abhängigkeit der Spurwechselfrequenz zwischen Spur 1 und 2 von der Verkehrsstärke auf Spur 1 und auf Spur 2 (Ein-Minuten-Intervalle)



7: Abhängigkeit der Spurwechselfrequenz zwischen Spur 2 und 3 von der Verkehrsstärke auf Spur 2 und auf Spur 3 (Ein-Minuten-Intervalle)

Spitzenwerten von knapp 50 Fz/Min. (entsprechend einer mittleren Zeitlücke von 1,2 Sek.) hervorsteht.

- Es gibt deutlich abgrenzbare, kritische Bereiche der Verkehrsstärke und auch der Dichte, für die die Spurwechselhäufigkeit (und damit auch das mit jedem Spurwechselvorgang verbundene Gefährdungspotential) maximal wird. Diese Maximalwerte werden fast ausschließlich durch die in kritischen Bereichen zunehmende Spurwechselhäufigkeit zwischen den Spuren 2 und 3 hervorgerufen.

Schrifttum

- 1 Leutzbach, W.; Busch, F.: Spurwechselvorgänge auf dreispurigen BAB-Richtungsfahrbahnen. Forschungsauftrag FA 1.082 des Bundesministers für Verkehr, Karlsruhe 1984.
- 2 Sparmann, U.: Zusammenhang zwischen Spurwechselverhalten und Spuraufteilung auf zweispurigen BAB-Richtungsfahrbahnen. Straße und Autobahn, Heft 1/1979.
- 3 H o t o p, R.: Untersuchung der Verkehrsqualität auf zwei- und dreispurigen BAB-Richtungsfahrbahnen. Straßenverkehrstechnik Heft 6/1975.

Kurzberichte

Verkehrssicherheitsprogramm 1984 der Bundesregierung

Der Deutsche Bundestag hat die Bundesregierung Ende 1982 aufgefordert, „ein umfassendes Verkehrssicherheitskonzept auf der Grundlage der seit der Vorlage des Verkehrssicherheitsprogramms 1973 gewonnenen Erfahrungen und Erkenntnisse zu erarbeiten und dem Bundestag vorzulegen“. Als Hintergrund ist zu sehen, daß die Bundesrepublik Deutschland trotz aller bisher erzielten Erfolge nach wie vor im internationalen Vergleich nicht gerade günstig dasteht, was das Niveau der Verkehrssicherheit betrifft.

Nach rund 1 1/2 Jahren liegt nun das neue Verkehrssicherheitsprogramm 1984 vor und enthält neben einem statistischen Rückblick auf die Unfallentwicklungen seit 1970, einem Sachstandsbericht zur Verwirklichung und zu den Ergebnissen der im Verkehrssicherheitsprogramm 1973 vorgeschlagenen Maßnahmen und einer Stellungnahme zum Bericht der Kommission für Verkehrssicherheit („Höcherl-Kommission“) eine Fülle von Grundsätzen, Zielen und Maßnahmen, die dazu führen sollen, die seit 1970 zunächst sowohl absolut als auch relativ rückläufigen, z. Z. jedoch stagnierenden Unfallzahlen weiter zu reduzieren. Bei nüchternen Betrachtungsweise hat wohl niemand, der sich schon einmal intensiver mit der sehr komplexen Materie beschäftigt hat, erwarten können, daß in dem Verkehrssicherheitsprogramm grundsätzlich neue Wege aufgezeigt oder Patentrezepte angeboten werden müssen, weil dazu schon seit langem angestrengt über Maßnahmen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit nachgedacht und diskutiert wird. Letztlich konnte es daher von vornherein nur darum gehen, Akzente zu setzen und dabei auch das verkehrspolitisch und finanziell Machbare nicht aus dem Auge zu verlieren.

Wie allerdings diese Akzente gesetzt worden sind, wird gleichermaßen Enttäuschung und Zustimmung hervorrufen: Zustimmung, weil trotz aller äußeren Zwänge auch eine Reihe von teilweise unpopulären Maßnahmen vorgesehen sind, die die Verkehrssicherheit zweifellos deutlich verbessern werden. Beispiele dafür sind die Einführung eines Verwarnungsgeldes bei Nichtbeachtung der Gurtanlegepflicht, die Neuordnung des Fahrerlaubnis- und Fahrlehrerrechtes (u. a. Führerschein auf Probe, Stufenführerschein für Motorräder, Nachschulung) oder auch die beabsichtigte Fortschreibung fahrzeugtechnischer Regelwerke (z. B. Antiblockiervorrichtung bei Lkw, Einführung von ECE-Regelungen).

Enttäuschung sicherlich bei vielen insofern, als nach wie vor darauf vertraut wird, daß Appelle an die Vernunft, Eigen- und Mitverantwortung der Verkehrsteilnehmer bei entsprechender intensiver Aufklärungsarbeit prinzipiell Vorschriften, Überwachung und notfalls drastischere Strafen überflüssig machen bzw. sogar ersetzen könnten. Hier liegt offenbar eine Einschätzung des Ver-

antwortungsbewußtseins der Verkehrsteilnehmer und der Wirkung von Kampagnen vor, für die bisher kaum stichhaltige Begründungen erkennbar waren: Trotz intensiver Kampagnen und Aufklärungsarbeit war die Gurtanlegequote rückläufig, sind Alkohol und zu hohe Geschwindigkeit die markantesten Unfallursachen geblieben, wird innerorts die zulässige Höchstgeschwindigkeit von einem Großteil der Verkehrsteilnehmer permanent zum Teil erheblich überschritten, ist die Richtgeschwindigkeit vor allem für die, denen höherer Benzinverbrauch finanziell nicht wehtut, anscheinend nicht relevant. Hier drängt sich die Frage auf, warum die für Sicherheitsgurte gewonnene Einsicht, daß nämlich nur konsequente Überwachung und Bestrafung weiterhelfen, nicht auch auf andere Bereiche übertragen wurde, und daraus abgeleitet, ob der finanzielle Aufwand, der für großangelegte Kampagnen mit unsicheren Erfolgsaussichten nötig ist, nicht sinnvoller für konkrete straßenverkehrstechnische, bauliche und verkehrslenkende Maßnahmen, für den Ausbau des Rettungswesens und nicht zuletzt für die Intensivierung der Verkehrsunfall- und Verkehrsunfallursachenforschung ausgegeben würde.

Damit sind auch bereits weitere Bereiche genannt, die natürlich im Verkehrssicherheitsprogramm angesprochen werden, ebenso wie die Verkehrserziehung der Kinder als künftige Verkehrsteilnehmer, Änderungen bei der Registrierung von Verkehrsvergehen im Verkehrszentralregister einschließlich der Neuregelung für Ordnungswidrigkeiten oder ein Modellversuch zum Abbau des sogenannten Schilderwaldes.

Es wäre müßig, würden an dieser Stelle Punkt für Punkt alle im Verkehrssicherheitsprogramm erwähnten Maßnahmen und Absichten aufgeführt, da es sich in der Tat um eine nahezu vollzählige systematische Zusammenstellung aller Maßnahmen handelt, die seit langem diskutiert werden, wobei die etwas spektakuläreren bereits ausgiebig in den Medien und auch hier angesprochen worden sind. Von Interesse sind jedoch noch die Vorschläge, die von der Höcherl-Kommission gemacht wurden und denen sich das Bundesverkehrsministerium bisher nicht oder nur eingeschränkt angeschlossen hat:

- Steuerliche Förderung fahrzeugtechnischer Sicherheitseinrichtungen.
- Geschwindigkeitsbeschränkungen auf Außerortsstraßen und Bundesautobahnen.
- Absolutes Alkoholverbot für Fahrzeuganfänger und reduzierte Promille-Grenzen für Zweiradfahrer.
- Obligatorischer Einbau von Kurzwegschreibern in alle neu zugelassenen Pkw.
- Zweckbindung öffentlicher Mittel für die Verkehrssicherheit.

Bleibt als Fazit die eher triviale Feststellung, daß allein die Zukunft zeigen kann, welche der zum Teil nur als Absichtserklärungen formulierten Maßnahmen tatsächlich realisiert und ob die erhofften Wirkungen erzielt werden. Uneingeschränkte Zustimmung verdient auf jeden Fall die Schlußbemerkung des Verkehrssicherheitsprogramms 1984, nach der die Verbesserung der Verkehrssicherheit der Anstrengung aller bedarf. Meinefeld

FGSV-Stellungnahme zum „Merkblatt über Luftverunreinigungen an Straßen; Teil: Straßen ohne oder mit lockerer Randbebauung“ – Ausgabe 1982 (MLuS-82)

Die Diskussion um eine Geschwindigkeitsbeschränkung und die dabei zu erwartende Verringerung der Schadstoffemissionen (CO, HC, NO_x) veranlaßt den Arbeitskreis „Luftverunreinigungen an Straßen“*, der das MLuS-82 erarbeitet hat, folgendes festzustellen:

1. Das Prognosemodell zur Abschätzung von Immissionen im MLuS-82 stützt sich auf Emissionsdaten, die auf Meßwerten von Fahrzeugkollektiven der Baujahre 1977 und älter und auf Rechenwerten für das Bezugsjahr 1980 (UBA-Bericht 9/80) beruhen. Bei der Erstellung des MLuS-82 waren dies die einzig verfügbaren repräsentativen Daten. Angesichts der ver-

*) Dem Arbeitskreis „Luftverunreinigungen an Straßen“ im Arbeitsausschuß „Immissionsschutz an Straßen“ der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen gehören an: Esser, Köln; Glück, München; Hein, Kiel; Haapp, Stuttgart; Jost, Köln; Nitsche, Offenbach; Pankrath, Berlin; Romberg, Bochum; Rümmler, Essen; Ullrich (Leiter), Bonn; Waldeyer, Köln.