

ANNEX VIII  
to SWOV report  
Safety effects of road design standards  
R-94-7

## Design features and safety aspects of exit and entry facilities on motorways in the EC (in German)

J. Steinbrecher  
Aachen, Germany

**SWOV Institute for Road Safety Research**  
**P.O. Box 170**  
**2260 AD Leidschendam**  
**The Netherlands**  
**Telephone 31703209323**  
**Telefax 31703201261**

## Notice to the reader

This volume is one of the annexes to a main report on safety effects of road design standards which was compiled by SWOV in collaboration with other European partners, in 1993-1994.

The project was carried out with financial support of the Commission of the European Union. However, no authority of the European Union has responsibility for the contents of this publication.

The main report is a composition of contributions from various authors, edited by SWOV and published in both English and French. The annexes were not re-edited but were published in the form in which they were furnished by the authors. SWOV is not responsible for the contents of annexes that were produced by authors from outside the institute.

The full publication consists of the following volumes.

**Main report: Safety effects of road design standards**

H.G.J.C.M. Ruyters & M.Slop (ed.); SWOV Institute for Road Safety Research, Leidschendam, The Netherlands

**Annex I: Road classification and categorization**

S.T.M.C. Janssen; SWOV Institute for Road Safety Research, Leidschendam, The Netherlands

**Annex II: Assumptions used in road design**

M. Slop; SWOV Institute for Road Safety Research, Leidschendam, The Netherlands

**Annex III: Methods for investigating the relationship between accidents, road user behaviour and road design standards**

G. Maycock & I. Summersgill; Transport Research Laboratory, Crowthorne, England

**Annex IV: International organizations and road design standards**

H.G.J.C.M. Ruyters; SWOV Institute for Road Safety Research, Leidschendam, The Netherlands

**Annex V: National road design standards**

H.G.J.C.M. Ruyters; SWOV Institute for Road Safety Research, Leidschendam, The Netherlands

**Annex VI: Road cross-section**

L. Michalski; Technical University of Gdansk, Gdansk, Poland

**Annex VII: Road design standards of medians, shoulders and verges**

C.C. Schoon; SWOV Institute for Road Safety Research, Leidschendam, The Netherlands

**Annex VIII: Design features and safety aspects of exit and entry facilities on motorways in the EC (in German)**

J. Steinbrecher; Aachen, Germany

**Annex IX(E): Curves on two-lane roads**

**Annex IX(F): Virages sur routes à deux voies (in French)**

T. Brenac; Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité, Salon-de-Provence, France

**Annex X: "Bicycles at intersections" in the Danish Road Standards**  
**L. Herrstedt; Danish Road Directorate, Copenhagen, Denmark**

**Annex XI: Bicycle facilities at intersections**  
**M.P. Hagenzieker; SWOV Institute for Road Safety Research, Leidschendam, The Netherlands**

**Annex XII: Bibliography**

**This study was carried out for the SWOV Institute for Road Safety Research  
Leidschendam, Netherlands**

**Projectnumber: 69.776**

**Contract date: Sept. 1993**

**Submission date: Feb. 1994**

**Contract taker:**

**Dipl.-Ing. J. Steinbrecher  
Küpperstr. 12  
52066 Aachen  
Germany  
+ 49 241 602579**



<b>INHALT</b>		<b>Seite</b>
1	Einführung	1
2	Untersuchungsmethoden	2
3	Definitionen und Abgrenzungen	3
4	Entwurfsstandards	5
4.1	Entwurfsgundsätze	5
4.2	Entwurfselemente der Verbindungsrampen	11
4.3	Entwurfselemente der Ein- und Ausfahrten	18
4.4	Ländervergleich	36
5	Markierung und Beschilderung	39
6	Verhaltensvorschriften	52
7	Verkehrssicherheit	53
7.1	Literaturanalyse	53
7.2	Eigene Analysen	61
8	Forschungsergebnisse zum Verkehrsablauf und zur Leistungsfähigkeit	66
9	Zusammenfassung und Schlußfolgerungen	76
	Literatur	



## 1. Einführung

Durch das Zusammenwachsen der europäischen Gemeinschaft entsteht in immer größerem Maße grenzüberschreitender Straßenverkehr. Dies gilt sowohl für Personen- als auch für Güterverkehr. Handel, Dienstleistungen und Freizeitaktivitäten werden sich in Zukunft weiter intensivieren. Der überwiegende Teil des grenzüberschreitenden Verkehrs wird auf den Autobahnen abgewickelt. Sie bilden mittlerweile ein dichtes Netz von Schnellstraßen für den gesamten Bereich der EU-Länder; der Netzgedanke findet Ausdruck in einer gemeinsamen Numerierung der europäischen Autobahnen mit E-Nummern.

Die Autobahnen werden jedoch in jedem Mitgliedsland nach nationalen Vorschriften und Richtlinien entworfen. Dies führt zu Unterschieden in der Gestaltung, die sich beispielsweise in der Breite der Spuren, den minimalen Kurvenradien, der Markierung und der Beschilderung ausdrücken. Welche Auswirkungen diese Unterschiede auf die Verkehrssicherheit haben und in welchem Maße sie bei den Benutzern im grenzüberschreitenden Verkehr zu Problemen führen, sind Fragen, die zur Zeit noch nicht abschließend geklärt sind. Am Beispiel der Beschilderung und Wegweisung wird jedoch ein Zusammenhang sofort deutlich: durch schnelles Begreifen von Zeichen und Markierungen können Unsicherheiten und Irrtümer beim Fahren reduziert werden, was erfahrungsgemäß der Verbesserung der Verkehrssicherheit dient.

Die vorliegende Studie beschäftigt sich unter diesem Aspekt mit einem besonders kritischen Element der Autobahn - nämlich den Ein- und Ausfahrten von Anschlußstellen. Dort ist ein fremder Kraftfahrer in erheblichem Maße auf einen Straßenentwurf angewiesen, der ihm die Fahraufgabe erleichtert, da er neben der Orientierung die fahrdynamischen Prozesse des Verzögerns bzw. Beschleunigens und des Spurwechsels durchführen muß.

In der Studie werden die Entwurfsgrundsätze von Ein- und Ausfahrten in den verschiedenen Ländern der EU analysiert und miteinander verglichen. Dazu gehören die Trassierungselemente, die Markierung, die Beschilderung und die Verhaltensvorschriften. Außerdem wird untersucht welche Relevanz die Gestaltung der Ein- und Ausfahrten für die Sicherheit besitzt.

## **2. Untersuchungsmethoden**

Für die Bearbeitung der Aufgabenstellung war es zum einen nötig, Informationen über die Richtlinien, Vorschriften und Ausführungsbestimmungen der verschiedenen Länder zu bekommen, soweit diese sich auf die Gestaltung von Anschlußstellen beziehen. Zu diesen Dokumenten zählen technische Normen des Entwurfs, der Markierung und der Beschilderung, aber auch andere Vorschriften, die beispielsweise Verhaltensregeln an Ein- und Ausfahrten betreffen. Zum anderen waren auch Erkenntnisse über die Verkehrssicherheit von Interesse. Aus diesem Grund wurden die Ministerien bzw. Straßenverwaltungen in allen 12 Ländern der EU angesprochen oder angeschrieben, um entsprechende Unterlagen zur Verfügung zu stellen. Parallel zu unseren Bemühungen unterstützte auch das SWOV-Institut durch entsprechende Anfragen diese Arbeit. Aus Griechenland und Luxemburg konnten keine Unterlagen einbezogen werden.

Neben diesen Recherchen bei den Institutionen der verschiedenen Länder wurde eine Literaturanalyse bei der Bibliothek der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen in Köln durchgeführt. Dabei wurden internationale Forschungsarbeiten, Handbücher und Zeitschriftenartikel ausgewertet.

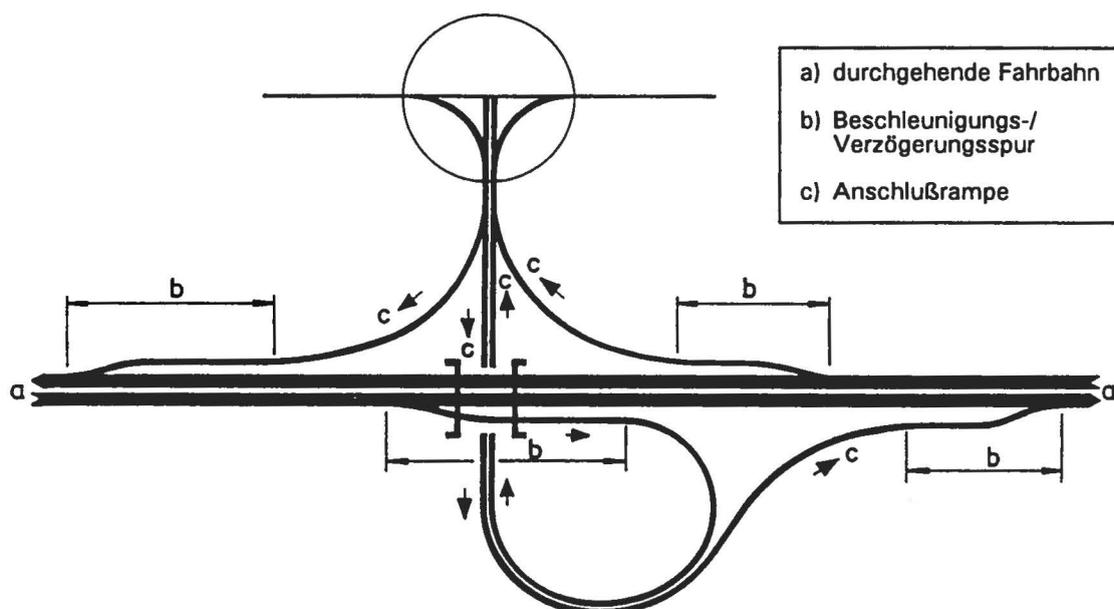
Für die Beleuchtung des Themas Verkehrssicherheit wurden eigene Unfallanalysen an 8 ausgewählten Anschlußstellen in Deutschland vorgenommen. Dies erfolgte in Zusammenarbeit mit der Autobahnpolizei und der zuständigen Straßenverwaltung (Autobahnamt).

Schließlich wurden Gespräche mit verschiedenen Experten in den Ministerien und Straßenverwaltungen geführt, um zusätzliche Informationen zu erhalten oder offene Fragen in den Texten der Richtlinien zu klären.

### 3. Definitionen und Abgrenzungen

Einfahrten und Ausfahrten an Autobahnen (zur genauen Bestimmung des Straßentyps Autobahn siehe weiter unten) ermöglichen sowohl die Verknüpfung von Autobahnen untereinander als auch die Verknüpfung von Autobahnen mit dem untergeordneten Straßennetz. Im deutschen Sprachgebrauch spricht man im ersten Fall von einem Autobahnknotenpunkt und im zweiten Fall von einer Autobahnanschlußstelle. Die Anschlußstelle ist im Prinzip eine Sonderform des Knotenpunktes. Sie stellt die Verbindung einer hochrangigen mit einer niederrangigen Straße dar, wobei der Anschluß an die hochrangige Straße planfrei ist und an die niederrangige im Regelfall plangleich ist, aber auch planfrei sein kann.

Zur Überwindung des Niveauunterschiedes sind als verbindendes Glied Rampen nötig. In Abhängigkeit von den Radien der Rampen werden dort deutlich niedrigere Geschwindigkeiten gefahren als auf der durchgehenden Hauptfahrbahn. Aus diesem Grund werden für die Einfahrtvorgänge Beschleunigungsspuren und für die Ausfahrtvorgänge Verzögerungsspuren angelegt. Damit bestehen die Ein- und Ausfahrten von Anschlußstellen aus Beschleunigungs- bzw. Verzögerungsspuren und Rampen.



**Abb. 1· Prinzipskizze Anschlußstelle**

In der vorliegenden Studie werden vorrangig die Gestaltungsgrundsätze von Ein- und Ausfahrten an Anschlußstellen betrachtet. Soweit es sinnvoll und möglich war, wurden auch Ein- und Ausfahrten von Knotenpunkten mitbehandelt.

Eine zweite Abgrenzung des Themas mußte hinsichtlich der zu betrachtenden Straßentypen gefunden werden. In der Untersuchung von O'Cinnéide u.a. [1] wurde bereits festgestellt, daß in den europäischen Ländern sehr unterschiedliche Klassifizierungssysteme

zur Einteilung von Straßen benutzt werden. Alle Systeme haben zum Ziel, eine hierarchische Struktur des Straßennetzes zu erreichen; länderspezifische Besonderheiten erlauben jedoch kaum einen detaillierten Vergleich der Straßentypen in den verschiedenen Ländern. Generell lassen sich große Unterschiede bei autobahnähnlichen Straßen feststellen. So gibt es in Deutschland im Übergangsbereich zwischen Autobahn und Landstraße die Kraftfahrzeugstraße, die einbahnig oder zweibahnig sein kann, in Schweden gibt es einbahnige Autobahnen und in Finnland "semi-motorways", die ebenfalls einbahnig sind, aber Ausbaustandards einer zweibahnigen Autobahn aufweisen. Darüberhinaus existiert noch der eigenständige Typ der Stadtautobahnen, die durch bebauten Gebiet verlaufen.

Die Studie konzentriert sich auf die anbaufreien Straßen außerhalb bebauter Gebiete. Sie betrachtet hauptsächlich zweibahnige Straßen. Im Mittelpunkt stehen Autobahnen, soweit es sinnvoll und möglich war, wurden auch andere autobahnähnliche Straßentypen berücksichtigt.

	<b>Autobahn</b>	<b>Landstraße</b>
<b>zweibahnig</b>	<b>Regel</b>	<b>Ausnahme</b>
<b>einbahnig</b>	<b>Ausnahme</b>	<b>Regel</b>

**Abb. 2: Straßentypen außerhalb bebauter Gebiete**

## 4. Entwurfsstandards

In diesem Kapitel werden die Entwurfsstandards von Ein- und Ausfahrbereichen behandelt und international verglichen. Dabei werden zunächst die Entwurfsgrundsätze erläutert. Anschließend erfolgt eine detaillierte Betrachtung der Entwurfselemente von Beschleunigungs- und Verzögerungsspuren sowie von Verbindungsrampen. Markierung, Beschilderung und Wegweisung von Ein- und Ausfahrten werden in Kap. 5 abgehandelt, die entsprechenden Verhaltensvorschriften für Kraftfahrer in Kap. 6.

### 4.1 Entwurfsgrundsätze

#### Deutschland

Die Grundlage für den geometrischen Entwurf von Ein- und Ausfahrbereichen bilden in Deutschland die Richtlinien für die Anlage von Landstraßen, Teil III: Knotenpunkte, Abschnitt 2: Planfreie Knotenpunkte (RAL-K-2) aus dem Jahr 1976 [2]. Diese Richtlinien gelten für den Neubau, den Ausbau und den Umbau von Knotenpunkten an Autobahnen und sonstigen anbaufreien Kraftfahrzeugstraßen mit Richtungsfahrbahnen außerhalb bebauter Gebiete. Damit beziehen sie sich auf die zweibahnigen Straßen der Kategoriengruppe A. Die Kategoriengruppen werden in den Richtlinien für die Anlage von Straßen, Teil: Leitfaden für die funktionale Gliederung des Straßennetzes (RAS-N) [3] hergeleitet. Entsprechend der Lage, den Nutzungsansprüchen und der planerisch maßgebenden Funktion werden fünf Kategoriengruppen unterschieden. Für die Straßen der Kategoriengruppe B (Stadtautobahnen und andere anbaufreie Straßen innerhalb bebauter Gebiete) sollen demnächst eigene Entwurfshinweise erarbeitet werden.

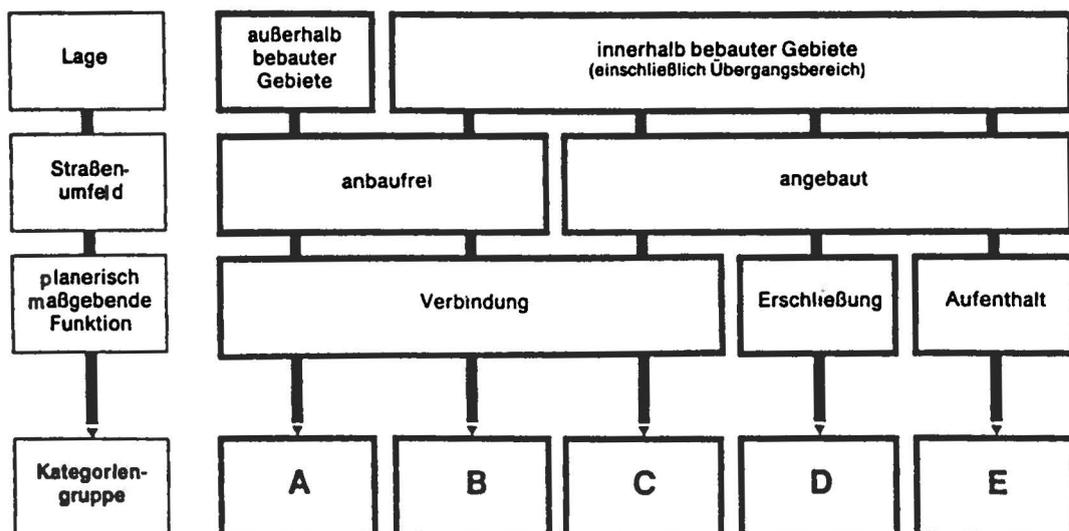


Abb. 3: Kategoriengruppen

Seit Einführung der RAL-K-2 haben sich aufgrund von wissenschaftlichen Untersuchungen und praktischen Erfahrungen weitergehende Erkenntnisse ergeben. Aus diesem Grund sind "Aktuelle Hinweise zur Gestaltung planfreier Knotenpunkte außerhalb bebauter Gebiete" (AH-RAL-K-2) [4] erarbeitet worden, die zur Zeit im Entwurf vorliegen und kurz vor der Veröffentlichung stehen. In der vorliegenden Studie werden diese aktuellen Erkenntnisse bereits berücksichtigt.

Darüberhinaus ist in Deutschland nach der Wiedervereinigung das Richtlinienwerk der Bundesrepublik für das Gebiet der ehemaligen DDR übernommen worden. Dort bestehen zwischen dem tatsächlichen Ausbaustandard der Straßenverkehrsanlagen und den geltenden Empfehlungen der Richtlinien größere Unterschiede als in den westlichen Bundesländern. Gleichzeitig vollzieht sich dort ein überproportionales Wachstum der Motorisierung. Um vorhandene Gefahrenstellen kurzfristig zu entschärfen, liegt der Schwerpunkt der kommenden Aufgaben dort beim Um- und Ausbau des vorhandenen Straßennetzes. Dieser vollzieht sich aber in der Regel unter anderen Bedingungen als der Straßenneubau. Aufgrund vorhandener baulicher Zwangspunkte ist die nutzbare Fläche für Knotenpunkte vielfach vorgegeben und weniger variabel. Daher werden in den "Hinweisen zur Anwendung der Richtlinien für die Anlage von Straßen beim Um- und Ausbau von Straßen in den neuen Bundesländern" [5] Gestaltungsmöglichkeiten aufgezeigt, die im Rahmen der Richtlinien unter den eingeschränkten Randbedingungen Verbesserungen der Situation ermöglichen. Die Hinweise legen den Schwerpunkt auf die Straßen außerhalb bebauter Gebiete (Kategoriengruppe A) und auf anbaufreie Straßen innerhalb bebauter Gebiete (Kategoriengruppe B).

Außer der RAL-K-2 und den genannten aktuellen Empfehlungen sind die Richtlinien für die Anlage von Straßen, Teil: Knotenpunkte, Abschnitt 1: Plangleiche Knotenpunkte (RAS-K-1) zu erwähnen [6]. Diese gelten für den Neu-, Um- und Ausbau plangleicher Knotenpunkte an Straßen der Kategoriengruppe A bis C und für die plangleichen Teilbereiche von Autobahnanschlußstellen. Bei den deutschen Richtlinien wird demnach eine Unterscheidung nach der Ausbauform - planfrei bzw. plangleich - deutlich.

Die Richtlinien führen aus, daß die Teilbereiche eines Knotenpunktes (durchgehende Fahrbahn, Ausfahrbereich, Rampe) in der konstruktiven Ausbildung einheitlich gestaltet werden sollen. Die Einheitlichkeit der Teilbereiche wird höher bewertet als die Anwendung einheitlicher Knotenpunktsysteme. Daher werden die Knotenpunktsysteme in den Richtlinien nur als Prinzipskizzen dargestellt und die Einzelheiten des Entwurfs bei den Teilbereichen behandelt.

Die Richtlinien gehen von dem Grundsatz aus, daß die Charakteristik der knotenpunkt-freien Strecke in den Verbindungsrampen nicht beibehalten wird. Durch die Festlegung der Entwurfselemente soll innerhalb von Verbindungsrampen vielmehr bewußt eine Einschränkung der Freizügigkeit und eine Homogenisierung des Verkehrsablaufs erreicht werden, um damit dem Verkehrsteilnehmer das mit dem Trennen und Zusammenführen von Verkehrsströmen verbundene Sicherheitsrisiko zu verdeutlichen.

Grundsätzlich soll an einem Knotenpunkt die Ausfahrt vor der Einfahrt angeordnet werden. Ein- und Ausfahrten sind an Autobahnen immer auf der rechten Seite der durch-

gehenden Fahrbahnen anzulegen. Außerdem sollten sie in Bereichen gestreckter Linienführung liegen. Einfahrten in engen Rechtskurven sollen wegen der ungünstigen Sichtbedingungen vermieden werden. Ausfahrten in Linkskurven erschweren die Orientierung. Die Ausfahrtrampe innerhalb einer Linkskurve soll daher mit einem deutlichen Rechtsbogen beginnen und nicht tangential aus den durchgehenden Fahrspuren abgehen.

Die durchgehenden Fahrbahnen sollen im Knotenpunkt in ihrer Streckencharakteristik nach Möglichkeit nicht verändert werden. Ihre Entwurfsgeschwindigkeiten entsprechen daher im Regelfall denen der knotenpunktfreien Strecke. Innerhalb von Rampen sind kleinere Entwurfsgeschwindigkeiten zugrunde zu legen. Durch die Wahl der Trassierungselemente kann die von der knotenpunktfreien Strecke abweichende Charakteristik der Rampenfahrbahn verdeutlicht werden.

Der planerisch erwünschte Abstand zwischen planfreien Knotenpunkten ergibt sich aus der Netzfunktion. Der Mindestabstand läßt sich aus den Abstandsorderungen für die wegweisende Beschilderung und aus der angestrebten Qualität des Verkehrsablaufs zwischen aufeinanderfolgenden Knotenpunkten ableiten.

Art des folgenden Knotenpunktes	Erwünschter Mindestabstand *		Zulässiger ** Minimalabstand
	stark belastete Strecke	schwach belastete Strecke	
	1	2	3
Knotenpunkt	2700	2700	600
Anschlußstelle	2200	1700	600
* Abstand zwischen Ende der Beschleunigungsspur und Anfang der Verzögerungsspur des folgenden Knotenpunktes in m			
** bei Unterschreitung des Regelstandards für die Wegweisung			

**Abb. 4: Mindestabstände aufeinanderfolgender Ein- und Ausfahrten an zweispurigen Richtungsfahrbahnen in Deutschland**

Die in den Spalten 1 und 2 genannten Abstände sollten die Regel darstellen. Die Minimalabstände dürfen nicht zwischen mehr als zwei aufeinanderfolgenden Knotenpunkten angewendet werden. Die Werte gelten für zweispurige Richtungsfahrbahnen; für Richtungsfahrbahnen mit mehr als zwei Fahrspuren sind die Mindestabstände nur dann anwendbar, wenn eine besondere Wegweisung vorgesehen ist (z.B. Vorankündigung über mehrere Knotenpunkte hinweg).

## **Frankreich**

Die Grundlage für den Entwurf von Ein- und Ausfahrten in Frankreich werden in den "Instruction sur les Conditions Techniques d' Aménagement des Autoroutes de Liaison" [7] niedergelegt; Ausführungsbeispiele befinden sich in einer "Note d' Information" [8]. Die Richtlinien beziehen sich auf Verbindungsautobahnen; für Stadtautobahnen, Schnellstraßen und andere Landstraßen existieren eigene Vorschriften. Mit diesen neuen Entwurfsrichtlinien werden ältere Generationen von 1971 und 1977 abgelöst. Eine Überarbeitung war nötig geworden, um eine Anpassung an andere Straßenbaurichtlinien vorzunehmen, neue Erkenntnisse aus der Forschung sowie geänderte Verkehrs- bzw. Finanzverhältnisse zu berücksichtigen.

Der Regelabstand zwischen zwei Anschlußstellen in ländlichem Gebiet beträgt 10 bis 30 km. In Gebieten mit dichter Bebauung kann der Abstand auf minimal 1000 m verringert werden. Die Abstandswerte liegen damit deutlich höher als in Deutschland.

## **Großbritannien**

Die Grundlage für den Entwurf von planfreien Knoten stellen zwei aktuelle Richtlinien des Department of Transport dar [9], [10]. Sie ersetzen die Richtlinien von 1986 und berücksichtigen neuere Erkenntnisse der letzten 5 Jahre. Sie gelten für den Neubau und Umbau von Knotenpunkten und Anschlußstellen an Hauptverkehrsstraßen und Autobahnen.

Nach diesen Richtlinien sollen planfreie Knotenpunkte auf Kuppen vermieden werden, da sie Probleme beim Verkehrsablauf in der Ausfahrt verursachen (LKW in der Steigung). Prinzipiell werden Maßnahmen zur Zusammenführung des Verkehrs an Einfahrten als unverzichtbar angesehen. Dazu gehören jedoch nicht unbedingt parallel geführte Einfädelspuren, es gibt auch Einsatzbereiche für keilförmige Einfahrten. Falls der einfahrende Strom stärker ist als der durchgehende, soll der Strom auf der durchgehenden Fahrbahn trotzdem den Vorrang behalten, um eine einheitliche Form der Vorfahrtregelungen beizubehalten. Für den genannten Fall werden Spuradditionen empfohlen. Auch wenn beide Ströme an der Grenze der Leistungsfähigkeit der Spuren liegen, sollen Hilfsspuren in Erwägung gezogen werden.

## **Niederlande**

Die Grundlagen für den Entwurf von Knotenpunkten und Anschlußstellen stellt eine neuzeitliche Richtlinie aus dem Jahr 1993 zusammen [11]. Sie ersetzt die Vorschriften von 1975 und berücksichtigt neuere Forschungsergebnisse und Erfahrungen. Das Dokument enthält sowohl Ausführungen zur Entwurfsphilosophie als auch detaillierte Entwurfsstandards.

Die Richtlinie zerlegt die Knotenpunkte und Anschlußstellen ähnlich wie die entsprechenden deutschen Richtlinien in verschiedene Bausteine, für die dann im einzelnen Angaben

zur Funktion, sinnvollen Lage, zur Entwurfsgeschwindigkeit, Formgebung und Dimensionierung gemacht werden. Der gesamte Knotenpunkt wird aus diesen Bausteinen (Entwurfselementen) zusammengesetzt, wobei die Elemente aufeinander abgestimmt sein müssen; darüber machen die Richtlinien ebenfalls Aussagen.

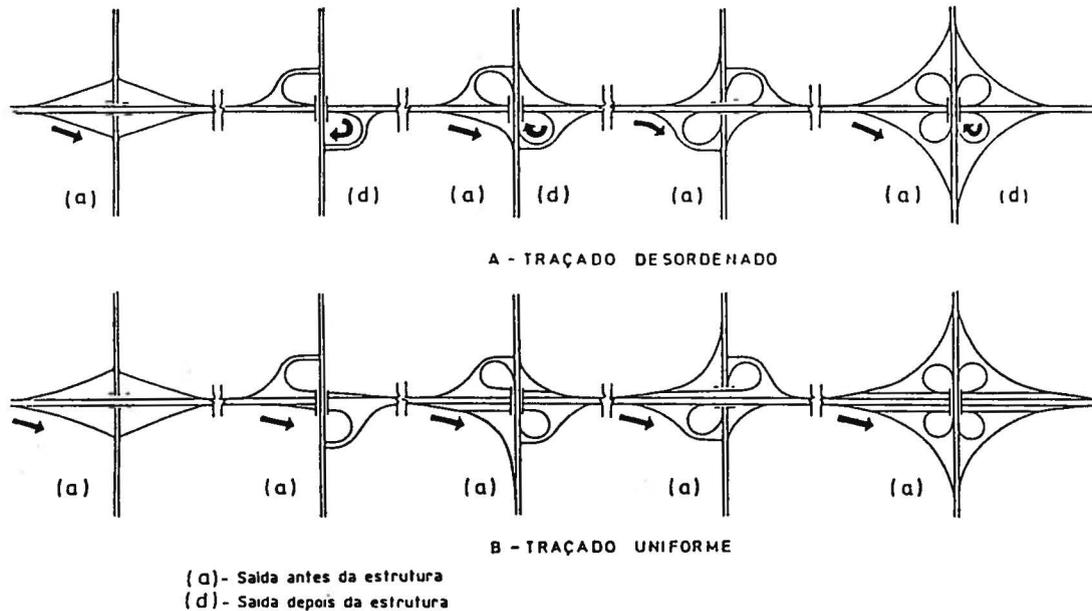
In der Einleitung werden ausführliche Hinweise zu einem funktionsgerechten Entwurf gegeben, wobei Fahrer, Fahrzeug und Straße als Systemkomponenten nacheinander behandelt werden. Beim Fahrer wird auf die Wahrnehmung, Informationsverarbeitung und Reaktion eingegangen; bei der Straße auf deutliche Führungen (Markierung) und die Eindeutigkeit bei der Beschilderung. Die Gestaltung soll dem Fahrer frühzeitig zeigen, ob es sich um einen Knotenpunkt oder eine Anschlußstelle handelt und ob in der Ausfahrt eine deutliche Geschwindigkeitsverminderung nötig ist. Ausfahrten sollen immer Verzögerungsspuren erhalten, damit der Verkehrsablauf auf der durchgehenden Fahrbahn nicht gestört wird.

Die Ein- und Ausfahrten sollen möglichst in geraden Abschnitten der Hauptfahrbahn angelegt werden. Vermieden werden sollen Ausfahrten in Linkskurven bei Radien unter 4000 m und in Rechtskurven bei Radien unter 3000 m (standard) bzw. 1500 m (minimum).

## **Portugal**

Die Grundlage für den Entwurf bildet eine Richtlinie für Knotenpunkte von Verbindungsstraßen [12]. In den Entwurfsgrundsätzen wird ausführlich auf die Einheitlichkeit der Ausbauf orm von Autobahnknotenpunkten eingegangen. Dies ist vor dem Hintergrund zu sehen, daß Portugal bisher nur ein kleines Autobahnnetz besitzt. Für die Zukunft ist ein weiterer Ausbau geplant, mit dem auch neue und kompliziertere Knotenpunkte verbunden sind. Damit dabei keine Überforderungen der Verkehrsteilnehmer entstehen, werden möglichst einheitliche und einfache Formen der Knotenpunktgestaltung vorgeschlagen. In diesem Zusammenhang wird in den Richtlinien empfohlen, im Zuge einer Trassierung Anschlußtypen zu wählen, bei denen die Ausfahrt immer vor der querenden, untergeordneten Straße liegt. Der Kraftfahrer soll den Ausfahrbereich erreichen, bevor er das Brückenbauwerk mit der untergeordneten Straße passiert.

Aus Gründen der Sicherheit und des Verkehrsablaufs werden in den portugiesischen Richtlinien Beschleunigungs- und Verzögerungsspuren an Anschlußstellen vorgeschrieben. Die Ausfahrten und Einfahrten sollen möglichst in der Geraden liegen. Läßt sich die Lage in einer Kurve nicht vermeiden, soll die Rampe den gleichen Radius erhalten wie die durchgehende Fahrbahn. Dies steht im Gegensatz zu den deutschen Richtlinien, nach denen eine Ausfahrt in einer Linkskurve nicht tangential sondern mit einem deutlichen Rechtsbogen abgehen soll. Die Problematik der Ausfahrt in der Linkskurve wird in den portugiesischen Richtlinien aber ebenfalls gesehen. Die Situation soll möglichst vermieden werden; eine Möglichkeit wird darin gesehen, die Ausfahrt vor der Kurventangente der durchgehenden Fahrbahn beginnen zu lassen. Der empfohlene Abstand zwischen zwei Knotenpunkten beträgt 4 km.



**Abb. 5: Einheitliche Gestaltung der Ausfahrt in Portugal**

### Belgien

Für Belgien gibt es aufgrund der Verwaltungseinteilung in Flandern, Wallonien und das Großstadtgebiet von Brüssel unterschiedliche Richtlinien für diese drei Gebiete. Für die Auswertungen wurden Unterlagen des wallonischen Verkehrsministeriums herangezogen [13]. Die Richtlinien ersetzen ältere Vorschriften von 1981 und 1970. Sie beziehen sich auf Autobahnen, wobei der Schwerpunkt auf Autobahnen außerhalb bebauter Gebiete liegt. Die Richtlinien gehen nur sehr knapp auf Ein- und Ausfahrten ein, es werden keine Angaben über Entwurfsgrundsätze gemacht.

### Irland

Für den Entwurf von Autobahnen wird in Irland das Regelwerk von Großbritannien angewendet. Darüberhinaus stand eine Richtlinie für plangleiche Knotenpunkte zur Verfügung [14]. Darin werden Ein- und Ausfädelungsspuren an Landstraßen bei Entwurfsgeschwindigkeiten  $v_e > 80$  km/h empfohlen.

## **Italien**

Aus Italien standen leider nur Richtlinien für städtische Hauptverkehrsstraßen zur Verfügung [15]. Sie sehen für Straßen mit Entwurfsgeschwindigkeiten von  $v_e \geq 60$  km/h Beschleunigungs- und Verzögerungsspuren vor.

## **Dänemark**

Aus Dänemark stand ein Richtlinienordner zur Verfügung, der leider nicht vollständig war [16]. Hinsichtlich der Entwurfsgrundsätze konnte daraus entnommen werden, daß zwischen zwei Anschlußstellen bzw. Knotenpunkten ein Mindestabstand von 1000 m empfohlen wird.

## **Spanien**

Aus Spanien stand eine Entwurfsrichtlinie aus dem Jahr 1990 zur Verfügung, die ältere Regelwerke aus den Jahren 1964 bis 1976 ablöst. Sie gilt für "autopistas", "autovías", "vias rápidas" und konventionelle Landstraßen sowohl innerhalb als auch außerhalb bebauter Gebiete. Für Entwurfsgeschwindigkeiten über 60 km/h oder wenn die Verkehrsstärke größer als 200 Fahrzeuge/Stunde ist, wird die Anlage von Beschleunigungs- und Verzögerungsspuren empfohlen.

## **4.2 Entwurfselemente der Verbindungsrampen**

### **Deutschland**

In den deutschen Richtlinien werden zunächst zwei Rampengruppen unterschieden:

Rampengruppe 1: Verbindung zweier Autobahnen untereinander (planfrei-planfrei)

Rampengruppe 2: Verbindung einer Autobahn mit einer untergeordneten Straße (planfrei-plangleich)

Für beide Rampengruppen gibt es drei Führungsmöglichkeiten: direkte, halbdirekte und indirekte Verbindungsrampen.

Für die verschiedenen Führungsmöglichkeiten werden in beiden Rampengruppen Entwurfsgeschwindigkeiten empfohlen, wobei noch eine Unterscheidung nach "angepaßter" und "nicht angepaßter" Linienführung getroffen wird.

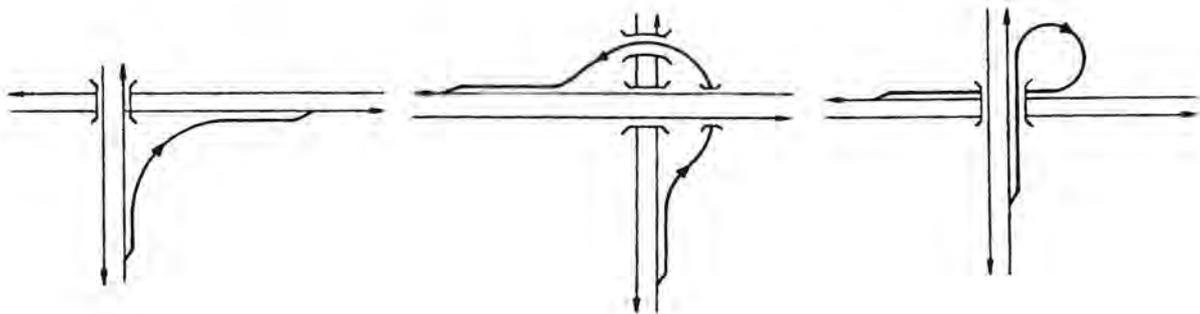


Abb. 6: Führungsmöglichkeiten von Verbindungsrampen in den deutschen Richtlinien

Rampentyp (Verkehrsführung)	Rampengruppe 1 planfrei - planfrei		Rampengruppe 2 planfrei - plangleich	
	Linienführung			
	nicht angepaßt	angepaßt	nicht angepaßt	angepaßt
direkt	60-80	50-60	40-60	40-60
halbdirekt	60-80	40-60	—	40-60
indirekt	40	Ausfahrt 40 Einfahrt 30	40	Ausfahrt 30-60 Einfahrt 40-60
(direkt)	Verteilerfahrbahn 60-80		40-80	

Abb. 7: Rampentypen und empfohlene Entwurfsgeschwindigkeiten in den deutschen Richtlinien

Entwurfsэлемент	Kurzbezeichnung	Grenzwerte der Entwurfsэлеmente für Entwurfsgeschwindigkeit $V_e$ [km/h]					
		30	40	50	60	70	80
Kurvenmindestradius	R [m]	25	50	80	130	190	280
Höchstlängs-Steigung neigung Gefälle	+s [‰]	5,0					
	-s [‰]	6,0					
Kuppenmindesthalbmesser	$H_K$ [m]	500	1000	1500	2000	2800	4000
Wannenmindesthalbmesser	$H_W$ [m]	250	500	750	1000	1400	2000
Mindestquerneigung	q [‰]	2,5					
Höchstquerneigung in Kurven	q <sub>K</sub> [‰]	6,0					
Anrampungsmindestneigung	$\Delta s$ [‰]	0,1 · a a = Abstand des Randes von der Drehachse [m]					
Mindesthaltesichtweite	$S_h$ [m]	25	30	40	60	85	115

Abb. 8: Grenzwerte der Entwurfsэлеmente von Rampen in den deutschen Richtlinien

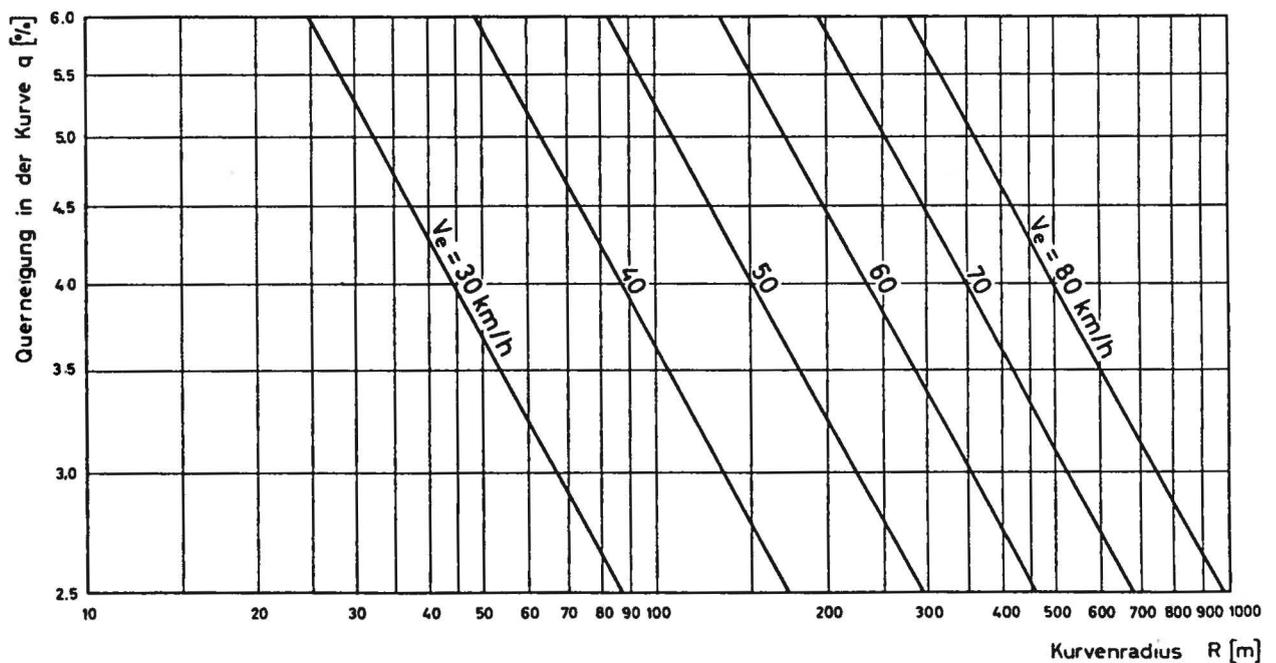


Abb. 9: Querneigung in der Kurve in den deutschen Richtlinien

Die Entwurfsgeschwindigkeiten bewegen sich zwischen 30 und 80 km/h. In Abhängigkeit von der Entwurfsgeschwindigkeit werden die Grenzwerte für die Trassierungselemente angegeben. Danach sollen die Kurvenmindestradien Werte zwischen 25 und 280 m haben, die Kuppenmindesthalbmesser 500 bis 4000 m und die Wannemindesthalbmesser 250 bis 2000 m. Für die Mindesthaltesichtweite schwanken die Werte zwischen 25 und 115 m. Unabhängig von der Entwurfsgeschwindigkeit werden Höchstlängsneigungen von 5 % bzw. -6 % und Grenzwerte für die Querneigung von 2,5 bis 6,0 % angegeben. Die bei Kurven mit unterschiedlichen Radien erforderlichen Querneigungen werden in Abhängigkeit von der Entwurfsgeschwindigkeit dargestellt.

Im Entwurf zu den "Aktuellen Hinweisen zur Gestaltung planfreier Knotenpunkte" [4] werden in Abweichung zu den genannten Zahlen Höchstquerneigungen von 7 % anstatt 6 % zugelassen, in begründeten Ausnahmefällen sogar 8 %. Die Höchstlängsneigung beträgt hiernach in der Steigung 6 % (früher 5 %) und im Gefälle 7 % (früher 6 %). Für die Kurvenmindestradien werden in Abhängigkeit von der Entwurfsgeschwindigkeit ebenfalls veränderte Werte angegeben:

$v_e$ (km/h)	:	30	40	50	60	70	80
$R_{min}$ (m)	:	25	45	75	120	175	250

Die für Verbindungsrampen anzuwendenden Querschnitte und ihre Einsatzgrenzen sind in einem gemeinsamen Diagramm dargestellt. Dabei ist zu berücksichtigen, daß Schleifenrampen (indirekte Führung) immer den Querschnitt  $Q_1$  erhalten sollen.

Im Entwurf zu den "Aktuellen Hinweisen zur Gestaltung planfreier Knotenpunkte" [4] werden auch diese Einsatzgrenzen angehoben. Danach wird erst ab 1200 Kfz/h der Einsatz des Typs  $Q_3$  empfohlen und der Querschnitt  $Q_1$  kann für Verkehrsstärken von 300 bis 1200 Kfz/h bis zu einer Rampenlänge von 350 m angewendet werden (siehe auch gestrichelte Linien im Diagramm). Außerdem wird empfohlen, die Randstreifen in einer Breite von 0,25 m anstatt 0,50 m auszuführen.

Damit in Ausfahrten möglichst frühzeitig die Inselfspitze gut erkennbar ist und die Geschwindigkeit ausfahrender Fahrzeuge gedrosselt wird, soll der Abgangswinkel an der Inselfspitze nach der RAL-K-2 mindestens 12 gon betragen. Dieser Wert kann bei schwierigen Lageverhältnissen auf 6 gon gesenkt werden.

Querschnitt		Abmessungen [m]	Einsatzgrenzen
Kurzbezeichnung	Bezeichnung		
Q1	einspuriger Querschnitt mit überbreiter Fahrspur		
Q2	zweispuriger Querschnitt		
Q3	zweispuriger Querschnitt mit Standspur		
Q4	zweispurige Gegenverkehrsfahrbahn		

<sup>1)</sup> 1,0m möglich in Einschnitten und auf Dämmen, die keine Schutzplanken erfordern.  
<sup>2)</sup> bei  $R \neq 130$  m ist nach Ziffer 5.2.3.4. eine Fahrbahnverbreiterung erforderlich.  
<sup>3)</sup> Definition siehe Ziffer 5.2.3.1.

Abb. 10: Querschnitte von Verbindungsrampen in den deutschen Richtlinien

## Frankreich

Verbindungsrampen sollen in Frankreich in der Regel einspurig angelegt werden. Als maximale Leistungsfähigkeit werden 1500 Kfz/h angegeben. Empfohlen werden zweispurige Rampen jedoch schon ab 5000 Kfz/Tag oder 700-800 Kfz/h. Einspurige Rampen haben eine Fahrspurbreite von 4 m, zweispurige eine Breite von 7 m. In Kurven mit Radien unter 100 m wird die Spur entsprechend der Formel  $S = 50/R$  (S und R in m) verbreitert. Bei einem Radius von 50 m beträgt die Spurbreite dann 5 m. Hinzu kommen 2,0 m für eine Standspur und für weitere Seitenbereiche 0,5 m innen sowie 1,0 m außen. Die befestigte Breite einer einspurigen Rampe liegt damit etwa zwischen 6 und 7 m.

Für die Trassierungselemente der Rampen wird keine Entwurfsgeschwindigkeit genannt. Vielmehr werden ein minimaler Kurvenradius von  $R_{\min} = 40$  m und ein maximaler von  $R_{\max} = 75$  m angegeben. Die maximale Längsneigung beträgt im Gefälle 7 % und in der Steigung 6 %. Beide Werte werden auf 5 % beschränkt, wenn die Gefahr von Glätte besteht oder der Radius kleiner als 100 m ist. Als minimaler Kuppenhalbmesser werden

2000 m und als minimaler Wannenhalmesser 1000 m genannt. Die minimale Querneigung beträgt 2,5 %, der maximale Wert wird mit 7 % angegeben (6 % bei Glättefahr).

### Großbritannien

Ähnlich wie die Unterteilung in zwei Rampengruppen in den deutschen Richtlinien unterscheiden die britischen Richtlinien Verbindungsrampen für Autobahnknotenpunkte (Interchange links) und solche für Anschlußstellen (Slip Roads). Die Entwurfsgeschwindigkeit für Interchange links beträgt 85 km/h, für Slip roads 70 km/h. Wenn eine Rampe in einer Anschlußstelle länger als 750 m ist, soll sie wie eine Knotenpunktsrampe entworfen werden. Als Einsatzgrenze für einspurige Rampen werden 1350 Kfz/h genannt. Bei höheren Belastungen sind die Rampen zweispurig anzulegen. Einspurige Rampen sollen darüberhinaus nicht länger als 1 km sein. Für die Bestimmung der Bemessungsverkehrsstärke werden Korrekturfaktoren genannt, die in Abhängigkeit von der Gradienten und dem LKW-Anteil die vorhandene Verkehrsbelastung um bis zu 45 % erhöhen können.

Die Querschnitte der Rampen variieren für die Autobahnen in Abhängigkeit von der Rampenart und der Verkehrsmenge. Die Spurbreiten betragen in der Regel 3,7 m für einspurige und 7,3 m für zweispurige Rampen. Hinzu kommen Standspuren von 2,3 bzw. 3,3 m Breite. Für Ausfahrten gibt es noch eine Zwischenform: eine 2-spurige Rampe mit 6,0 m Fahrstreifen und 1,0 m Standspur.

### Niederlande

Für den Entwurf der Rampen spielen in den niederländischen Richtlinien die ausführlichen Bestimmungen zur Entwurfsgeschwindigkeit eine wichtige Rolle. Die Diskontinuität im Verkehrsablauf beim Übergang von der Hauptfahrbahn in eine Rampe soll durch ein System abgestufter Entwurfsgeschwindigkeiten dem Fahrer deutlich gemacht werden und ein sicheres Fahrverhalten induzieren. Diese sogenannte "stappentheorie" führt bei einer Standardausfahrt zu den folgenden Geschwindigkeitsstufen, denen auch empfohlene Radien für die Rampen zugeordnet werden:

$v_e$ (km/h)	:	50	70	90	120
$R_{min}$ (m)	:	65 bis 85	170 bis 225	300 bis 500	750

Werden ausreichend lange Verzögerungsstrecken vorgeschaltet, so können die kleinen Radien auch direkt an das Ende der Verzögerungsstrecke angeschlossen werden. Wenn die Rampe zweispurig ist, soll als kleinste Entwurfsgeschwindigkeit  $v_e = 70$  km/h angewendet werden. Die Einsatzgrenze für einspurige Rampen wird mit 1500 Kfz/h angege-

ben. Bei Rampenlängen von über 500 m werden in Abhängigkeit von der Fahrzeugmenge ebenfalls zweispurige Rampen empfohlen.

### **Portugal**

Für die Rampen werden Entwurfsgeschwindigkeiten zwischen 25 und über 70 km/h vorgeschlagen. Die empfohlenen Radien bewegen sich zwischen 35 und 60 m. In Abhängigkeit von den Radien kommen Spurbreiten zwischen 4,0 und 6,0 m zum Einsatz. Die maximale Längsneigung beträgt 8 %.

### **Belgien**

In den ausgewerteten Richtlinien wurden wenige Angaben zu Einsatzgrenzen oder Trassierungselementen der Rampen gemacht. Der Querschnitt einer Rampe soll 3,75 m betragen, wenn der Radius  $R \geq 200$  m ist. Bei kleineren Radien soll die Rampe auf 5 m verbreitert werden. Außerdem werden die Rampenquerschnitte immer mit einer Standspur ausgeführt.

### **Irland**

Über die Rampen werden in den irländischen Richtlinien keine Aussagen gemacht, da es sich nur um plangleiche Knotenpunkte handelt.

### **Italien**

In den Richtlinien werden kurze Angaben zu den Entwurfselementen der Rampen gemacht. Danach beträgt der minimale Kurvenradius  $R_{\min} = 65$  m. Als maximale Längsneigungen werden 5 % bei Steigungen und 6 % im Gefälle angegeben. Die Querneigung soll 7 % nicht überschreiten; die maximalen Ausrundungshalbmesser für Kuppen betragen 1000 m und für Wannen 600 m.

### **Dänemark**

In den dänischen Richtlinien werden für die Rampen von Ein- und Ausfahrten detaillierte Längenangaben in Abhängigkeit vom Rampentyp, der Neigung und des Rampenradius gemacht. Es wird unterschieden nach Direktrampen ohne Radius, Tangentialrampen mit Radien zwischen 40 und 70 m und Schleifenrampen mit Radien zwischen 40 und 150 m.

Bei den Direktrampen ohne Radius betragen die Längen von der untergeordneten Straße bis zur Inselfspitze 470 m für Einfahrtrampen und 184 m für Ausfahrtrampen. Diese Rampen stellen die Beschleunigungs- bzw. Verzögerungsstrecken dar; daran schließen sich keilförmige Ein- bzw. Ausfahrten an. Es gibt keine parallelen Ein- und Ausfädelungsspuren. Bei Tangentialrampen werden die Längen vom Bogenende bis zur Inselfspitze gemessen. Sie betragen für die Beschleunigungsstrecken 430 m nach einem Radius von  $R=40$  m und 385 m im Anschluß an einen Radius von  $R=70$  m. Die entsprechenden Werte betragen für die Verzögerungsstrecken 152 bzw. 130 m. Bei den Schleifenrampen variieren die Längen für Beschleunigungsstrecken von 430 m bei  $R=40$  m bis 260 m bei  $R=150$  m; die entsprechenden Werte für die Verzögerungsstrecken von 152 m bis 89 m.

Die Standardrampe ist einspurig und hat eine 3,5 m breite Fahrspur zuzüglich Markierung auf beiden Seiten. Auf der linken Seite befindet sich ein 2,0 m breites Bankett, auf der rechten wird eine 2,5 m breite Standspur angelegt.

## **Spanien**

Über die Ausgestaltung der Rampen konnten keine Angaben ausgewertet werden.

### **4.3 Entwurfselemente der Ein- und Ausfahrten**

#### **Deutschland**

Für die Ausbildung des Einfahrbereiches ist von Bedeutung, daß die Geschwindigkeitsdifferenzen zwischen einfahrenden und durchfahrenden Fahrzeugen möglichst gering sein sollten. Für die Ausfahrbereiche spielen neben seiner Bedeutung als Verzögerungsbereich für ausfahrende Fahrzeuge insbesondere die Fragen der Erkennbarkeit eine wesentliche Rolle. Aus diesen Gründen sind Ein- und Ausfahrten in der Regel mit Einfädelungs- bzw. Ausfädelungsspuren auszuführen.

Für die Ausbildung der Ein- und Ausfahrbereiche ist der vorgesehene Rampenquerschnitt entscheidend. In den Abbildungen sind Standardtypen für ein- und zweispurige Führungen dargestellt. Bei den Einfahrtstypen E1 und E2 wird die Verbindungsrampe vor Erreichen der Inselfspitze mit Sperrflächen eingeeengt. Beim Typ E1 wird die Fahrbahn von 5,0 auf 3,5 m verzogen, beim Typ E2 wird der zweispurige Querschnitt ebenfalls auf eine Spur verzogen, um einspurige Einfädelungsvorgänge zu erzwingen.

In Abhängigkeit von den Verkehrsstärken in der Einfahrrampe und in der durchgehenden Fahrbahn sind in einem Diagramm Einsatzgrenzen für die Einfahrtstypen dargestellt. Für die Typen E1 und E2 sind zusätzlich verschiedene Qualitäten des Verkehrsablaufs in einer weiteren Zeichnung ablesbar. Im Entwurf zu den "Aktuellen Hinweisen zur Gestaltung planfreier Knotenpunkte außerhalb bebauter Gebiete" [4] sind veränderte Einsatzgrenzen angegeben, die sich aus der Anhebung der Grenzbelastung zwischen ein- und zweispurigen Rampen von 1000 auf 1200 Kfz/h ergeben.

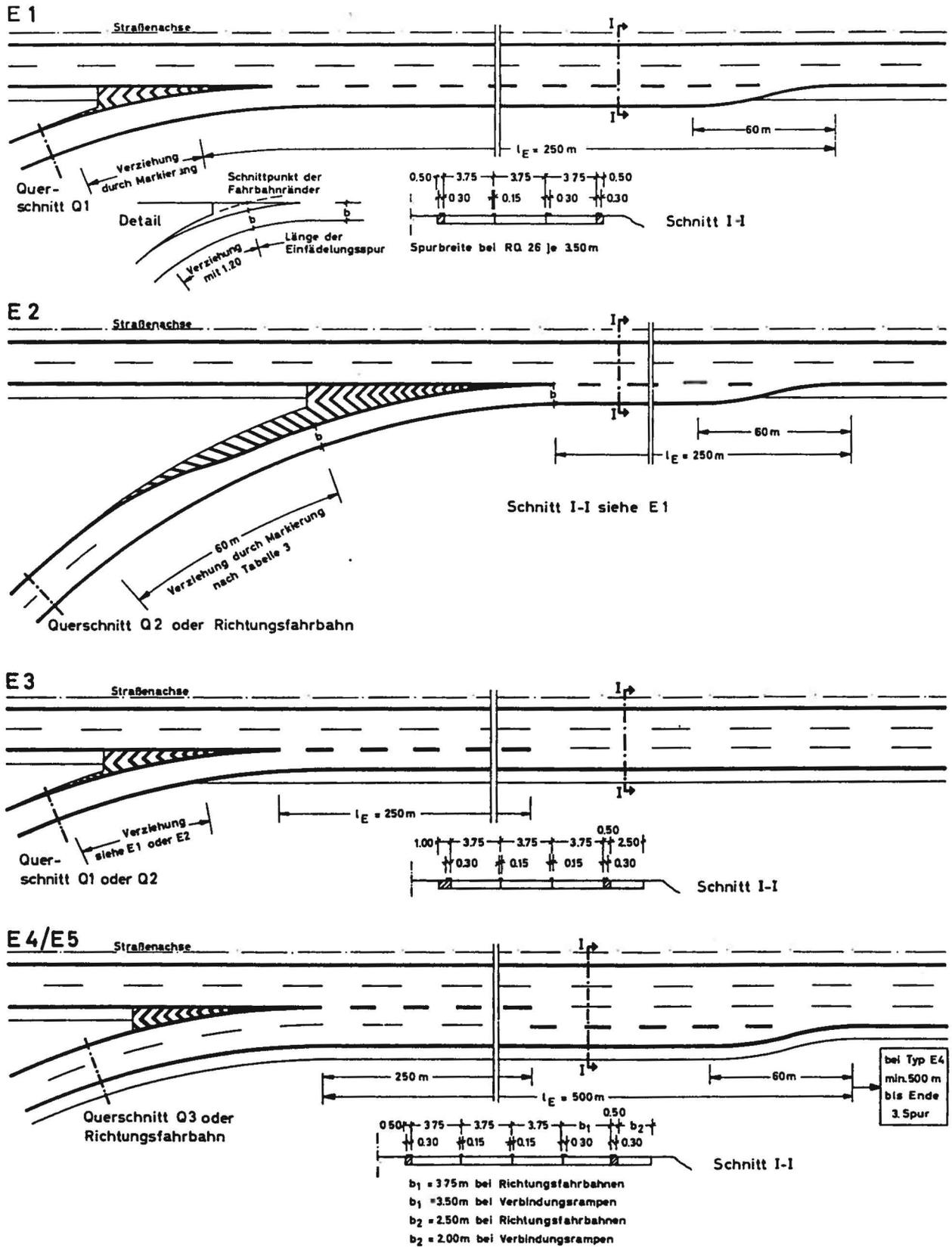


Abb. 11: Typen von Einfahrten an durchgehenden Fahrbahnen in den deutschen Richtlinien

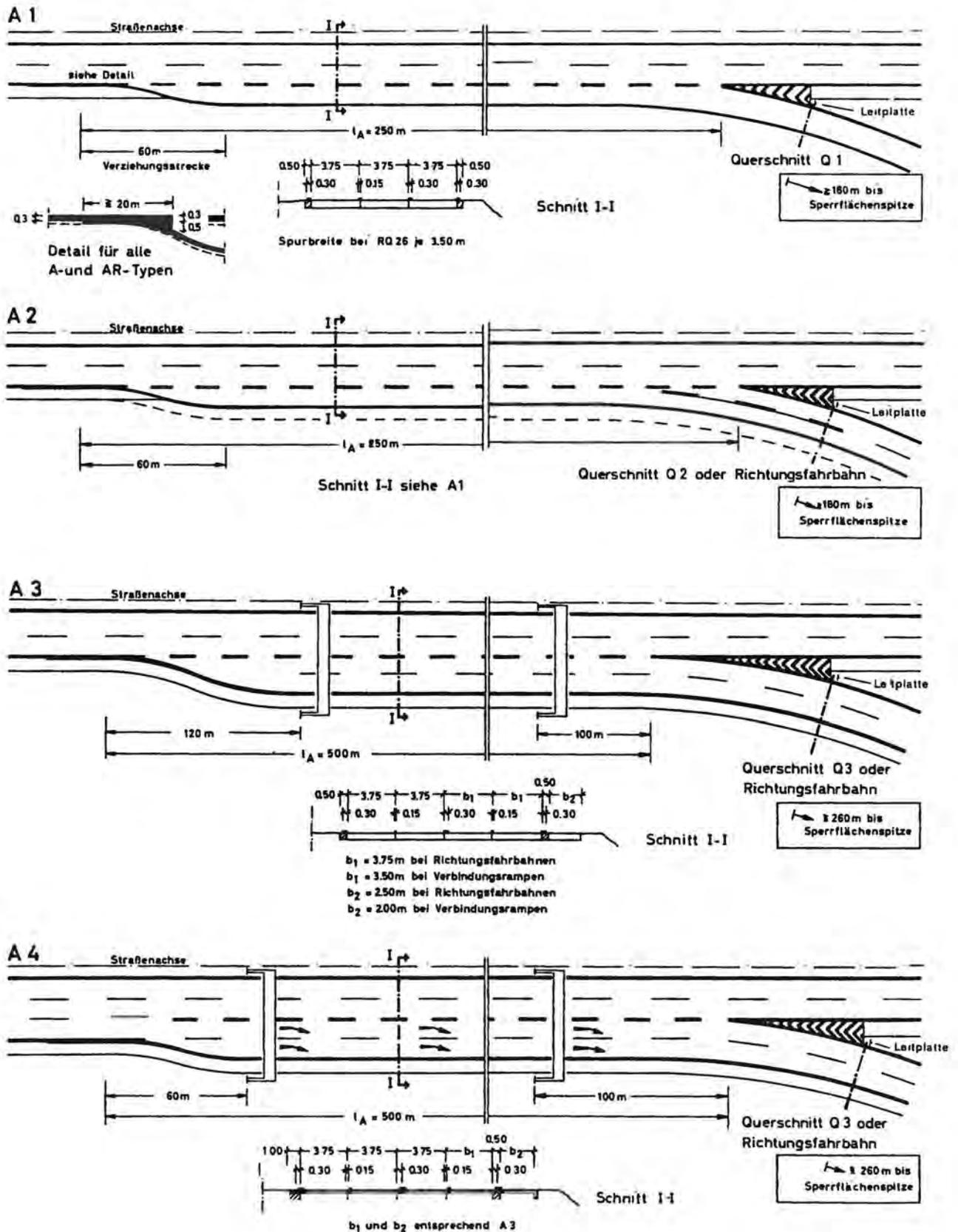
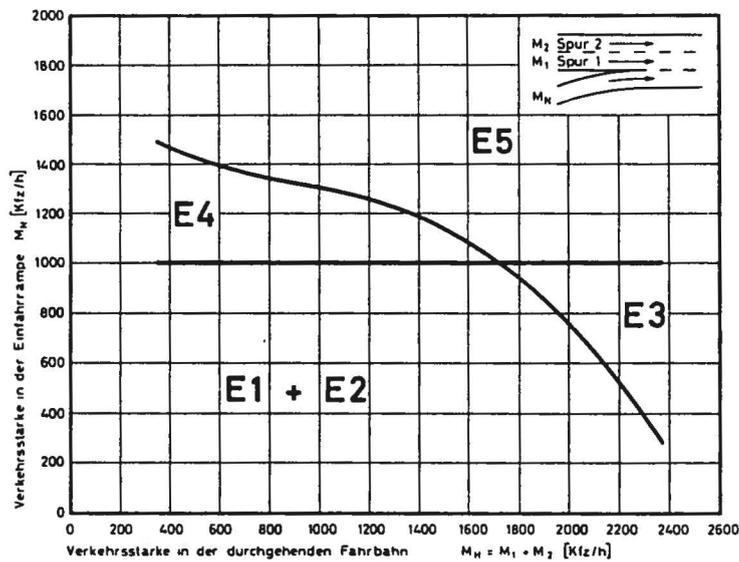
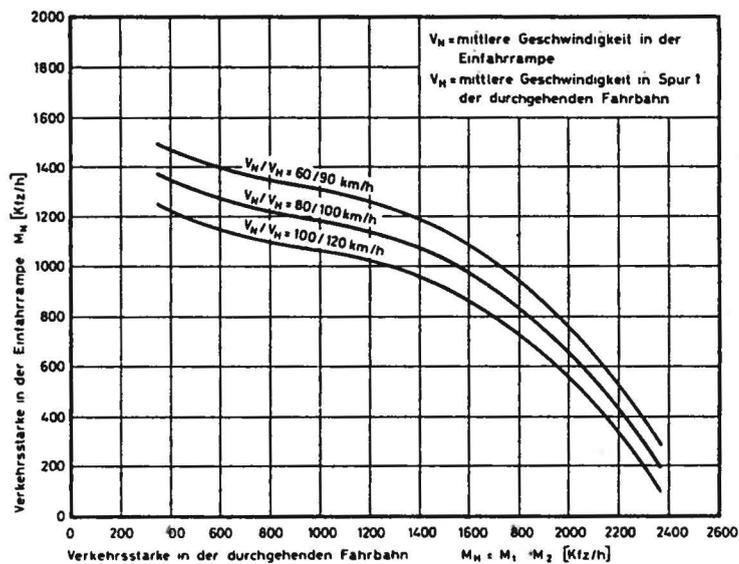


Abb. 12: Typen von Ausfahrten an durchgehenden Fahrbahnen in den deutschen Richtlinien



**Abb. 13: Einsatzgrenzen für Einfahrten an durchgehenden Fahrbahnen in den deutschen Richtlinien**



**Abb. 14: Zulässige Verkehrsstärke in einspurigen Einfahrten (E1, E2) für verschiedene Qualitäten des Verkehrsablaufs in den deutschen Richtlinien**

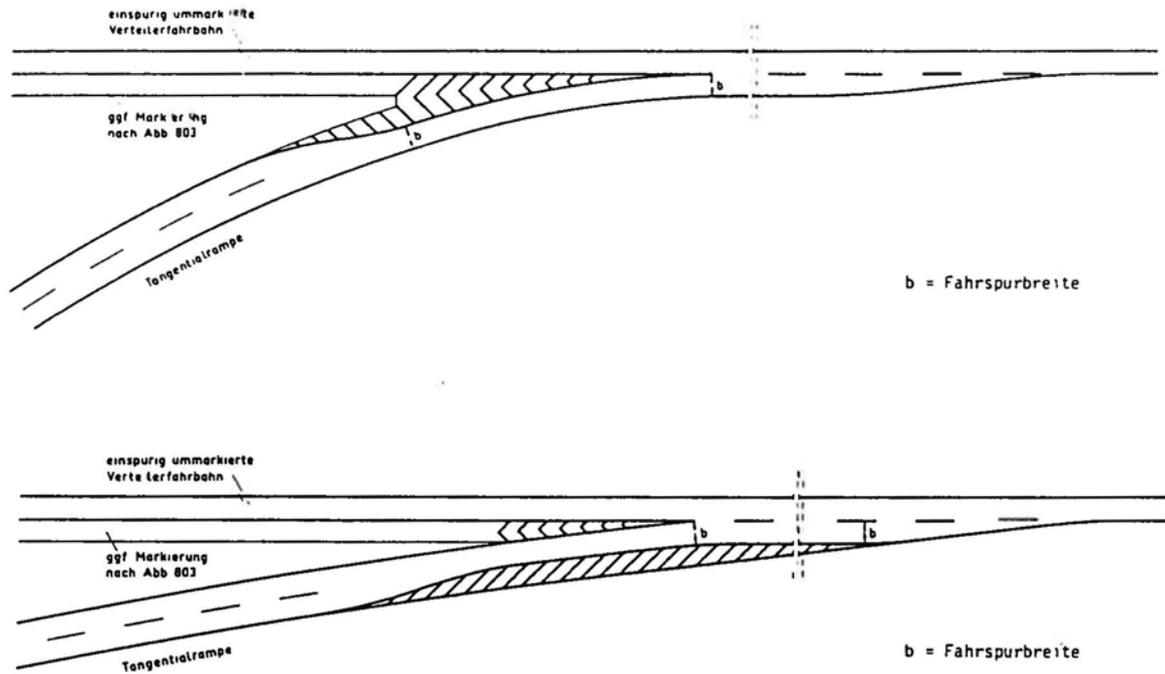
Die Länge von Einfädelungsspuren beträgt in der Regel 250 m. Darin enthalten ist die normalerweise 60 m lange Verziehungsstrecke. Gleiche Abmessungen gelten für Ausfädelungsspuren. Bei den Typen A1 und A2 können größere Längen bei mehr als zwei Fahrspuren in der Richtungsfahrbahn oder bei einem großen Anteil an Schwerlastverkehr zweckmäßig sein. Längen von 500 m sollen jedoch nie überschritten werden. Ein- und Ausfädelungsspuren erhalten die gleiche Breite wie die durchgehenden Fahrspuren.

An Ein- und Ausfahrten innerhalb von Verbindungsrampen (im Autobahnknotenpunkt) können geringere Anforderungen gestellt werden als an durchgehenden Fahrbahnen (Anschlußstelle). So liegt beispielsweise die Standardlänge der Ein- bzw. Ausfahrtöffnung bei 150 m anstatt 250 m.

Bei planfreien Knotenpunkten an zweispurigen Straßen (Nicht-Autobahn) sollen ebenfalls Ein- und Ausfädelungsspuren angelegt werden. Die "Aktuellen Hinweisen zur Gestaltung planfreier Knotenpunkte" [4] empfehlen eine Länge von 150 m.

Ältere Autobahnknotenpunkte und insbesondere die Knotenpunkte in den neuen Bundesländern entsprechen häufig nicht den Standards der Richtlinien. So haben die meisten Autobahnen keine Beschleunigungs- oder Verzögerungsspuren; große Abschnitte des Netzes besitzen keine Standspur. Durch Ummarkierung und einfache bauliche Veränderungen können die Ein- und Ausfahrten in ihrer Sicherheit und Leistungsfähigkeit verbessert werden. Als wichtigste Maßnahmen sind zu nennen:

- 1) Zweispurige Tangentialrampen sollten vor der Einführung in einspurig ummarkierte Verteilerfahrbahnen generell auf eine Fahrspur verengt werden. Dazu ist in der Regel in der linken Rampenspur eine Sperrfläche anzulegen. Weist die Einfädelungsspur eine Länge unter 150 m auf, ist die Sperrfläche auf der rechten Rampenspur zu markieren, um eine möglichst frühzeitige Parallelstellung der Einfahrer zu erreichen. Ergibt sich trotz rechtsliegender Sperrfläche nur eine kurze Einfädelungsspur, so können Geschwindigkeitsbeschränkungen den Verkehrsablauf und die Verkehrssicherheit verbessern: bei Längen von 100 bis 150 m werden 80 km/h und bei Längen unter 100 m 60 km/h empfohlen.
- 2) An durchgehenden Fahrbahnen sollten vorhandene Standspuren in parallele Einfädelungs- oder Ausfädelungsspuren ummarkiert werden. Anzustreben ist auch eine Verbreiterung der Standspur um 1 m.
- 3) Ist eine Verlängerung des Einfahrbereiches über den Endpunkt hinaus nicht möglich, so kann eventuell durch eine Verlegung der Tangentialrampe eine Verbesserung erzielt werden.



**Abb. 15: Verbesserung der Einfahrsituation durch Ummarkierung**

### Frankreich

Bei der Gestaltung der Ein- und Ausfahrbereiche in Frankreich lässt sich ein wesentlicher Unterschied zu den deutschen Entwurfsvorschlägen feststellen. Dieser betrifft die Ausfahrbereiche. Während bei den Einfahrten genauso wie in Deutschland eine parallele Einfädelungsspur angelegt wird, geht die Ausfädelungsspur in Frankreich keilförmig von der durchgehenden Fahrbahn ab. In Abhängigkeit von dem Radius der Rampe wird dann noch eine Verzögerungsstrecke dazwischengeschaltet. Es wird jedoch keine parallele Ausfädelungsspur angelegt.

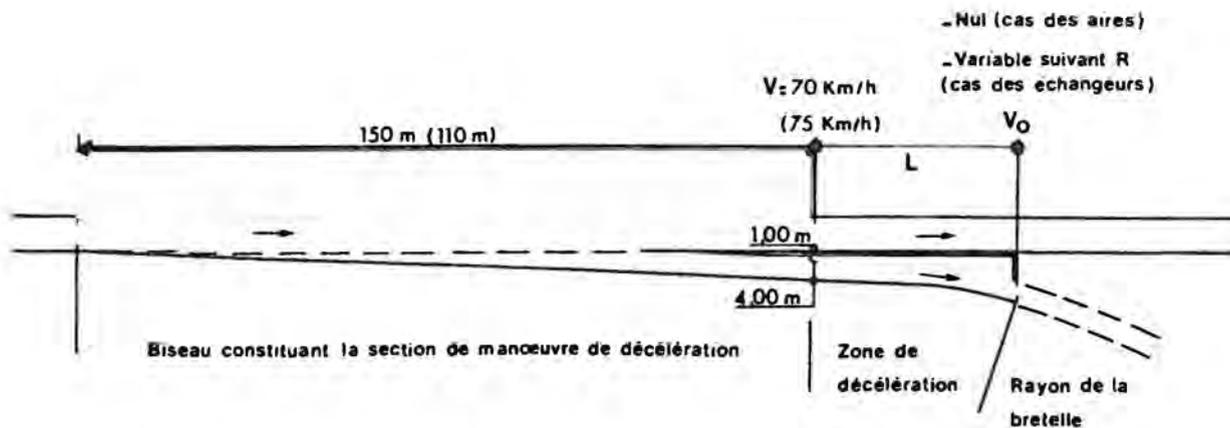


Abb. 16: Einspurige Ausfahrt in Frankreich

Die Länge der keilförmigen Ausfahrt beträgt in der Regel 150 m, sie kann bis auf 110 m verringert werden. Dieser Wert ist mit der Länge  $l_A$  bei deutschen Ausfahrten zu vergleichen: zwischen Beginn der Verziehung und Inselspitze. Er liegt in Frankreich deutlich niedriger. Die französischen Richtlinien gehen davon aus, daß die Kraftfahrzeuge an der Inselspitze eine Geschwindigkeit von 70 km/h haben. Dies bedeutet, daß die Fahrer am Beginn des Ausfahrkeiles nur 90 km/h fahren dürfen, da als mittlerer Verzögerungswert auf der Manövrierstrecke  $0,8 \text{ m/sec}^2$  angegeben wird.

Die Längen der Verzögerungsstrecke betragen zwischen 0 und 85 m abhängig von dem folgenden Radius; als Verzögerung werden auf diesem Abschnitt  $1,5 \text{ m/sec}^2$  angenommen.

Der Einfahrbereich ist ähnlich wie in Deutschland gestaltet. Es wird nach der Inselspitze eine 200 m lange parallele Einfädelungsspur angelegt, die anschließende Verziehungsstrecke ist 120 m lang. Zwischen der Rampe und der Einfädelungsstrecke wird noch eine Beschleunigungsstrecke eingefügt, die in Abhängigkeit von dem Rampenradius 0 bis 55 m lang sein kann (angenommene Beschleunigung  $1 \text{ m/sec}^2$ ).

Ein interessantes Entwurfsprinzip findet in Frankreich Anwendung, wenn aufgrund der Verkehrsmenge zweispurige Rampen nötig sind. Diese Rampen sollen dann immer mit Spuradditionen an die durchgehende Fahrbahn angeschlossen werden. Dies führt zu sehr aufwendigen Lösungen wie sie in den Abbildungen dargestellt sind. Dabei ergeben sich für Einfahrbereiche Gesamtlängen von 1200 bis über 4000 m, für Ausfahrbereiche 240 bis 2250 m.

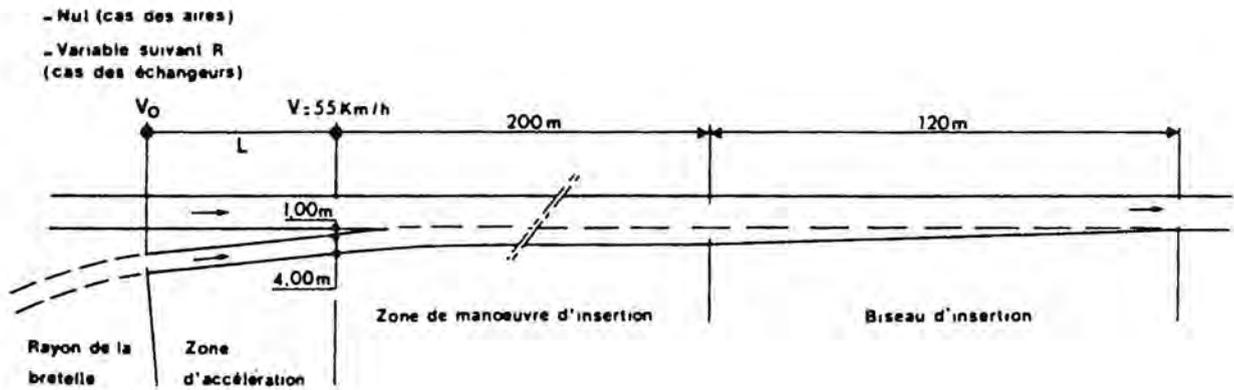


Abb. 17: Einspurige Einfahrt in Frankreich

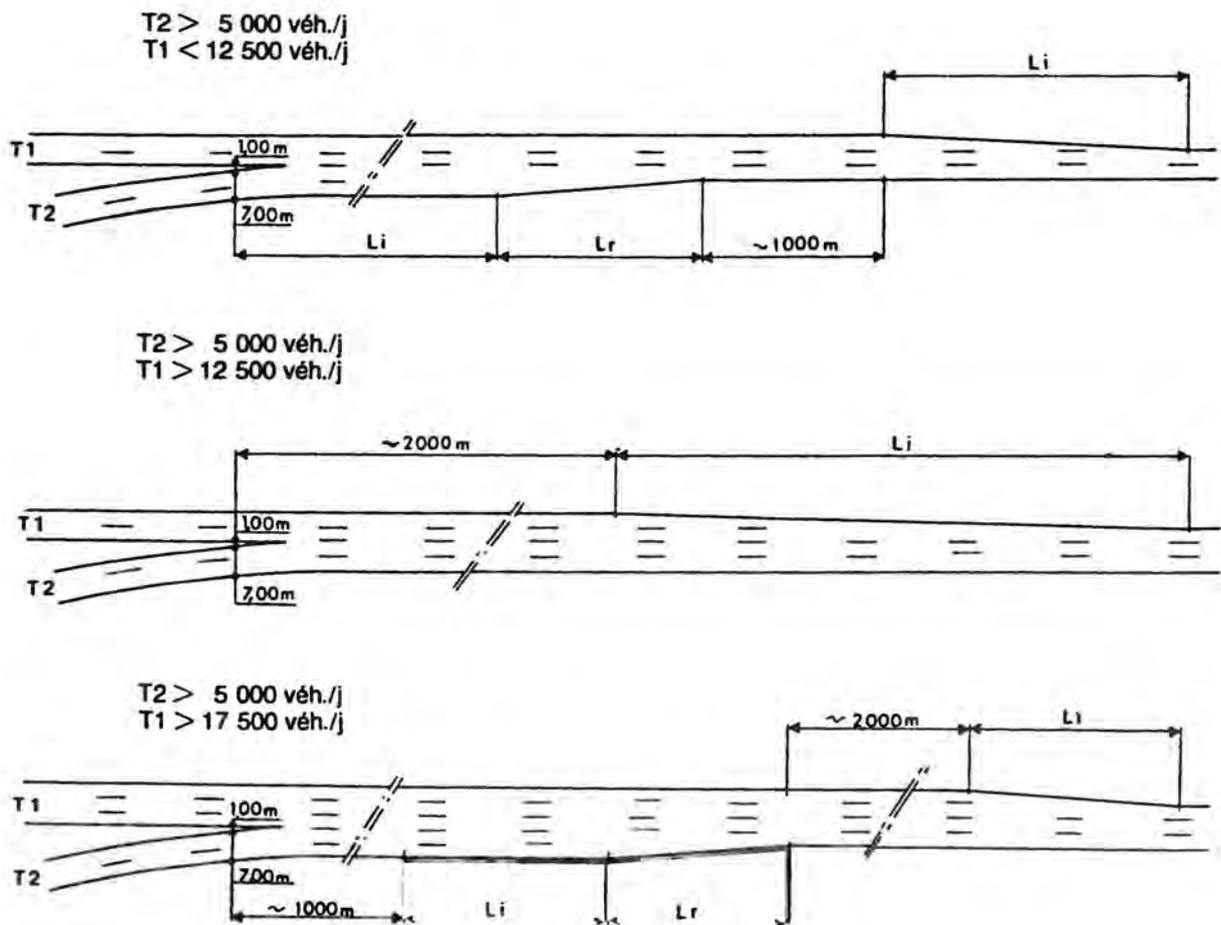
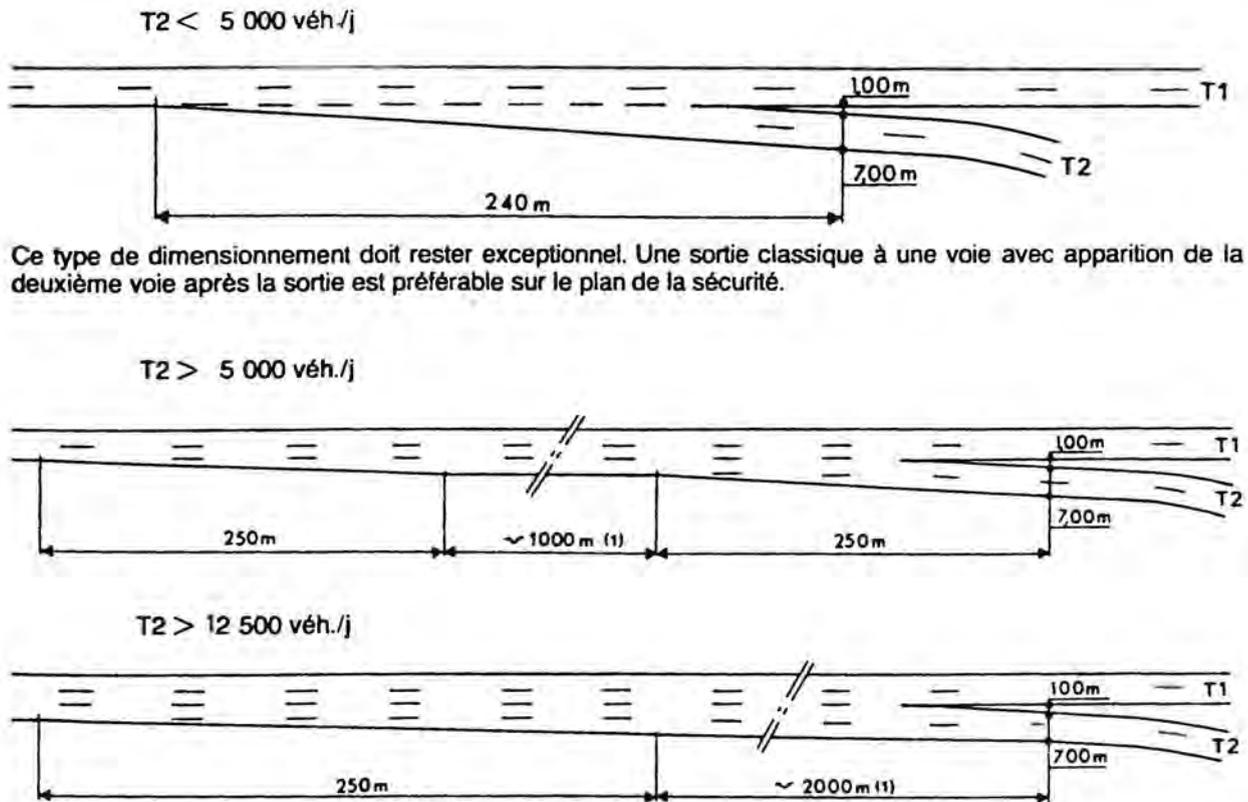


Abb. 18: Einfahrtbereiche mit zweispurigen Rampen in Frankreich



Ce type de dimensionnement doit rester exceptionnel. Une sortie classique à une voie avec apparition de la deuxième voie après la sortie est préférable sur le plan de la sécurité.

**Abb. 19: Ausfahrbereiche mit zweispurigen Rampen in Frankreich**

### Großbritannien

Die britischen Richtlinien unterscheiden verschiedene Ein- und Ausfahrtstandardtypen, die ein- und zweispurige Rampen berücksichtigen. Der Grundtyp A hat dabei sowohl für die Einfahrten als auch für die Ausfahrten keine parallele Spur sondern nur einen keilförmigen Einfahr- bzw. Ausfahrbereich. Der Grundtyp B besitzt dann zusätzlich eine parallele Ein- und Ausfädelungsspur. Bei den Einfahrten gibt es noch die einspurige Einfahrt mit Spuraddition; die zweispurigen Einfahrbereiche enthalten eine Besonderheit: die beiden Spuren werden nacheinander in die Hauptfahrbahn geführt, die Trennung der beiden Einfädelungsbereiche wird durch eine spezielle Markierung vorgenommen (ghost island). Die Ausfahrbereiche bei zweispurigen Rampen können mit oder ohne parallele Ausfädelungsspur gestaltet werden.

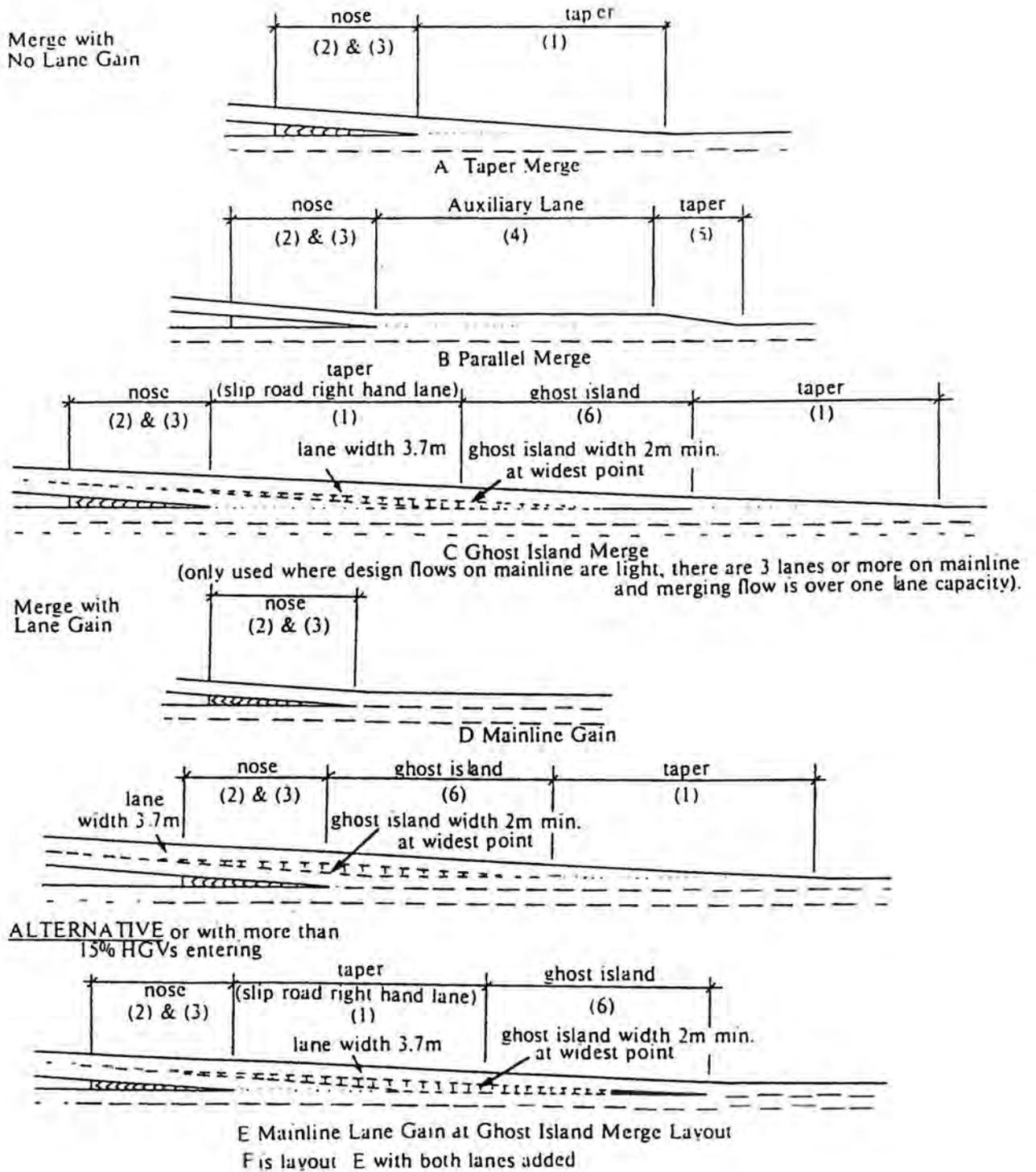
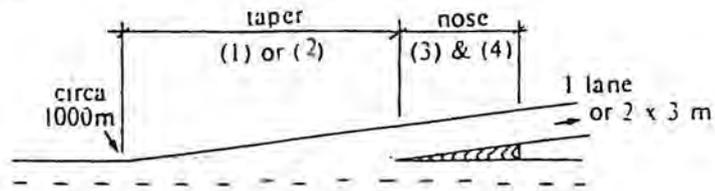
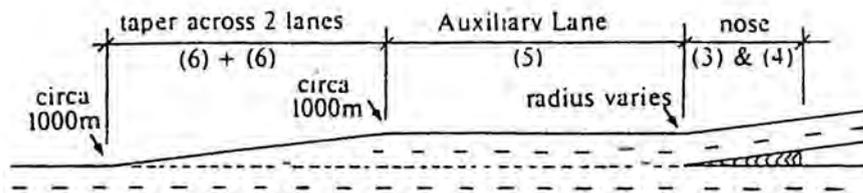


Abb. 20: Einfahrttypen in Großbritannien

Diverge with  
No Lane Drop

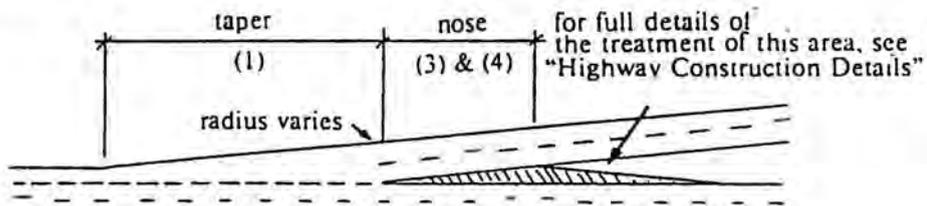


A Taper Diverge

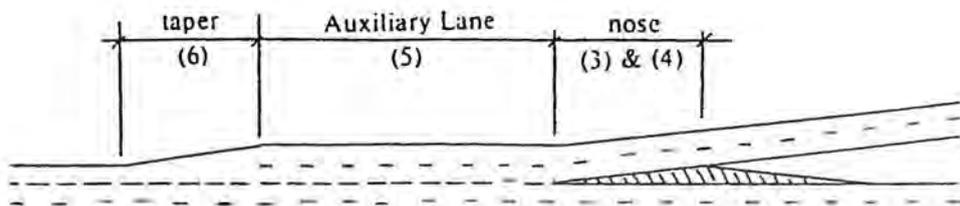


B Parallel Diverge

Diverge with  
Lane Drop



C Mainline Lane Drop at Taper Diverge



D Mainline Lane Drop at Parallel Diverge

Layout E is layout D with 2 lanes of

Abb. 21: Ausfahrttypen in Großbritannien



Je nach Entwurfsgeschwindigkeit besteht die Ausfahrtöffnung aus unterschiedlich langen, keilförmigen Verziehungen und parallelen Ausfädelungsspuren. Die Gesamtlänge beträgt zwischen 150 und 250 m für einspurige Ausfahrten. Über diese Standardangaben hinaus wird eine Kontrollberechnung durchgeführt, die eine sichere Verzögerung gewährleisten soll und die Kontrollmaße  $L_D$  bzw.  $L_{D'}$  liefert. Für diese Berechnungen wird bei einspurigen Ausfahrten angenommen, daß am Beginn der Verzögerungsstrecke mit der Entwurfsgeschwindigkeit der Hauptfahrbahn gefahren wird und dann eine mittlere Verzögerung von  $1,5 \text{ m/sec}^2$  vorgenommen wird. In Abhängigkeit von der Entwurfsgeschwindigkeit und Längsneigung der Rampe kann in Diagrammen die erforderliche Verzögerungsstrecke  $L_D$  abgelesen werden. Diese Länge muß von dem Punkt, an dem die Ausfädelungsspur 3 m Breite aufweist bis zur Mitte des Übergangsbogens in der Rampe vorhanden sein. Außerdem muß zwischen der Inselfspitze und der Mitte des Übergangsbogens noch die Strecke  $L_{D'}$  vorhanden sein, die unter der Annahme einer mittleren Verzögerung von  $2,5 \text{ m/sec}^2$  berechnet wird.

Der Abgangswinkel in Höhe der Inselfspitze soll mindestens 3 gon betragen; in Abhängigkeit von der Entwurfsgeschwindigkeit der Hauptfahrbahn werden auch Höchstmaße von 5 bis 7,5 gon angegeben. Am Beginn der Rampe wird bei schwierigen Lageverhältnissen eine Fahrspurverbreiterung von 1,0 m (gaping) über eine Länge von 80 bis 150 m empfohlen.

Die Einfahrtöffnungen bestehen aus einer parallelen Einfädelungsspur und einer keilförmigen Verziehung. Die Gesamtlänge der Öffnung beträgt je nach Entwurfsgeschwindigkeit 210 bis 350 m. Auch bei den Einfahrten wird eine Kontrollberechnung für eine erforderliche Beschleunigungsstrecke durchgeführt. Dabei wird ein Beschleunigungswert von  $1 \text{ m/sec}^2$  für PKW angenommen, für LKW existieren eigene Diagramme. Die Beschleunigungsstrecke wird vom Beginn des Übergangsbogens bis zu einem Punkt 100 m hinter der Inselfspitze gemessen. Dadurch wird berücksichtigt, daß Fahrer häufig schon früh auf die Hauptfahrbahn wechseln und nicht erst am Ende der Einfädelungsspur. Wenn die Berechnung eine größere Länge für die Beschleunigungsstrecke ergibt als in der Standardlösung vorhanden ist, so wird nicht die Einfädelungsstrecke sondern der Abstand zwischen Inselfspitze und dem Beginn des Übergangsbogens verlängert.

Zweispurige Rampen werden vor der Einfahrt auf eine Spur verengt. Dazu wird eine etwa 250 m lange schraffierte Fläche angelegt. Die Breite der Ein- und Ausfädelungsspuren beträgt 3,5 m ( $v_e = 120 \text{ km/h}$ ).

### Portugal

In den Richtlinien werden als Standardlösungen keilförmige Ein- und Ausfahrten ohne parallele Spuren dargestellt. Bei den Einfahrten wird zunächst die Rampe mit einem Radius von  $R = 900 \text{ m}$  an die durchgehende Fahrbahn herangeführt. Dieser Abschnitt ist 50 m lang, der Abstand zwischen den Spuren der durchgehenden Fahrbahn und der Rampe verringert sich dabei von 4,0 auf 2,0 m. Danach geht die Einfädelungsspur keilförmig in die rechte Spur der durchgehenden Fahrbahn über, bis nur noch 1,0 m ihrer Breite vorhanden ist. Die Länge für diese Einfädelungsstrecke beträgt 225 m.

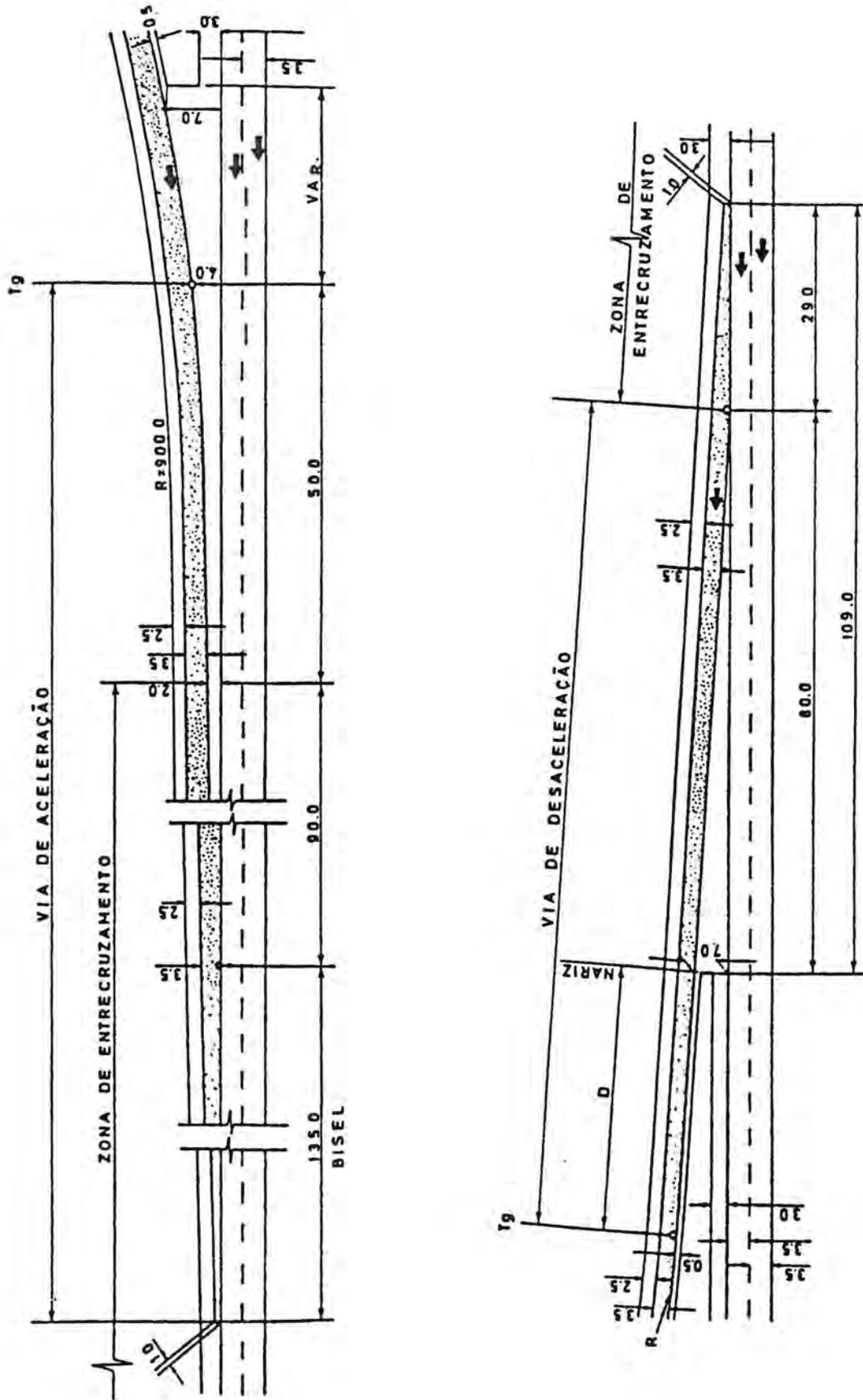


Abb. 23: Einspurige Einfahrt und Ausfahrt in Portugal

Die Ausfahrt erfolgt ebenfalls keilförmig. Auf den ersten 29 m wird die Ausfädelungsspur von 1,0 auf 3,5 m entwickelt, danach wird die Spur weiter hinausgeführt, bis an der Inselfspitze 7,0 m Abstand zwischen den Spuren erreicht ist (80 m Länge). Aus dieser Geometrie ergibt sich ein Abgangswinkel für die keilförmige Ausfahrt von 5,5 gon. In Abhängigkeit von dem Radius der Rampe wird vor dem Beginn der Rampe noch eine weitere Gerade eingeschaltet, die bei Rampenradien unter 90 m eine Länge von 90 m haben soll.

In der Praxis werden entgegen diesen Darstellungen in der Regel parallele Beschleunigungs- und Verzögerungsspuren angelegt, wobei die französischen Richtlinien als Vorlage dienen.

### **Belgien**

Die dargestellte einspurige Standardzufahrt weist nach dem Übergangsbogen in Höhe der Inselfspitze eine 250 m lange, parallel geführte Einfädelungsspur auf. Diese endet mit einer 50 m langen, keilförmigen Verziehung des Fahrbahnrandes. Bei der Standardausfahrt wird zunächst eine keilförmige Verziehung von 120 m Länge vorgenommen. Daran schließt sich eine 80 m lange parallele Ausfädelungsspur an, die dann in den Übergangsbogen führt. Der gewählte Rampenquerschnitt wird in den Ein- bzw. Ausfädelungsspuren weitergeführt, so daß diese alternativ eine Breite von 3,75 oder 5,0 m aufweisen.

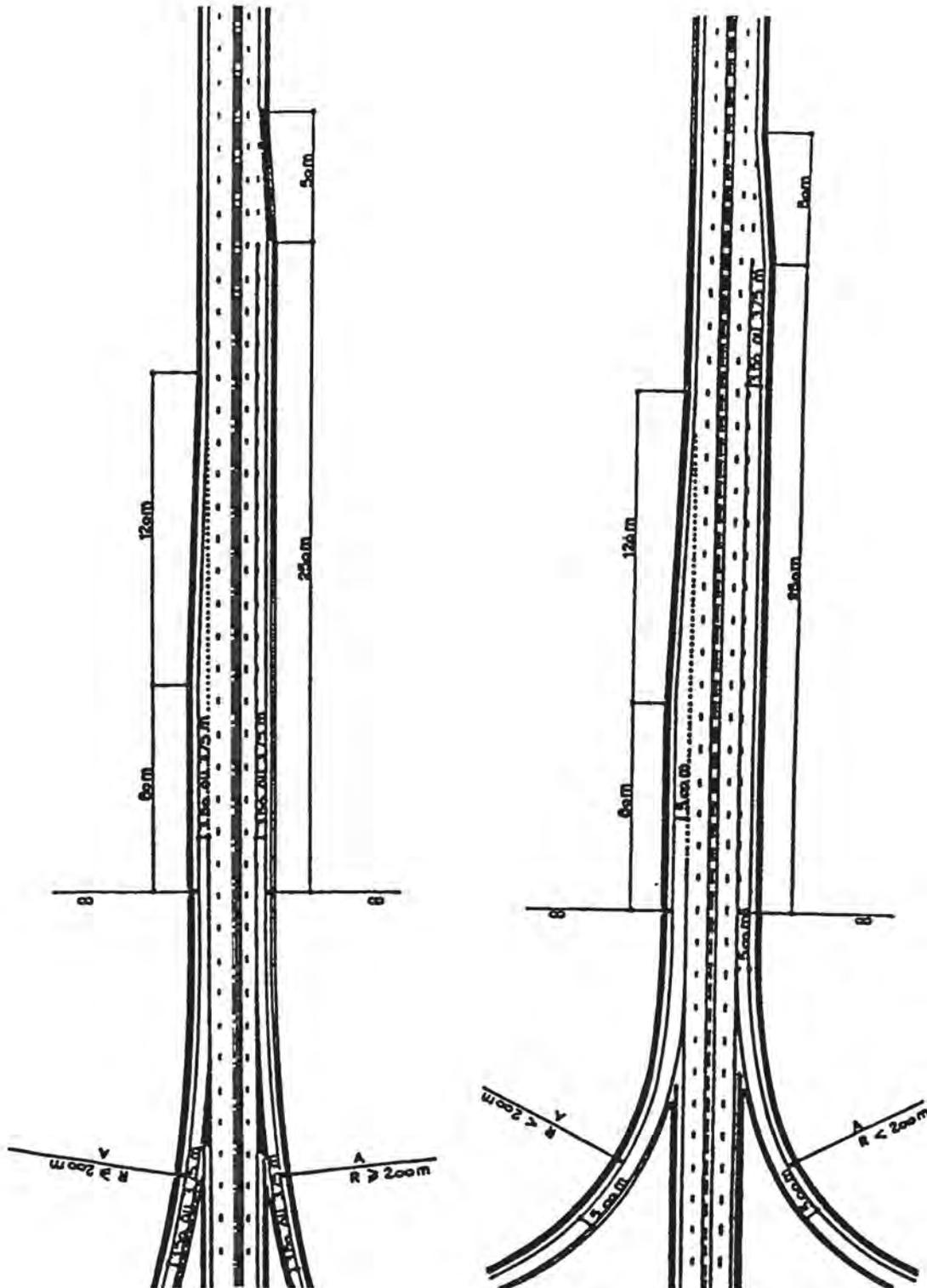


Abb. 24: Standarkein- und ausfahrt in Belgien

## Irland

In den irländischen Richtlinien für plangleiche Knoten werden Verzögerungs- und Beschleunigungsspuren von 3,0 m Breite empfohlen.

Beschleunigungsspuren sollen an zweibahnigen Landstraßen angelegt werden, wenn die Entwurfsgeschwindigkeit mehr als 80 km/h beträgt. An einbahnigen Straßen soll als zusätzliche Bedingung eine Verkehrsstärke in der Einfahrt von 1000 PKW/Tag überschritten werden. Die Beschleunigungsspuren bestehen aus einer 500 m langen parallelen Einfädelspur, die eine 75 m lange, geschwungene Verziehung enthält. Diese Maße gelten für  $v_e = 120$  km/h; für  $v_e = 100$  km/h beträgt die Länge 350 m einschließlich 60 m Verziehung. Die Längen sind für Fahrzeuge berechnet, die aus dem Stand mit einer Beschleunigung von  $0,6$  m/sec<sup>2</sup> auf 75 % der Entwurfsgeschwindigkeit beschleunigen. Als absolute Minimallänge bei schwierigen Lageverhältnissen sollen die halben empfohlenen Längen vorhanden sein. Bei Steigung bzw. Gefälle werden die empfohlenen Längen in Abhängigkeit der Neigungswerte verlängert bzw. verkürzt.

Verzögerungsspuren werden in den irländischen Richtlinien bedeutsamer eingestuft als Beschleunigungsspuren. Ausfädelspur für Linksabbieger (beachte: Linksverkehr) sollen an allen Knotenpunkten zweibahniger Landstraßen angelegt werden; an einbahnigen nur, wenn der Abbiegestrom 750 PKW/Tag übersteigt. Die empfohlenen Längen für die Verzögerungsspur betragen 220 m einschließlich 75 m Verziehung bei  $v_e = 120$  km/h und 150 m einschließlich 60 m bei 100 km/h. Die Längen sind für Fahrzeuge berechnet, die von 75 %  $v_e$  auf 30 km/h verzögern; dabei wird von 3 Sekunden Motorbremsen mit  $0,8$  m/sec<sup>2</sup> gefolgt von einer Bremsung mit  $1,5$  m/sec<sup>2</sup> ausgegangen. Die Zielgeschwindigkeit beträgt 30 km/h, da am Ende der Verzögerungsspur in der Regel ein Minimalradius von 25 m angelegt ist. Bei Steigung und Gefälle gibt es wiederum Vorschläge für Veränderungen der empfohlenen Längen in Abhängigkeit von der Neigung.

Verzögerungs- und Abbiegespur für Rechtsabbieger sollen an allen zweibahnigen Straßen mit einer Mitteltrennung von mehr als 4 Meter angelegt werden. Ist der Mittelbereich schmaler, so soll er im Knotenpunktsbereich möglichst erweitert werden, um die Anlage einer Abbiegespur zu ermöglichen. Auf einbahnigen Straßen mit mehr als 10 m Breite sollen ebenfalls Abbiegespur markiert werden. Gegebenenfalls soll der Querschnitt aufgeweitet werden. Die empfohlenen Längen der Verzögerungsspuren betragen 40 m mehr als diejenigen für Linksabbiegespur. Sie sind für Fahrzeuge berechnet, die von  $v_e$  auf Null verzögern, wobei zunächst 3 Sekunden mit der Motorbremse verzögert wird ( $0,8$  m/sec<sup>2</sup>) und dann bis zum Stillstand gebremst wird. Wenn die Abbiegeströme mehr als 30 Fahrzeuge/Stunde betragen, werden an nicht-signalisierten Knotenpunkten Zuschläge für Aufstellängen von 5 bis 33 m empfohlen.

## Italien

In den Richtlinien für städtische Straßen werden Beschleunigungs- und Verzögerungsspuren bei Entwurfsgeschwindigkeiten von  $v_e \geq 60$  km/h empfohlen. Die Ein- und Ausfahrten werden mit bogenförmigen Verziehungen eingeleitet bzw. beendet und haben parallele

Verzögerungs- bzw. Beschleunigungsspuren. Bei der Ausfahrt beträgt die Länge der Verziehung mindestens 30 m. Die Länge der Verzögerungsstrecke soll entsprechend der Entwurfsgeschwindigkeiten in der durchgehenden Fahrbahn und der Rampe berechnet werden, wobei ein Verzögerungswert von  $2 \text{ m/sec}^2$  zugrunde gelegt wird. Dabei wird eine Bedingung formuliert, wonach die Länge des parallelen Abschnitts mindestens ein Drittel der gesamten berechneten Verzögerungsstrecke betragen soll.

Für die Beschleunigungsspuren werden noch weniger Angaben gemacht. Sie sollen ausreichend lange parallele Einfädelungsspuren haben, damit ein Fahrzeug von der Geschwindigkeit an der Inselfspitze auf die Geschwindigkeit der durchgehenden Fahrbahn beschleunigen kann und noch eine gewisse Zeit zum Verflechten hat, wobei über die erforderliche Zeit in den Dokumenten, die zur Verfügung standen, keine Angaben gemacht wurden.

### **Dänemark**

Die Ein- und Ausfahrten werden in der Regel keilförmig angelegt. Die Ausfahrt weist eine Öffnung von 100 m Länge auf, der Abgangswinkel beträgt 2,5 gon. Die Einfahrtöffnung ist größer und wird nach der Beschleunigungsrampe mit einem flacheren Winkel an die Hauptfahrbahn herangeführt. Die Länge beträgt 200 m, der Winkel 5 gon.

### **Spanien**

Beschleunigungs- und Verzögerungsspuren sollen in der Regel in Form von parallelen Spuren angelegt werden. Für Ausfahrten ist in den Richtlinien auch die Alternative einer keilförmigen Direktausfahrt vorgesehen. Die Länge der Öffnung beträgt dann  $L < 180 \text{ m}$ . Für die Länge der parallelen Beschleunigungs- und Verzögerungsspuren werden Tabellen angegeben, in welche die Längsneigung und die Ziel- bzw. Startgeschwindigkeit am Ende bzw. Anfang der Spuren als Variable eingehen. Für die Berechnung der Verzögerungsspuren wird ein Wert von  $2 \text{ m/sec}^2$  zugrundegelegt, so daß sich für Neigungen von 0 % und Entwurfsgeschwindigkeiten von 120 km/h Längen von 216 m bei einer Zielgeschwindigkeit von 60 km/h und 288 m bei einer Zielgeschwindigkeit von 0 km/h ergeben. Die entsprechenden Werte für Beschleunigungsspuren betragen 338 bzw. 388 m. Die Längen werden von dem Punkt gemessen, an dem die Verziehung 1,50 m von der durchgehenden Fahrbahn abgerückt ist. Sie enthalten demnach den größten Teil der Verziehungsstrecke.

#### 4.4 Ländervergleich

Vergleicht man die Entwurfsgrundsätze für Ein- und Ausfahrten in den verschiedenen Ländern, so fallen zunächst einige Gemeinsamkeiten auf. In allen betrachteten Ländern werden Ein- und Ausfahrten immer an der rechten Seite der durchgehenden Fahrbahn angelegt (entsprechend linke Seite in den Ländern mit Linksverkehr). Alle Richtlinien empfehlen, Ein- und Ausfahrten möglichst in geraden Abschnitten der durchgehenden Fahrbahn und in Bereichen mit geringer Längsneigung vorzusehen. Als besonders kritische Situationen werden angesehen:

- a) Einfahrten in engen Rechtskurven der durchgehenden Fahrbahn wegen der schwierigen Sichtverhältnisse (Linkskurven in Ländern mit Linksverkehr)
- b) Ausfahrten in engen Linkskurven wegen der schwierigen Orientierung - die Ausfahrt ist dann unter Umständen dominanter als die durchgehende Fahrbahn (Rechtskurven in Ländern mit Linksverkehr).

In den Richtlinien der Länder, die relativ hohe Verkehrsstärken auf den Autobahnen haben, sind die Entwurfsprinzipien "Spursubtraktion" und "Spuraddition" als Standardlösung bei starken Ein- und Ausfahrtströmen aufgenommen.

Einige Richtlinien machen Aussagen zu den empfohlenen Abständen zwischen zwei Anschlußstellen. Die Minimalabstände liegen etwa bei 1 km. Bei den Regelabständen fallen die großen Werte in den französischen Empfehlungen auf (10 bis 30 km).

Für den Entwurf der Verbindungsrampen wird häufig auf die Richtlinien der Linienführung verwiesen. Hinsichtlich der minimal zulässigen Radien werden jedoch in einigen Regelwerken Aussagen gemacht. Es zeigt sich, daß in den deutschen Richtlinien mit  $R = 25$  m die kleinsten Radien zugelassen sind ( $v_e = 30$  km/h). In den französischen und dänischen Dokumenten wird  $R = 40$  m als Minimalradius genannt und die niederländischen erlauben sogar nur Mindestradien von 65 m bei einer zugehörigen Entwurfsgeschwindigkeit von  $v_e = 50$  km/h.

In allen Ländern sollen Rampen in der Regel Standspuren oder ausreichend breite Fahrspuren mit angrenzenden befestigten Banketten haben, um eine Vorbeifahrt an einem liegengebliebenen Fahrzeug zu ermöglichen.

	EINFAHRT			AUSFAHRT		
	Führungsprinzip	Länge der parallelen Öffnung (m)	Länge der Verziegungsstrecke (m)	Führungsprinzip	Länge der parallelen Öffnung (m)	Länge der Verziegungsstrecke (m)
Deutschland	parallel	190	60	parallel	190	60
Frankreich	parallel	200	120	parallel <sup>1)</sup> direkt	> 1000 -	250 150
Großbritannien	parallel <sup>2)</sup> direkt <sup>2)</sup>	230 -	75 205	parallel <sup>1)</sup> direkt	200 -	75 170
Niederlande <sup>3)</sup>	parallel	250	100	parallel	150	100
Portugal	direkt	-	250	parallel <sup>1)</sup> direkt	>400 -	75 110
Belgien	parallel	250	50	parallel	80	120
Irland <sup>4)</sup>	parallel	425	75	parallel	145	75
Italien <sup>5)</sup>						
Dänemark	direkt	-	200	direkt	-	100
Spanien <sup>6)</sup>	parallel	340	(incl.)	parallel	220	(incl.)

1) bei zweispurigen Ausfahrtrampen  
2) in Abhängigkeit von der Belastung  
3) Werte für  $v_e = 120$  km/h  
4) Vorschriften für plangleiche Knotenpunkte, für planfreie Knoten an Autobahnen kommen die Richtlinien von Großbritannien zur Anwendung  
5) es lagen nur Richtlinien für Stadtautobahnen vor  
6)  $v_e = 120$  km/h, Ausgangs- bzw. Zielgeschwindigkeit 60 km/h

Abb. 25: Einfahrten und Ausfahrten im Ländervergleich

Bei der Ausgestaltung der Ein- und Ausfahrten ergeben sich deutlichere Unterschiede zwischen den Ländern. Es lassen sich zwei Prinzipien bei der Trennung bzw. Zusammenführung der Verkehrsströme unterscheiden:

- A) Führung auf parallelen Ein- und Ausfädelungsspuren
- B) Direkteinfahrten bzw. -ausfahrten ohne parallele Führung

Aus der Übersicht wird deutlich, daß in den meisten Ländern die Anlage von parallelen Spuren den Standard darstellt. Deutschland, die Niederlande, Belgien und Spanien setzen dieses Prinzip sowohl bei Einfahrten als auch bei Ausfahrten ein. In Frankreich und Großbritannien ist die Parallelführung bei der Einfahrt Standard, bei der Ausfahrt gilt dies jedoch nur für zweispurige Rampen. In Portugal sehen die Richtlinien zwar keilförmige Direkteinfahrten vor, nach Aussagen der Verwaltung werden in der Praxis dagegen grundsätzlich parallele Beschleunigungs- und Verzögerungsspuren angelegt. Deutlich abweichende Vorstellungen werden in den Richtlinien von Dänemark sichtbar. Dort stellt die keilförmige Ein- und Ausfahrt die Regel dar.

Die empfohlenen Längen von parallelen **Beschleunigungsspuren** liegen in der Regel zwischen 200 und 250 m. Einschließlich der Verziehungsstrecke liegen die Werte zwischen 250 m und 350 m. Lediglich die Empfehlung der irischen Richtlinien fällt deutlich höher aus. Während in den anderen Ländern in der Regel mit einem Beschleunigungswert von  $1\text{ m/sec}^2$  gerechnet wird, beträgt dieser in Irland nur  $0,6\text{ m/sec}^2$ .

Die Direkteinfahrten ohne parallele Beschleunigungstreifen weisen Öffnungen von 200 m in Großbritannien und Dänemark auf, während sie in Portugal 250 m beträgt.

In Deutschland, Frankreich, Großbritannien und den Niederlanden liegen die Einsatzgrenzen für einspurige Einfahrten relativ eng beieinander. Danach wird für Verkehrsstärken über 1200 bis 1500 Kfz/h im einfahrenden Strom die Anlage von zweispurigen Einfahrten empfohlen.

Die vorgeschlagenen Längen von parallelen **Verzögerungsspuren** an einspurigen Ausfahrten bewegen sich zwischen 150 und 200 m. Nur in Belgien liegt das Maß mit 80 m deutlich niedriger. Einschließlich der Verziehungsstrecke liegen die Werte zwischen 200 m und 250 m. Bei den Längempfehlungen für parallele Ausfädelsspuren von zweispurigen Ausfahrten fällt der besonders große Wert in den französischen Richtlinien auf.

Bei den Direktausfahrten betragen die Längen der keilförmigen Öffnungen zwischen 100 und 170 m. Die Abgangswinkel weisen Neigungen zwischen 1:25 und 1:30 auf.

In einigen Richtlinien werden Angaben über die Verzögerungswerte gemacht, die der Längenberechnung für die Verzögerungsstrecken zugrundegelegt werden. Dabei wird überwiegend von  $0,8\text{ m/sec}^2$  für Motorbremsen und  $1,5\text{ m/sec}^2$  für "richtiges" Bremsen ausgegangen.

## 5. Markierung und Beschilderung

Fahrbahnmarkierungen und Verkehrszeichen werden verwendet, um den Verkehr zu regeln, die Verkehrsteilnehmer zu warnen und optisch zu führen. Durch Markierungen und Verkehrszeichen werden Verhaltensregeln angeordnet.

Die Ausführungen von Markierungen und Beschilderungen variieren in den europäischen Ländern z.T. sehr stark. So wird die Autobahn in Italien mit der Farbe grün beschildert, während dies in den anderen Ländern mit der Farbe blau geschieht. Markierungen sind zwar überwiegend weiß (in Österreich teilweise auch gelb), die Strichbreiten und das Verhältnis Strich/Lücke differieren aber sehr stark in den verschiedenen Ländern.

Auf internationaler Ebene gab es schon Bemühungen, eine Harmonisierung herbeizuführen. Hier sind das Übereinkommen über Straßenverkehrszeichen von Wien 1968 [17] und das Protokoll über Straßenmarkierungen von Genf 1970 [18] zu nennen. Die aktuellsten Bemühungen finden sich in einem Aktionsprogramm für den Bereich der Straßenverkehrssicherheit wieder, in dem u.a. ein einheitliches Farbsystem zur Kennzeichnung der Autobahnen angeregt wird [19]. In dem derzeit laufenden Prozeß der Entwicklung von "Europäischen technischen Spezifikationen" werden nur die Materialien genormt, d.h. die Markierungsmaterialien und die technischen Anforderungen an Verkehrszeichen (z.B. Leuchtdichte, Reflexionseigenschaften), jedoch nicht die Ausführungsbestimmungen.

### Deutschland

In Deutschland kommen die Richtlinien für die Markierung von Straßen zur Anwendung [20], [21]. Für die Beschilderung liefert die Straßenverkehrsordnung die entsprechenden Vorschriften, darüberhinaus gibt es Richtlinien für wegweisende Beschilderung auf Autobahnen [22].

An der knotenpunktfreien Strecke wird die Fahrbahnbegrenzung auf der Autobahn mit einem 0,30 m breiten durchgehenden Breitstrich markiert. Die Fahrstreifenbegrenzung erfolgt mit 0,15 m breiten Leitlinien, die im Verhältnis 6 m Strich/12 m Lücke aufgebracht werden. Richtungspfeile sind 7,5 m lang. Sie werden in Einfahrbereichen in der Regel nicht und in Ausfahrbereichen nur bei Fahrstreifenabzweigungen und Gabelungen angewendet.

An Ein- und Ausfahrten wird in den durchgehenden Fahrbahnen die auf der freien Strecke übliche Markierung beibehalten. Zur Abgrenzung des durchgehenden Verkehrs von den Ein- und Ausfädelungsspuren wird eine unterbrochene Fahrbahnbegrenzung markiert (0,30 m breit, 6 m Strich/6 m Lücke). In der Spitze zwischen durchgehender Fahrbahn und der Rampe wird eine Sperrfläche markiert.

Einfahrbereiche mit Fahrstreifenaddition werden durch eine einseitige Fahrstreifenbegrenzung vom durchgehenden Verkehr getrennt. Damit soll verhindert werden, daß durchgehender Verkehr in den Einfahrbereichen wegen des Rechtsfahrgebotes auf den äußeren Einfädelungstreifen wechselt und dadurch einfahrende Fahrzeuge behindert.

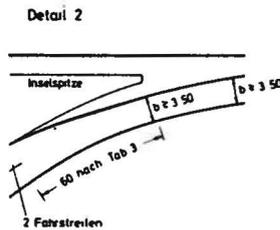
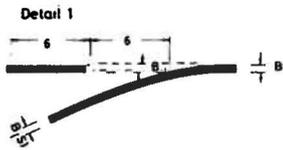
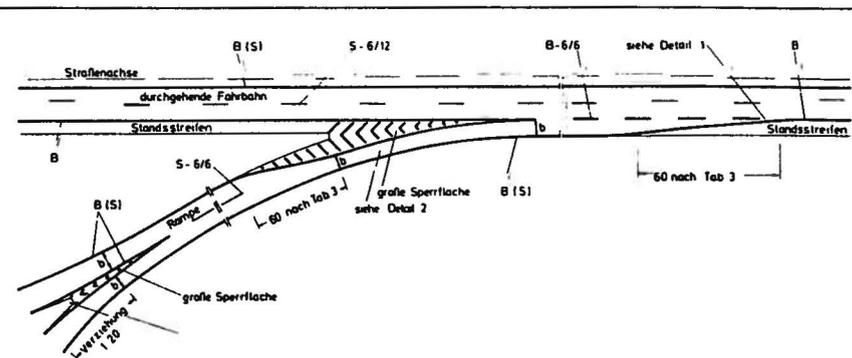
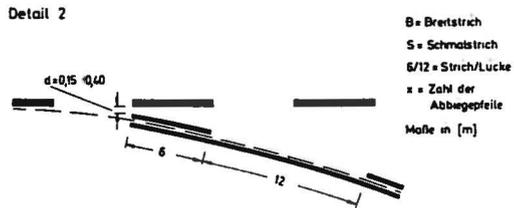
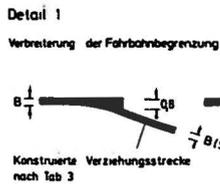
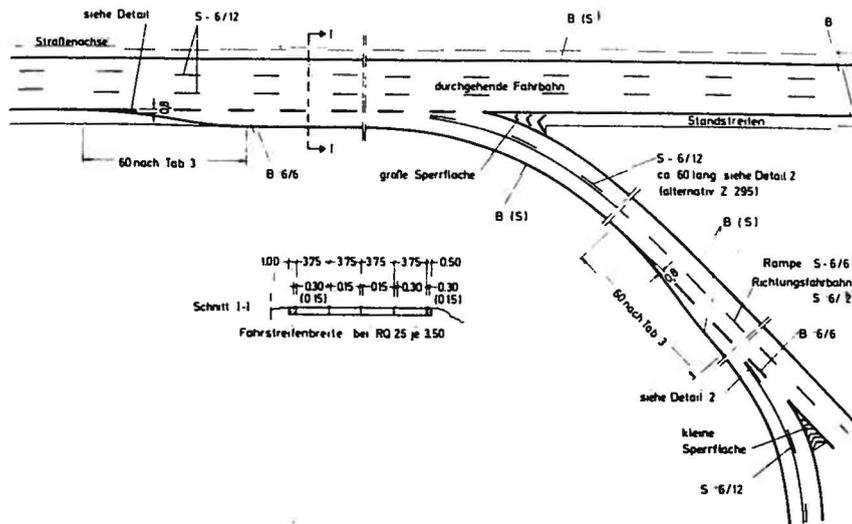


Abb. 26: Markierung von Ein- und Ausfahrten an deutschen Autobahnen

Die Beschilderung der Autobahn erfolgt in Deutschland generell in blau. Ein- und Ausfahrten werden nach folgendem System beschildert: Der Kraftfahrer erhält den ersten Hinweis auf eine Ausfahrt 1000 m vorher durch eine Ankündigungstafel. Sie enthält den Namen der Ausfahrt und die Entfernungsangabe. 500 m vor der Ausfahrt steht ein Vorwegweiser; er nennt wiederum den Namen der Ausfahrt und zusätzlich die nächsten Ziele der durchgehenden Strecke. Danach wird mit 3 Baken im Abstand von 300 m, 200 m und 100 m auf die Ausfahrt aufmerksam gemacht. Am Beginn der Ausfädelungsspur (nach Abschluß der Verziehung, jedoch nicht weiter als 180 m von der Trenninselspitze entfernt) steht dann die Ausfahrttafel. Sie enthält den Namen der Ausfahrt und weitere Ziele, die über die Ausfahrt erreicht werden können und weist mit einem Pfeil nach rechts. Hinter der Inselfspitze steht abschließend noch ein Pfeilschild mit der Aufschrift "Ausfahrt". Außerdem wird an der Trenninselspitze eine Leitplatte (rote/weiße Schraffur) aufgestellt. Bei der Einfahrt in die Autobahn wird 500 m nach dem Ende der Einfädelungsspur eine Entfernungstafel aufgestellt, die die nächsten Ziele mit Kilometerangaben nennt.

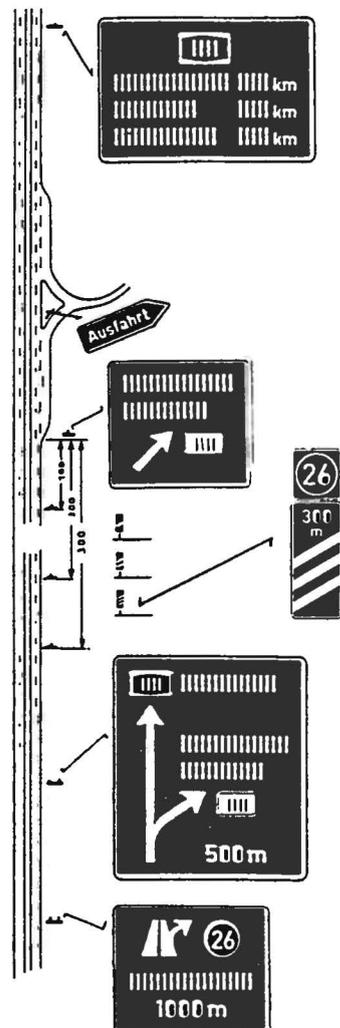
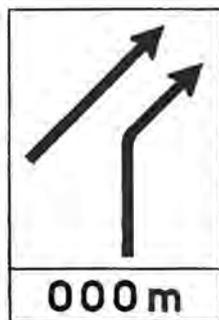


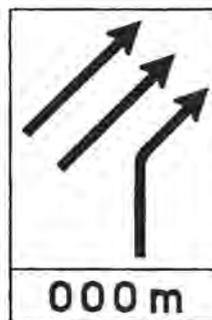
Abb. 27: Regelbeschilderung einer Anschlussstelle in Deutschland

Nach den neuen Richtlinien (seit 1990) enthalten die Ankündigungstafeln ein grafisches Ausfahrtsymbol. Im Bestand herrscht jedoch noch das alte Schild ohne dieses Symbol vor. Außerdem beabsichtigt das Ministerium, ein Numerierungssystem für Knotenpunkte und Anschlußstellen auf den deutschen Autobahnen einzuführen. Die Numerierung soll mit möglichst geringem Aufwand erfolgen, um keine zu großen Änderungen am Bestand vornehmen zu müssen. Die neuen Nummern werden zum einen auf den Ankündigungstafeln (1000 m vorher) und zum anderen als Aufsatz auf den 300 m-Baken genannt. Die alten Ankündigungstafeln und Warnbaken besitzen noch bis Ende 1995 Gültigkeit.

Neben der beschriebenen Beschilderung werden nur in Ausnahmefällen weitere Verkehrszeichen aufgestellt. Bei besonders engen Rampenradien erfolgt eine Geschwindigkeitsbeschränkung oder eine Warnung mit dem Gefahrzeichen "Kurve rechts". Bei Besonderheiten in der Geometrie des Knotens werden Verkehrlenkungstafeln aufgestellt. Diese weisen auf das Zusammenführen von Verkehrsströmen bei Spuradditionen oder am Ende einer Fahrspur hin.



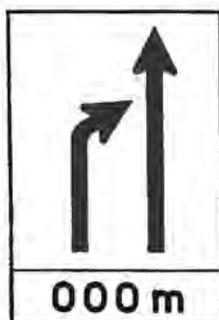
Tafel 1



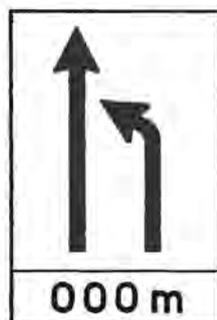
Tafel 2



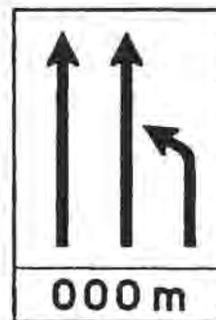
Tafel 3



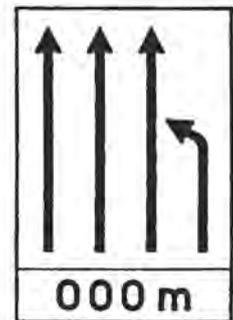
Tafel 4



Tafel 4a



Tafel 5a



Tafel 5b

**Abb. 28: Verkehrlenkungstafeln an Knotenpunkten in Deutschland**

## Frankreich

An der knotenpunktfreien Strecke wird die Fahrbahnbegrenzung auf der Autobahn mit einem 22,5 cm breiten, unterbrochenen Breitstrich markiert. Das Verhältnis Strich/Lücke beträgt 20/6 m. Damit soll dem Fahrer in Frankreich signalisiert werden, daß die Fahrbahnbegrenzung im Notfall für einen Halt auf der Standspur überfahrbar ist. Die Fahrstreifenbegrenzung erfolgt mit 0,15 m breiten Leitlinien, die im Verhältnis 3 m Strich/10 m Lücke aufgebracht werden. Die Linien zur Abgrenzung der Verzögerungs- und Beschleunigungsstreifen werden sehr breit ausgeführt: sie sind 37,5 cm breit und weisen ein Strich/Lücke-Verhältnis von 3,0/3,5 m auf.

Die Beschilderung der Autobahn erfolgt in Frankreich in der Farbe blau. Es existiert ein Numerierungssystem der Knotenpunkte und Anschlußstellen. Tangiert eine Autobahn eine Stadt mit mehreren Anschlußstellen, werden diese Abfahrten in Form einer Sammelankündigung auf einem Vorwegweiser 2000 m vor der ersten erreichbaren Anschlußstelle der Stadtregion aufgeführt. Bei der Regelbeschilderung wird ebenfalls 2000 m vor der Ausfahrt die erste Ankündigung aufgestellt. Hierauf befindet sich ein grafisches Ausfahrtsymbol und es wird die Nummer der Abfahrt genannt. Die nächste Vorankündigung befindet sich 1000 m vor der Ausfahrt. Sie enthält wieder die Nummer der Anschlußstelle und wichtige Ziele, die über die Abfahrt zu erreichen sind. Dieses Schild wird an der Ausfahrtöffnung wiederholt, wobei die 1000 m-Angabe durch einen Ausfahrtpfeil ersetzt wird. Gleichzeitig befindet sich auf dem Mittelstreifen eine Richtungsbestätigung, bei der in blau die nächsten Ziele genannt werden, die man bei der Fortsetzung der Fahrt erreicht. Baken werden nicht aufgestellt. Nach einer Autobahneinfahrt erfolgt eine Richtungsbestätigung mit Kilometerangaben für die nächsten Ziele.

In den Ausfahrten wird in der Regel eine abgestufte Geschwindigkeitsbeschränkung angeordnet. Sie beginnt mit 100 km/h am Anfang der Ausfahrt, danach wird die zulässige Geschwindigkeit auf 80 und 60 km/h beschränkt.

Eine weitere Besonderheit auf der französischen Autobahn stellen die Abstandsmarkierungen dar. Sie werden auf ausgewählten Abschnitten in Form von gelben Winkeln auf der rechten Spur markiert. Erklärungsstafeln empfehlen den Kraftfahrern, einen Abstand von zwei Winkeln zum vorausfahrenden Fahrzeug einzuhalten.

## Großbritannien

In Großbritannien wird die Fahrbahnbegrenzung mit 0,20 m breiten durchgezogenen Linien markiert. Die Fahrstreifentrennung erfolgt mit 0,10 m breiten Leitlinien, die ein Verhältnis von 2 m Strich und 7 m Lücke aufweisen. Die Trennung zwischen der durchgehenden Fahrbahn und Ein- bzw. Ausfädelungsspuren erfolgt mit 0,20 m breiten Markierungen die 1 m lang sind und im Abstand von 1 m aufgebracht werden.

Die britischen Autobahnen sind in blau beschildert. Es existiert ein Numerierungssystem, das die Knotenpunkte und Anschlußstellen einbezieht. Die Regelbeschilderung einer Anschlußstelle sieht die erste Ankündigung 1 Meile vor der Ausfahrt vor. Eine zweite

Tafel steht  $\frac{1}{2}$  Meile vor der Ausfahrt und die dritte am Beginn der Ausfädelungsspur. Alle drei Tafeln enthalten die Nummer der Anschlußstelle. Zusätzlich kündigen 3 Baken im Abstand von jeweils 100 yards die Ausfahrt an.

Für die Ein- und Ausfahrten sind aktuelle Hinweise zur Beschilderung mit Verkehrslenkungstafeln erschienen [23]. Danach werden insbesondere Einfahrten ausführlich mit Tafeln, die die Art der Zusammenführung der Verkehrsströme signalisieren, beschildert.

In engen Schleifenrampen wird die Beschilderung mit dem Gefahrenzeichen "Kurve" und einer Geschwindigkeitsbeschränkung empfohlen. Dabei soll innerhalb eines Knotens nur eine Geschwindigkeitsbeschränkung ausgesprochen werden und nicht wie beispielsweise in Frankreich stufenweise heruntergeregelt werden, da dieses Verfahren die Fahrer verwirren würde.

### Niederlande

An der knotenpunktfreien Strecke erfolgt die Markierung der Fahrbahnbegrenzung mit einer 0,20 m breiten durchgezogenen Linie. Die Fahrspuren werden mit 0,15 m breiten Leitlinien getrennt, die ein Strich/Lücke-Verhältnis von 3/9 m aufweisen. Die Trennung der Ein- bzw. Ausfädelungsspuren und der durchgehenden Fahrbahn wird mit einer 0,45 m breiten Blockmarkierung vorgenommen, die im Verhältnis 1 m Strich/3 m Lücke aufgebracht wird. Bei Spurbreiten von unter 3,0 m wird die Blockmarkierung schmaler ausgeführt (0,30 m). Am Anfang der Ausfädelungsspur wird die Verziehung mit einer 50 m langen Doppellinie vorbereitet. Die Ausfädelungsspuren erhalten in den Niederlanden standardmäßig Pfeilmarkierungen. Die Pfeile sind 7,5 m lang und werden im Abstand von 30-50 m aufgebracht. Die Inself Spitze wird nicht mit einer Schraffur sondern mit einer flächigen Einfärbung markiert.

In den Niederlanden wird die Autobahn ebenfalls in blau beschildert. Auf die Ausfahrt wird schon 1200 m vorher mit einer ersten Ankündigungstafel hingewiesen. Sie enthält einen Pfeil nach rechts und den Namen der Ausfahrt, ggfs. mehrere Zielorte. Diese Tafel wird 600 m vor der Ausfahrt wiederholt. 300 m vor der Ausfahrt steht eine gleich große Tafel mit einem Geradeauspfeil und dem nächsten Ziel bei Fortsetzung der Fahrt. Am Beginn der Ausfädelungsspur steht dann noch einmal eine Ausfahrtstafel.

Die niederländischen Richtlinien kennen ein eigenes Schild, das auf Einfahrten mit kurzen Einfädelungsspuren hinweist. Als sogenannte kurze Einfahrten gelten solche mit Längen unter 200 m. Das Schild wird am rechten Fahrbahnrand 100 bis 200 m vor dem Ende der Einfädelungsspur aufgestellt.

Bei zweispurigen Einfahrten werden 100 bis 200 m vor der Inself Spitze Verkehrslenkungstafeln aufgestellt, die auf die Art der Verflechtung hinweisen.

## **Portugal**

An der knotenpunktfreien Strecke erfolgt die Markierung der Fahrbahnbegrenzung mit einer 0,30 m breiten durchgezogenen Linie. Die Fahrspuren werden mit 0,15 m breiten Leitlinien getrennt, die ein Strich/Lücke-Verhältnis von 8/20 m aufweisen. Die Trennung der Ein- bzw. Ausfädelungsspuren und der durchgehenden Fahrbahn wird mit einer 0,30 m breiten Blockmarkierung vorgenommen, die im Verhältnis 3 m Strich/4 m Lücke aufgebracht wird.

In Portugal wird die Autobahn in blau beschildert. Es existiert ein Numerierungssystem für Knotenpunkte und Anschlußstellen. Auf die Ausfahrt wird 2000 m vor der Inselfspitze mit einer Ankündigungstafel hingewiesen. Diese wird 1000 m vor der Inselfspitze wiederholt. Je nach Gestaltung der Ausfahrt befindet sich in einem Abstand von bis 350 m vor der Inselfspitze dann die Ausfahrtstafel. In Höhe der Inselfspitze wird ein Pfeilschild aufgestellt. Bei den portugiesischen Ausfahrten werden ähnlich wie in Deutschland zur weiteren Unterstützung der Beschilderung 3 Baken vorgesehen. Diese stehen jedoch in einem größeren Abstand vor der Ausfahrt, nämlich 250, 500 und 750 m vor dem Beginn der Ausfahrtöffnung. Für die Zielbestätigung wird 500 m hinter Einfahrt eine Bestätigungstafel mit Kilometerangabe installiert.

## **Belgien**

An der knotenpunktfreien Strecke wird die Fahrbahnbegrenzung mit 0,30 m breiten, durchgezogenen Linien markiert. Die Fahrstreifenbegrenzung erfolgt mit 0,20 m breiten Leitlinien, die im Verhältnis 2,5 m Strich/10 m Lücke aufgebracht werden. Die Trennung zwischen der durchgehenden Fahrbahn und den Verzögerungs- bzw. Beschleunigungsspuren wird mit 0,30 m breiten unterbrochenen Linien markiert, die ein Strich/Lücke-Verhältnis vom 1 m zu 1,5 m aufweisen.

Die Beschilderung der Autobahn erfolgt in Belgien in der Farbe blau. Es existiert ein Numerierungssystem, das die Anschlußstellen einbezieht - jedoch nicht die Autobahnknotenpunkte und -dreiecke. Bei der Regelbeschilderung wird 1500 m vor der Ausfahrt die erste Ankündigungstafel aufgestellt. Sie enthält den Namen der Ausfahrt. In der Mitte der Fahrbahn steht 1000 m vor der Ausfahrt eine kleinere Tafel mit der Nummer der Ausfahrt. Dann werden 800 m vor der Ausfahrt rechts am Fahrbahnrand eine Ankündigungstafel mit den Zielen, die über die Ausfahrt zu erreichen sind, aufgestellt und in der Fahrbahnmitte nochmal eine Ankündigungstafel mit dem Namen der Ausfahrt. 500 m vor der Ausfahrt steht eine kleine Tafel mit der Nummer der Ausfahrt und einem horizontalen Pfeil nach rechts, während dann am Beginn der Ausfädelungsspur eine ähnliche Tafel mit der Ausfahrtnummer und einem diagonalen Pfeil nach rechts steht. In dem Ausfahrtkeil wird schließlich noch ein Pfeilschild aufgestellt.

## Italien

An der knotenpunktfreien Strecke wird die Fahrbahnbegrenzung mit 0,25 m breiten, durchgezogenen Linien markiert. Die Fahrstreifenbegrenzung erfolgt mit 0,15 m breiten Leitlinien, die im Verhältnis 4,5 m Strich/7,5 m Lücke aufgebracht werden. Die Trennung zwischen der durchgehenden Fahrbahn und den Verzögerungs- bzw. Beschleunigungsspuren wird mit 0,25 m breiten unterbrochenen Linien markiert, die ein Strich/Lücke-Verhältnis vom 3 m zu 3 m aufweisen.

Als Besonderheit ist in Italien eine Fahrbahnrandmarkierung zu nennen, die bei dichtem Nebel den Kraftfahrer vor dem Abkommen von der Fahrbahn warnen soll. In bestimmten Abständen werden Kreise aufgebracht und die Empfehlung lautet: sind zwei Kreise sichtbar 60 km/h, ist nur einer sichtbar 40 km/h. Außerdem sind die Markierungen mit einer gewissen Erhöhung ausgeführt, so daß beim Überfahren eine leichte Vibration im Fahrzeug spürbar wird.

Die Beschilderung der Autobahn erfolgt in Italien in der Farbe grün. Die Vorankündigung einer Ausfahrt beginnt mit einer ersten Tafel 1000 m vor der Ausfahrt. Sie ist in Form eines Vorwegweisers gestaltet, d.h. sie enthält nicht nur den Namen der Ausfahrt sondern auch das nächste Ziel, das der Kraftfahrer erreicht, wenn er nicht abfährt. Dieses Schild wird in ähnlicher Form 700 m vor der Ausfahrt wiederholt. 500 m vorher wird dann eine Ausfahrttafel aufgestellt, die zunächst auf weißem Grund den Namen der Ausfahrt angibt und darunter auf grünem Grund eine Liste von Zielen zeigt, welche über die Ausfahrt zu erreichen sind. Vor dem Beginn der Abfahrt wird noch ein Portalwegweiser aufgestellt, der zum einen eine Tafel mit zwei Geradeauspfeilen und dem nächsten Ziel bei Fortsetzung der Fahrt sowie zum anderen eine Tafel mit einem Pfeil nach rechts und dem Namen der Ausfahrt trägt. Auf der Inselfspitze befindet sich schließlich noch ein Ausfahrtpfeil.

## Dänemark

Die Fahrbahnbegrenzung wird in Dänemark mit einer durchgehenden 0,30 m breiten Linie markiert. Die Leitlinien sind 0,15 m breit und haben ein Verhältnis von 5 m Strich/10 m Lücke. In den keilförmigen Ausfahrten wird die Markierung mit 0,30 m breiten Linien vorgenommen, die ein Verhältnis von 6 m Strich/6 m Lücke aufweisen. Die Einfahrtöffnungen dagegen erhalten nur hinter der Inselfspitze 3 Blockmarkierungen, die restliche Fläche der Einfahrtöffnung weist keine weitere Markierung zur Separation der durchgehenden Fahrbahn von der Einfahrt auf.

Bei der Beschilderung der Autobahn kommen zwei Farben zum Einsatz: blau und grün. Es existiert ein Numerierungssystem für die Ausfahrten. Der erste Hinweis auf eine Ausfahrt erfolgt 1000 m vorher. Die Tafel enthält in blau den Namen und die Nummer der Ausfahrt und in grün den Namen und die Nummer der darauf folgenden Ausfahrt. Weitere Ausfahrttafeln (in blau) befinden sich 500 m vor und am Beginn der Ausfahrt. Hinter den Einfahrten wird eine Bestätigungstafel aufgestellt, die in grün das nächste Ziel mit Kilometerangabe und in blau den Namen und die Nummer der nächsten Ausfahrt enthält.

Eine Besonderheit stellt in Dänemark ein Hinweisschild für den durchgehenden Verkehr vor der Einfahrt dar. Es befindet sich 400 m vor der Einfahrtöffnung am rechten Rand der durchgehenden Fahrbahn und zeigt ein grafisches Symbol für zwei zusammenfließende Ströme.

## Spanien

An der knotenpunktfreien Strecke wird die rechte Fahrbahnbegrenzung ähnlich wie in Frankreich mit einem unterbrochenen Strich markiert. Seine Breite beträgt 20 cm; der Strich ist 20 m lang, die Lücke 4 m. Die Fahrstreifentrennung erfolgt mit 10 cm breiten Leitlinien, die im Verhältnis 5 m Strich, 12 m Lücke aufgebracht werden. Die Linien zur Abgrenzung der Verzögerungs- und Beschleunigungsstreifen werden 40 cm breit ausgeführt und weisen ein Strich/Lücke-Verhältnis von 1m/1m auf.

Die spanischen Autobahnen sind in blau beschildert. Es existiert ein Numerierungssystem, welches allerdings nur die Anschlußstellen berücksichtigt und nicht die Knotenpunkte. Bei der Regelbeschilderung einer Ausfahrt wird 1000 m vorher eine Tafel mit dem Namen der Ausfahrt, der Ausfahrtnummer und einem Pfeilsymbol aufgestellt. Diese Tafel wird 500 m vor der Ausfahrt wiederholt. Am Beginn der Ausfädelungsspur befindet sich dann ein ähnliches Schild allerdings als Überkopftafel. Die spanischen Ausfahrten sind darüberhinaus mit Baken im Abstand von 300, 200 und 100 m vor dem Beginn der Verzögerungsspur beschildert. In der Ausfahrt selbst wird in der Regel die zulässige Geschwindigkeit stufenweise von 100 auf 60 km/h heruntergeregelt. Bei der Beschilderung der Einfahrten fällt auf, daß in der Richtlinie die Aufstellung von Vorfahrtsschildern empfohlen wird: "Vorfahrt achten" in der Zufahrtsrampe und "Vorfahrt" neben der Hauptfahrbahn in Höhe der Insektenspitze.

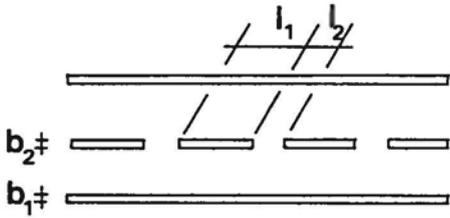
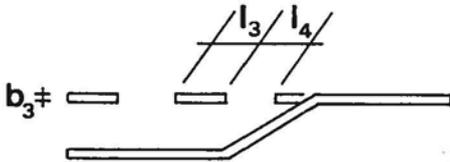
## Zusammenfassung

Bei den Fahrbahnmarkierungen auf der freien Strecke ergeben sich große Unterschiede in den untersuchten Ländern. Die Begrenzung der Fahrbahn erfolgt in der Regel mit einem durchgezogenen Breitstrich. Seine Breite variiert von 20 bis 30 cm. In Frankreich und Spanien wird die Markierung unterbrochen, um die Überfahrbarkeit zum Erreichen der Standspur zu verdeutlichen.

Die Trennung der Fahrspuren erfolgt mit unterbrochenen Leitlinien. Die Breite dieser Linien beträgt in der Regel 15 cm; sie sind in jedem Fall schmaler als die Fahrbahnbegrenzung. Bei den Strichlängen ergeben sich große Spannweiten; während häufig eine Länge zwischen 2 und 3 m zum Einsatz kommt, sind die Striche in anderen Ländern deutlich länger. Das Verhältnis zwischen der Strichlänge und der Länge der Lücke beträgt bei den langen Strichen etwa 1:2 und bei den kurzen Strichen 1:3 bis 1:4.

Die Trennung zwischen den Ein- bzw. Ausfädelspuren und der durchgehenden Fahrbahn erfolgt mit unterbrochenen Linien, die meistens genauso breit sind wie die Fahrbahnbegrenzungen an der freien Strecke, teilweise sind sie auch breiter. Die Maße liegen zwischen 20 und 45 cm. Die Strichlängen variieren zwischen 1 und 6 m; das Verhältnis Strich/Lücke ist im Bereich der Ein- und Ausfädelspuren in der Regel 1:1, nur in den Niederlanden beträgt es 1:3. Damit ist das Strich/Lücke-Verhältnis im Bereich der Ein- und Ausfahrten (nahezu) einheitlich gestaltet.

Als Markierungsbesonderheiten sind die flächig markierten Inseispitzen in den Niederlanden (normalerweise als Schraffur), die Abstandswarnmarkierungen mit gelben Winkeln auf den französischen Autobahnen und die Nebelwarnmarkierungen in Italien zu nennen. Die "offene" Markierung der keilförmigen Einfahrten in Dänemark stellt eine Abweichung von allen anderen Ländern dar.

	FREIE STRECKE				TRENUNG IN DER EIN-/AUSFAHRT		
							
	$b_1$ cm	$b_2$ cm	$l_1$ m	$l_2$ m	$b_3$ cm	$l_3$ m	$l_4$ m
Deutschland	30	15	6	12	30	6	6
Frankreich	22,5 <sup>1)</sup>	15	3	10	37,5	3	3,5
Großbritannien	20	10	2	7	20	1	1
Niederlande	20	15	3	9	45	1	3
Portugal	30	15	8	20	30	3	4
Belgien	30	20	2,5	10	30	1	1,5
Irland <sup>2)</sup>							
Italien	25	15	4,5	7,5	25	3	3
Dänemark	30	15	5	10	30	6	6
Spanien	20 <sup>3)</sup>	10	5	12	40	1	1

1) unterbrochen im Verhältnis 20 m Strich/6 m Lücke  
2) siehe Großbritannien  
3) unterbrochen im Verhältnis 20 m Strich/4 m Lücke

Abb. 29: Autobahn-Markierungen im Ländervergleich

	<b>FARBE DER SCHILDER</b>	<b>KNOTEN- PUNKT NUMERIERUNG</b>	<b>STATIONEN DER ANKÜNDIGUNGS- UND WEGWEISER-TAFELN</b>  (in Meter vor dem Beginn der Ausfahrt)		
<b>Deutschland</b>	<b>blau</b>	<b>ja</b>	<b>1000</b>	<b>500</b>	<b>0</b>
<b>Frankreich</b>	<b>blau</b>	<b>ja</b>	<b>2000</b>	<b>1000</b>	<b>0</b>
<b>Großbritannien</b>	<b>blau</b>	<b>ja</b>	<b>1600</b>	<b>800</b>	<b>0</b>
<b>Niederlande</b>	<b>blau</b>	<b>nein</b>	<b>1200</b>	<b>600</b>	<b>300</b>
<b>Portugal</b>	<b>blau</b>	<b>ja</b>	<sup>2)</sup> <b>2000</b>	<b>1000</b>	<b>350</b>
<b>Belgien</b>	<b>blau</b>	<b>ja<sup>1)</sup></b>	<b>1500</b>	<b>800</b>	<b>500</b>
<b>Irland<sup>3)</sup></b>					
<b>Italien</b>	<b>grün</b>	<b>nein</b>	<b>1000</b>	<b>700</b>	<b>500</b>
<b>Dänemark</b>	<b>blau/grün</b>	<b>ja<sup>1)</sup></b>	<b>1000</b>	<b>500</b>	<b>0</b>
<b>Spanien</b>	<b>blau</b>	<b>ja<sup>1)</sup></b>	<b>1000</b>	<b>500</b>	<b>0</b>
<b>1) nur Anschlußstellen, keine Autobahnknotenpunkte</b> <b>2) vor der Inselfpitze</b> <b>3) siehe Großbritannien</b>					

**Abb. 30: Autobahn-Beschilderungen im Ländervergleich**

Die Beschilderung der Autobahnen erfolgt in der Regel in der Farbe blau. Nur in Italien sind die Schilder grün. In sieben Ländern existiert ein Numerierungssystem der Knotenpunkte; in Belgien, Dänemark und Spanien bezieht sich dieses nur auf Anschlußstellen - nicht auf Autobahnknotenpunkte.

Bei der wegweisenden Beschilderung kommen Ankündigungs- und Wegweisertafeln verschiedenster Ausführungen zum Einsatz. Die Regelbeschilderung einer Ausfahrt erfolgt mit 3 oder 4 Tafeln in unterschiedlichen Abständen. In vier Ländern wird die erste Ankündigungstafel 1000 m vor der Ausfahrt aufgestellt. In den anderen Ländern erfolgt der erste Hinweis 1500 m vorher oder im Fall von Frankreich sogar schon 2000 m vorher. In Frankreich und Belgien werden zusätzlich Schilder auf dem Mittelstreifen aufgestellt.

Eine Regelbeschilderung mit Geschwindigkeitsbeschränkungen in der Ausfahrt erfolgt nur in Frankreich. Die zulässige Geschwindigkeit wird von 100 über 80 auf 60 km/h heruntergeregelt.

In den Einfahrten werden in einigen Ländern Verkehrslenkungstafeln aufgestellt, die die Art der Stromzusammenführung ankündigen.

In den Niederlanden gibt es ein eigenes Schild "Korte invoegstrook", das die Kraftfahrer auf eine Einfädelspur mit reduzierter Länge hinweist.

In Dänemark weist ein Schild 400 m vor der Einfahrt am rechten Rand der durchgehenden Fahrbahn auf die zusammenfließenden Ströme hin.

## 6. Verhaltensvorschriften

In diesem Kapitel sollen die Verhaltensvorschriften an Ein- und Ausfahrten betrachtet werden. Dabei geht es nicht um generelle Aspekte der Autobahnen wie die Zulassung bestimmter Fahrzeugtypen oder die zulässige Höchstgeschwindigkeit. Zu diesen Fragen sind in dem Bericht von O'Cinnéide [1] bereits Ausführungen gemacht worden. An dieser Stelle sollen nur die speziellen Aspekte des Ein- und Ausfahrens behandelt werden. Im Mittelpunkt steht die Frage des Einfahrens. Dort kann es passieren, daß ein Fahrer keine Lücke zum Einfädeln findet und das Ende der Beschleunigungsspur erreicht. Ist es erlaubt, dann auf der Standspur weiterzufahren (sofern diese vorhanden ist) oder muß er anhalten, auf eine geeignete Lücke warten und aus dem Stand anfahren? Außerdem interessiert die Frage, ob Fahrer auf der rechten Spur der durchgehenden Fahrbahn verpflichtet sind, einfahrenden behilflich zu sein, indem sie auf die linke Spur wechseln (sofern diese frei ist).

Nach dem europäischen Übereinkommen über Verkehrszeichen und -regeln gilt der Vorrang auf der durchgehenden Fahrbahn und es besteht keine Verpflichtung, den Fahrstreifen zu wechseln, um einem einfahrenden Fahrzeug Platz zu machen. Außerdem wird dort ausgeführt, daß Beschleunigungs- und Verzögerungstreifen benutzt werden müssen, sofern sie vorhanden sind [17].

In Deutschland dürfen Standspuren nur in Notfällen, jedoch nicht zur Weiterfahrt nach dem Ende des Beschleunigungstreifens benutzt werden. Demnach gibt es keine andere Möglichkeit für einen Fahrer, als am Ende des Beschleunigungstreifens anzuhalten und aus dem Stand anzufahren, falls er bis dahin keine Lücke gefunden hat. Fahrer auf der durchgehenden Fahrbahn haben in jedem Fall Vorfahrt und sind nicht verpflichtet, einfahrenden Fahrzeugen durch einen Wechsel auf die Überholspur behilflich zu sein [24].

Allerdings wird dieses Verhalten im Alltag häufig praktiziert. Dabei kann auch eine Rolle spielen, daß in den Verflechtungstrecken von Autobahnknotenpunkten (Kleeblattform) das sogenannte Reißverschlußverfahren üblich geworden ist, bei dem wechselseitig ein- und ausfahrende Fahrzeuge den Spurwechsel vornehmen. Von einigen Fahrern wird dies wahrscheinlich auf die Situation der Einfahrt übertragen. Nach dem Straßenverkehrsrecht der ehemaligen DDR war es verboten, den Fahrstreifen zu wechseln, um einem einfädelnden Fahrzeug behilflich zu sein. Diese Bestimmung wurde jedoch nach der Vereinigung gestrichen.

Neben der deutschen Straßenverkehrsordnung wurden die entsprechenden Regelwerke von Frankreich, Großbritannien, den Niederlanden und Italien ausgewertet [25], [26], [27], [28]. Dort konnte nur eine Abweichung hinsichtlich des Verhaltens an Ein- und Ausfahrten gefunden werden. Sie betrifft Italien und besagt, daß die Kraftfahrer bei Stau die Standspur benutzen dürfen, um eine Ausfahrt zu erreichen. Diese Vorbeifahrt am Stau ist ab 500 m vor der Ausfahrt (Vorankündigungstafel) erlaubt.

In Dänemark gilt jedoch eine gravierende Abweichung. Dort hat der Verkehr auf der durchgehenden Fahrbahn **keinen** Vorrang vor dem einfahrenden Verkehr. An den Einfahrten muß sich demnach der durchgehende und der einfahrende Verkehr verflechten, wobei derjenige Vorfahrt hat, der sich in dem keilförmigen Verflechtungsbereich weiter vorne befindet.

## 7. Verkehrssicherheit

In diesem Kapitel soll die Frage geklärt werden, welche Relevanz die Anschlußstellen für die Verkehrssicherheit besitzen. Dazu wurde zum einen die entsprechende Literatur ausgewertet und zum anderen eine eigene Unfallanalyse an 8 ausgewählten Anschlußstellen durchgeführt.

### 7.1 Literaturanalyse

Eine der ersten wichtigen Forschungsarbeiten zum Thema Verkehrssicherheit an Autobahnknotenpunkten in Deutschland wurde 1969 von Bitzl vorgelegt [30]. Der Autor hatte sich zwei Ziele gesetzt: a) den Einfluß der Knotenpunkte im Autobahnnetz und b) den Einfluß der planerischen Gestaltung der Autobahnknoten auf die Verkehrssicherheit zu erforschen. Zu diesem Zeitpunkt existierten in Deutschland Knoten älterer Bauart ohne parallele Beschleunigungs- bzw. Verzögerungsspuren neben Knoten neuerer Bauart, die derartige Spuren schon besaßen.

Bei diesen ersten Forschungsarbeiten wurden bereits grundsätzliche Probleme bei der Analyse des Unfallgeschehens an Knotenpunkten deutlich, die bis heute ihre Bedeutung nicht verloren haben. Diese Probleme betreffen zunächst die genaue Lokalisierung des Unfalls und seine Zuordnung zu dem konfliktauslösenden Fahrmanöver. Aus den Angaben der Polizeiprotokolle ist häufig nicht ersichtlich, ob sich der Unfall auf der durchgehenden Fahrbahn, auf der Ein- bzw. Ausfädelspur oder in der Rampe ereignet hat. Ebenso ungeklärt bleibt häufig, ob ein Unfall ursächlich mit dem Ein- oder Ausfahrmanöver zu tun hatte. Aus diesen Gründen wird in der Literatur seit über 20 Jahren auf die Bedeutung von örtlichen Einzeluntersuchungen mit Hilfe von Kollisionsdiagrammen hingewiesen.

Der zweite Problembereich bezieht sich auf die Berechnung relativer Unfallzahlen. Während an der Strecke die Verkehrsstärke als Exposuremaß naheliegt, stellt sich bei Einfahrten die Frage, ob die Verkehrsstärke der durchgehenden Fahrbahn, die Verkehrsstärke des einfahrenden Stroms oder eine Kombination der beiden Größen die sinnvollste Bezugsgröße darstellt. Da in den verschiedenen Forschungsarbeiten unterschiedliche Ansätze gewählt wurden, sind die Ergebnisse oft nicht vergleichbar.

Bitzl untersuchte über 400 km Autobahnstrecke und analysierte über 20 000 Unfälle. Für die ersten Analysen wurden 71 Knotenbereiche den Streckenabschnitten gegenübergestellt. Dabei ergab sich, daß 22 % der Unfälle an Knotenpunkten passierten, 78 % auf den dazwischenliegenden Streckenabschnitten. Für die Unfälle mit LKW-Beteiligung lag der Anteil der Knotenpunktsunfälle sogar bei 29 %.

Danach wurden die Unfälle an den Knotenpunkten einer genaueren Auswertung zugeführt. Diese Analysen umfaßten die Unfälle von 25 Knotenpunkten über einen Zeitraum von 5 Jahren. Sie zeigten, daß über die Hälfte aller Unfälle vom Typ "Auffahrunfall" sind. Die Auswertung der Unfallorte ergab folgende Verteilung für die verschiedenen Bereiche eines Knotenpunkts:

48 % im Einfahrbereich  
22 % im Ausfahrbereich

Auf den Rampen passierten nur etwa 2 % der Unfälle, die anderen verteilten sich auf die Verflechtungsstrecken und die Einmündung in die untergeordnete Straße. Damit weisen die Einfahrbereiche eine doppelt so hohe Unfallbelastung auf wie die Ausfahrbereiche.

Für die Unfallhäufigkeit im Bereich der Einfahrrampen besaß der Kurvenradius keinen statistisch gesicherten Einfluß.

Für den Einfahrbereich an der Hauptfahrbahn genügte ein linearer Ansatz der Verkehrsstärken der verflechtenden Ströme, um die jährliche Unfallzahl zu erklären:

$$U = -0,98 + 0,77 \times A + 2,21 \times B \quad (r = 0,73)$$

U = Unfälle pro Jahr

A = durchschnittliche jährliche Verkehrsmenge einer Fahrtrichtung abzüglich des Einfahrverkehrs mal  $10^{-6}$

B = durchschnittliche jährliche Verkehrsmenge des Einfahrverkehrs mal  $10^{-6}$

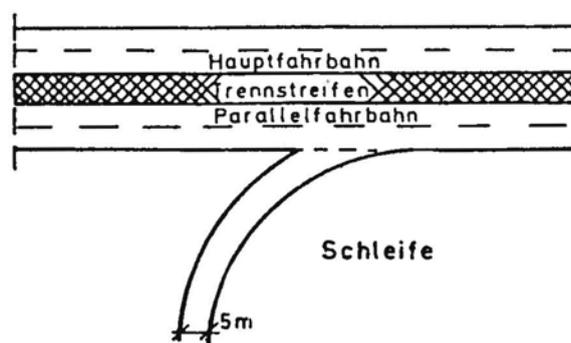
Die Auswertungen hinsichtlich der baulichen Gestaltung ergaben, daß die Einfahrten mit paralleler Beschleunigungsspur erheblich weniger Unfälle aufwiesen als die keilförmigen Direkteinfahrten. Die mittlere Unfallschwere betrug dort nur 60 % bezogen auf den Wert der Direkteinfahrten.

Auch bei den Ausfahrten zeigten sich deutliche Vorteile von parallelen Verzögerungsspuren. An den keilförmigen Direktausfahrten ergaben sich etwa doppelt so schwere Unfallfolgen wie an Ausfahrten mit paralleler Ausfädelungsspur oder Spursubtraktion.

Die Auswertung der Unfalldiagramme zeigte, daß sich an Ausfahrten mit paralleler Verzögerungsspur keine Unfälle im unmittelbaren Ausfahrbereich ereigneten. Dagegen wurden Kollisionen mit der Inselfspitze und das Abkommen von der Rampe nach links registriert. Bei den keilförmigen Ausfahrten traten Unfälle im Ausfahrbereich durch Fahrwegüberschneidungen beim Ausfädelungsvorgang auf.

Die Unfallanalysen zeigen damit insgesamt die positive Wirkung von parallelen Beschleunigungs- und Verzögerungsspuren auf die Verkehrssicherheit.

Ausschließlich mit den Einfahrten in Autobahnknotenpunkten (keine Anschlußstellen) befaßt sich eine Forschungsarbeit von Trapp [46]. Er untersuchte das Unfallgeschehen an den Einfahrten von 8 Knotenpunkten zwischen 1970 und 1974. Zu diesem Zeitpunkt existierten in den Knotenpunkten noch Direkteinfahrten von der Schleifen- bzw. Tangentenrampe in die Parallelfahrbahn; bei den Einfahrten in die Hauptfahrbahn existierten noch zweispurige Einfahrrampen, bei denen eine Spur direkt auf die Hauptfahrbahn führte.



**Abb. 31: Direkteinfahrten älterer Bauart in Deutschland**

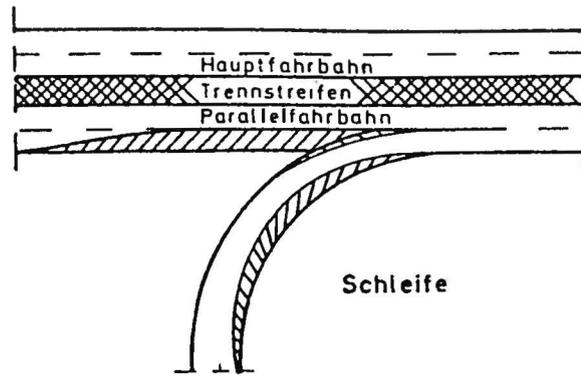
Die Unfallanalysen zeigten zunächst die besondere Bedeutung der Einfahrbereiche; die Unfälle verteilten sich folgendermaßen:

63 % in Einfahrten  
 13 % in Ausfahrten  
 24 % in Rampen

Von den Einfahrnfällen ereigneten sich die meisten beim Übergang von der Schleife in die Parallelfahrbahn (43 %). Hier spielen die größere Längsneigung und die Kurvenradien der Rampe sowie die schwierigeren Sichtverhältnisse eine entscheidende Rolle. Auf die Einfahrten von der Tangentenrampe in die Parallelfahrbahn entfielen 27 % der Unfälle und auf die Einfahrt der Parallelfahrbahn in die Hauptfahrbahn 30 %.

Insgesamt 59 % der Unfälle waren Auffahrnfälle.

An einigen Knotenpunkten wurden die Einfahrten nach neueren Erkenntnissen ummarkiert. Dabei wurde in der Parallelfahrbahn eine Spur eingezogen, so daß diese nun parallel mit der Schleifenrampe zusammengeführt werden konnte. Bei den Einfahrten in die Hauptfahrbahn wurde in der Rampe ebenfalls eine Spur eingezogen, so daß eine Führung mit paralleler Einfädelspur möglich wurde.



**Abb. 32: Einfahrten nach der Ummarkierung**

Vorher-Nachher-Vergleiche des Unfallgeschehens zeigten, daß die Unfallrate bei den Rampeneinfahrten durch die Ummarkierung im Mittel auf 1/8 des Ausgangswertes reduziert werden konnte. Auch bei den neu gestalteten Einfahrten in die Hauptfahrbahn ergaben sich Abnahmen, obwohl diese Einfahrten schon vorher eine höhere Sicherheit hatten als die Rampeneinfahrten.

Die Autoren der Forschungsarbeit forderten, daß alle Einfahrspuren in eine Einfädelspur auslaufen müssen oder als Spuraddition weiterzuführen sind. In die deutschen Richtlinien wurden daraufhin keine Einfahrten mehr mit Direkteinfahrbereichen aufgenommen (siehe Kap. 4).

Ebenfalls mit Autobahneinfahrten beschäftigt sich eine Untersuchung von Knoflacher aus dem Jahr 1982 [41]. Er analysierte Unfalldaten von Autobahnknoten in Deutschland aus den Jahren 1955 bis 1972. Darüberhinaus wurden Unfallerhebungen bei den Autobahnpolizeidienststellen für die Jahre 1970 bis 1972 durchgeführt sowie eigene Verhaltensbeobachtungen durchgeführt. Es wurden Einfahrten mit und ohne Beschleunigungsspur verglichen; die Einfahrten mit einer solchen Spur hatten um etwa 45 % reduzierte Unfallraten. Dieser positive Effekt macht sich nicht nur im unmittelbaren Einmündungsbereich bemerkbar sondern auch auf der Hauptfahrbahn nach dem Ende der Beschleunigungsspur. Es konnten keine signifikanten Zusammenhänge zwischen einzelnen Trassierungselementen und dem Unfallgeschehen gefunden werden. Allerdings ergaben sich Hinweise darauf, daß ortsunkundige Fahrer einen höheren Anteil an den Unfällen hatten, die an Einfahrten mit ungewöhnlicher Trassierung registriert wurden.

Die Verhaltensbeobachtungen zeigten, daß der größte Teil der Fahrer in einem Bereich von 40 bis 120 m nach der Inselspitze einfädelt. Bei steigender Verkehrsstärke auf der durchgehenden Fahrbahn verschob sich der Bereich zum Ende der Einfädelspur. Knoflacher plädiert für 250 bis 350 m lange Beschleunigungsspuren, wobei an deren

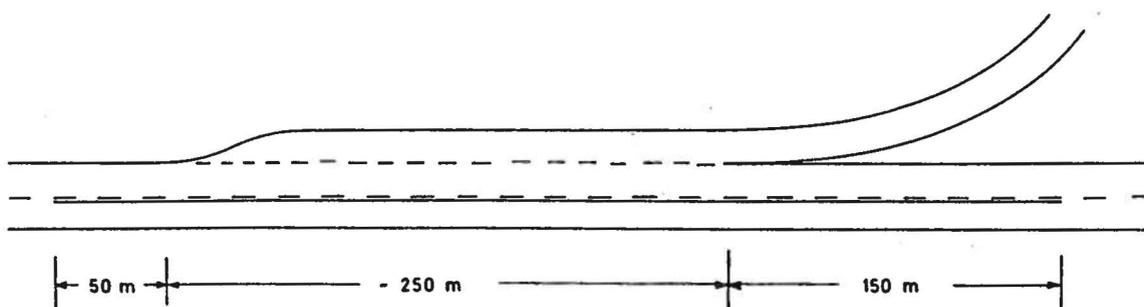
Beginn nur eine kurze Sperrfläche oder durchgezogene Markierung angebracht werden sollte, um den Fahrern ein frühzeitiges Einfädeln zu ermöglichen. Als ideale Einfahrtsgeschwindigkeit gab er 75-90 km/h an. Die Unfallanalysen gaben keine Anhaltspunkte für eine Forderung nach einer Beleuchtung von Einfahrten.

Einen etwas tieferen Einblick in den Unfallhergang geben Untersuchungen von Schnüll und Kockelke [39]. Sie beziehen sich zwar auf Knotenpunkte an zweispurigen Straßen, liefern jedoch detaillierte Informationen, da die Unfalldiagramme einzeln analysiert wurden. Sie bestätigen zunächst Ergebnisse anderer Untersuchungen, wonach die Einfahrten problematischer als die Ausfahrten sind; dort ereigneten sich fast doppelt so viele Unfälle. In den Einfahrten dominiert der Auffahrunfall, die Einzelanalysen zeigten nun, wie diese zustandekommen. Bei Einmündungswinkeln von 10 bis 25 gon - einem Bereich, bei dem die Sichtverhältnisse besonders ungünstig sind - geschahen die Unfälle, wenn sich die Fahrer in Höhe der Inselspitze umsahen, um ausreichende Informationen über den bevorrechtigten Verkehrsstrom zu erhalten. Die Häufigkeit derartiger Unfälle verringerte sich auch dann nicht wesentlich, wenn eine Einfädelungsspur vorhanden war.

Unfälle vom Typ "Einfahrfehler" ereigneten sich fast ausschließlich an Einfahrten ohne Einfädelungsspur und hatten meist schwere Folgen.

In den Ausfahrten passierten häufig Unfälle durch Abkommen vor der Fahrbahn im Bereich der Inselspitze. Hier wurden als Ursachen überhöhte Geschwindigkeiten in Verbindung mit zu kurzen Ausfahrtöffnungen vermutet.

In einer Forschungsarbeit von Jeuken und Trapp wurden die Auswirkungen einer einseitigen Fahrstreifenbegrenzung an Einfahrten untersucht [34].



**Abb. 33: Einseitige Fahrstreifenbegrenzung in Höhe der Einfahrt**

Diese Art von Markierung verbietet den Fahrstreifenwechsel vom Überhol- auf den Fahrstreifen im Bereich der Einfahrt. Daraus ist zu folgern:

- a) Vermeidung der sonst möglichen gleichzeitigen Belegung des Fahrstreifens von Fahrzeugen des Überholstreifens und des Einfädelungsstreifens.
- b) Vermehrung bzw. Vergrößerung der Einfahrlücken.

Es wurden 5 Einfahrten in der beschriebenen Art ummarkiert. Mit Vorher-Nachher-Untersuchungen zum Fahrverhalten, den Geschwindigkeiten und dem Unfallgeschehen wurden die Auswirkungen untersucht. Als kritischer Wechsel vom Überhol- zum Fahrstreifen wurden alle Wechsel gewertet, bei denen sich ein anderes Fahrzeug auf dem Einfädelungsstreifen befand.

Die wichtigsten Ergebnisse der Untersuchungen waren folgende:

- Die Geschwindigkeiten auf der durchgehenden Fahrbahn sinken um etwa 5 km/h.
- Die Fahrstreifenwechsel nach links nehmen deutlich zu (46 %).
- Die Fahrstreifenwechsel nach rechts nehmen deutlich ab (50 %). Sie gehen nicht gegen Null, d.h. das Verbot wird von einer Vielzahl der Fahrer nicht befolgt.
- Auch die Zahl der kritischen Fahrstreifenwechsel nach rechts nimmt um die Hälfte ab.
- Die Unfallanalysen für den Zeitraum vor der Ummarkierung (3 Jahre, 129 Unfälle) ergaben, daß sich kein einziger Unfall ereignet hatte, der auf eine gleichzeitige Belegung der Fahrspur zurückzuführen ist. Eine Untersuchung für den Nachherzeitraum wurde nicht durchgeführt.

Die Autoren empfehlen aufgrund der Untersuchungsergebnisse keine generelle Anwendung der einseitigen Fahrstreifenbegrenzung, da die kritischen Fahrstreifenwechsel selten waren, die Markierung eher schlecht akzeptiert wurde und eine Verbesserung der Unfallsituation und der Zeitlückenverteilung nicht zu erwarten war.

Ende der 1970er Jahre ging die Bundesanstalt für Straßenwesen in einer umfangreichen Untersuchung dem Problem von Falschfahrten (Wrong-Way Driving) auf deutschen Autobahnen nach [29]. Dabei sollten die Häufigkeit, die Ursachen und das Unfallrisiko bei Falschfahrten analysiert werden. Sämtliche Autobahndienststellen meldeten 2 Jahre lang alle Falschfahrten, die beobachtet oder angezeigt wurden. Für das Jahr 1978 wurde die amtliche Unfallstatistik ausgewertet und zwei soziologisch-psychologische Gutachten wurden in Auftrag gegeben. Folgende Ergebnisse sind von Bedeutung:

- 1) Falschfahrten sind seltene Ereignisse, den ungefähr 2 Millionen "richtigen" Fahrten pro Tag standen 1978 knapp 5 Falschfahrten pro Tag gegenüber.
- 2) Fast die Hälfte aller Falschfahrten wurde durch falsches Ausfahren (z.B. von der Hauptfahrbahn in die Einfahrrampe anstatt in die Ausfahrrampe) und durch unerlaubtes Wenden ausgelöst. Falsches Einfahren in die Autobahn durch Überwechseln von der Einfahr- in die Ausfahrrampe spielt eine geringe Bedeutung.

- 3) In 7 % der bekannt gewordenen Falschfahrten kam es zu einem Unfall. Die mittlere Unfallschwere war dabei deutlich höher als bei anderen Autobahnunfällen.
- 4) Nachts ist das Unfallrisiko erheblich höher; ältere Fahrer sind überdurchschnittlich häufig beteiligt; jeder dritte Fahrer stand unter Alkoholeinfluß.
- 5) Falschfahrten werden überwiegend durch Orientierungsverlust ausgelöst. "Bewußte" Falschfahrten erfolgen zum Ausgleich eines vorangegangenen Fehlers.

Die Autoren der Studie geben auf der Grundlage der Untersuchungsergebnisse zahlreiche Maßnahmenvorschläge zur Vermeidung von Falschfahrten an. Neben den Verbesserungsvorschlägen bei der Aufklärung und Ausbildung der Kraftfahrer sowie beim Rundfunk-Warnsystem beziehen sich viele Maßnahmen auf die Markierung und Beschilderung. Von diesen Vorschlägen ist beispielsweise die Verbesserung der Beschilderung im Gegenverkehrsbereich der Rampen in den letzten Jahren in großem Umfang umgesetzt worden. Die Verlängerung der durchgezogenen Linie im Einfahrbereich ist ebenfalls häufig durchgeführt worden. Als Variante kam auch die Markierung eines Doppelstrichs zur Anwendung (Hessen). Darüberhinaus haben die Vorschläge Eingang in die Richtlinien für die Beschilderung und Markierung von Autobahnen gefunden.

In den englischen Richtlinien werden Ergebnisse von Verkehrssicherheitsuntersuchungen bei der Diskussion der Entwurfselemente genannt [10]. Die wichtigsten betreffen eine Untersuchung an Ein- und Ausfädelungsspuren und eine an Schleifenrampen. Bei der ersten Arbeit wurden Unfälle an 53 Knoten zwischen 1979 und 1981 ausgewertet. Es handelte sich um 3-spurige und 2-spurige Fahrbahnen sowie um 3-spurige Fahrbahnen mit Spursubtraktion. An den Ein- und Ausfahrten der 2-spurigen Richtungsfahrbahnen ergaben sich höhere Unfallraten als an 3-spurigen. Die Ausfahrten mit Spursubtraktion fielen durch eine höhere Unfallschwere auf. Es wurde der Schluß gezogen, daß in diesen Ausfahrten eine deutlichere Beschilderung notwendig sei (z.B. mit Portalwegweisern).

Die zweite Studie beschäftigte sich mit Schleifenrampen. In den Jahren 1974 bis 1978 wurden 88 Rampen von Autobahnen und anderen Schnellstraßen untersucht. Die Rampen hatten Radien zwischen 15 und 75 m und Längen zwischen 40 und 350 m. Die Auswertungen ergaben, daß Schleifenrampen 5mal höhere Unfallraten aufwiesen als die Streckenabschnitte. Die Unfallschwere lag dabei in Autobahnschleifenrampen höher als in Schleifenrampen anderer Schnellstraßen. Folgende Vorschläge für die sichere Gestaltung von Schleifenrampen mit engen Radien wurden gegeben:

- Freihalten der Sichtfelder
- Geschwindigkeitsbeschränkungen, Verkehrszeichen "Kurve" und Schraffuren
- Leitplanken in den Außenkurven
- bauliche Trennung in Bereichen mit Gegenverkehr
- Beleuchtung.

Die Unfallforschungen an Knotenpunkten in Großbritannien sollen weitergeführt werden.

Abschließend soll noch eine amerikanische Studie angesprochen werden, die den Zusammenhang zwischen der Länge von Beschleunigungs- bzw. Verzögerungsspuren und der Unfallrate untersucht [32]. Dazu wurden die Unfalldaten aus 20 amerikanischen Staaten für die Jahre 1959 bis 1965 ausgewertet. Es wurden Unfallraten (Unfälle pro  $100 \times 10^6$  Fahrzeuge) berechnet und diese den Spurlängen sowie den Prozentanteilen des ein- bzw. ausfahrenden Verkehrs gegenübergestellt.

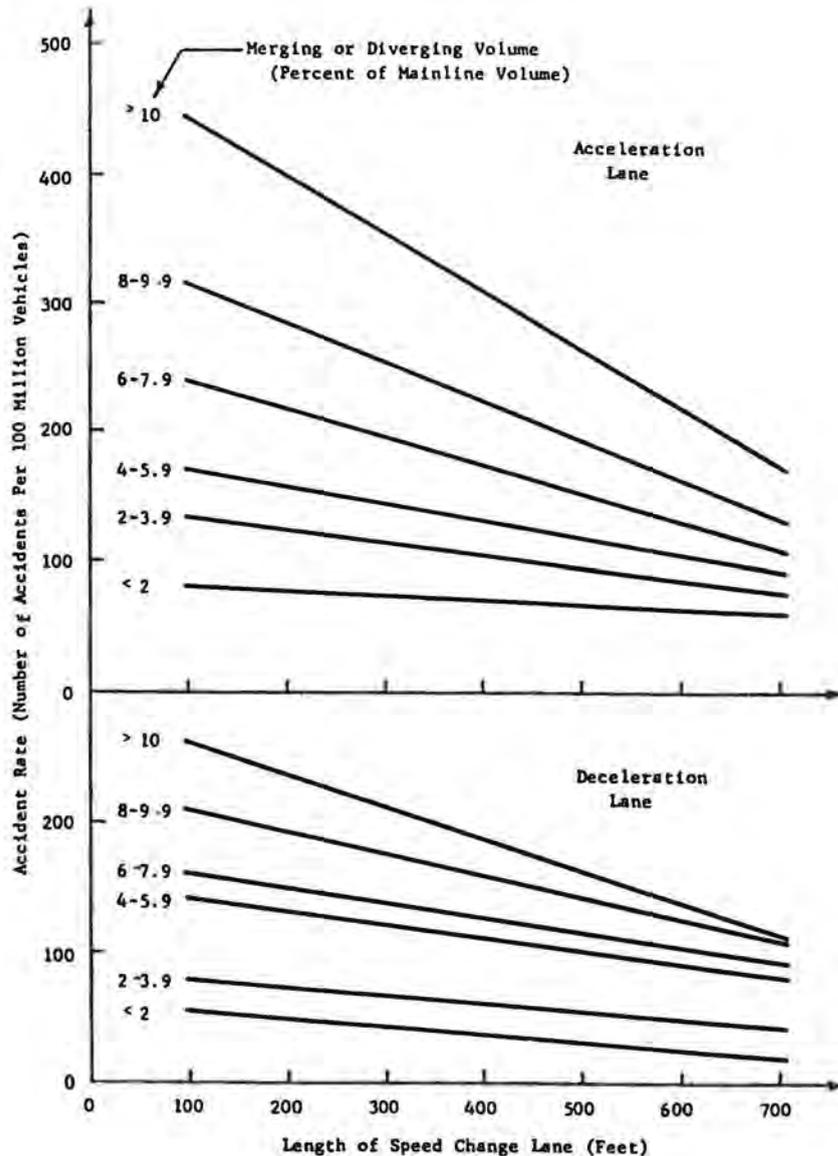


Abb. 34: Ergebnisse einer amerikanischen Studie

Die Ergebnisse zeigen, daß längere Beschleunigungs- bzw. Verzögerungsspuren positive Auswirkungen auf die Unfallrate haben. Die Effekte sind bei Einfahrten stärker als bei

Ausfahrten. Außerdem wird der Einfluß der Verkehrsstärke im ein- bzw. ausfahrenden Strom deutlich. Je höher der Anteil ein- bzw. ausfahrender Fahrzeuge am durchgehenden Verkehr ist, desto höher liegen die Unfallraten. Damit wird zum Abschluß der Besprechung von Forschungsergebnissen nochmals in einer sehr anschaulichen Darstellung deutlich, welche positiven Effekte auf die Verkehrssicherheit ausreichend langen Beschleunigungs- und Verzögerungsspuren zugesprochen werden.

## 7.2 Eigene Analysen

Um die Erkenntnisse der Literaturrecherche zur Verkehrssicherheit mit vertieften und aktuellen Detailanalysen zu ergänzen, wurden an 8 ausgewählten Anschlußstellen in Nordrhein-Westfalen eigene Unfallauswertungen durchgeführt. Bei den 8 Anschlußstellen handelt es sich in 3 Fällen um 6-spurige Autobahnen und in den anderen 5 Fällen um 4-spurige. Zwei Anschlußstellen weisen Ein- und Ausfahrten mit Trassierungselementen unterhalb des Standards auf, zwei andere waren erst weniger als 5 Jahre alt und entsprechend richtliniengerecht ausgebaut. Eine Anschlußstelle liegt in topografisch schwierigem Gelände.

Von dem zuständigen Autobahnamt wurden Lagepläne der Anschlußstellen im Maßstab 1:1000 zur Verfügung gestellt, aus denen die geometrischen Entwurfsgrößen abgelesen werden können. Die Autobahnpolizeidienststelle der betreffenden Region lieferte für die Jahre 1990 bis 1992 die Daten aller registrierten Unfälle im Bereich der Anschlußstelle. Bei den Mitarbeitern beider Institutionen möchte ich mich an dieser Stelle für die Unterstützung und die interessanten Informationen aus der Praxis bedanken.

Die ausgewerteten Daten beziehen sich auf Unfälle mit schwerem Sachschaden (über 4000 DM bei einem der Beteiligten) und/oder Personenschaden. Sogenannte Bagatellunfälle standen als Zusatzinformation für die ersten 9 Monate des Jahres 1993 zur Verfügung. Die Datenlisten enthielten u.a. die Unfallschwere, den Unfalltyp, die Ursachen und die Beteiligten. Es wurden Unfälle im Bereich der Ein- und Ausfädelungsspuren und in den Rampen betrachtet.

An den 8 Anschlußstellen ereigneten sich in den 3 betrachteten Jahren insgesamt 295 Unfälle; 125 davon waren mit Personenschaden verbunden. Für die Auswertungen interessierte nun besonders, wieviele Unfälle beim Ein- und Ausfädeln passierten und ob es einen Zusammenhang mit der Gestaltung der Ein- bzw. Ausfahrt gibt. Da nicht die einzelnen Kollisionsdiagramme ausgewertet werden konnten, blieb nur der Weg über die Ursachenklassifizierung. Der deutsche Unfallursachenkatalog kennt Ursachenbezeichnungen, die in Kombination mit dem Unfalltyp und der Lokalisierung des Unfalls eindeutig auf Unfälle beim Ein- und Ausfahren hindeuten (Fehlerhaftes Wechseln des Fahrstreifens oder Nichtbeachtung des Reißverschlußverfahrens, Nichtbeachten der Vorfahrt des durchgehenden Verkehrs auf Autobahnen, starkes Bremsen des Vorausfahrenden ohne zwingenden Grund). Anhand dieser Kriterien wurden Unfälle eindeutig dem Typ "Ein-/Ausfädelunfall" zugeordnet. Dabei werden vermutlich Ausfahrnunfälle etwas weniger berücksichtigt, da diese häufig "ungenügenden Sicherheitsabstand" als Ursache haben.

	<b>Unfälle mit schwerem Sachschaden und/oder Personenschaden 1990-1992</b>	
	<b>absolut</b>	<b>relativ</b>
<b>Alleinunfälle</b>	<b>59</b>	<b>20 %</b>
<b>Unfälle im Längsverkehr (Auf- fahrnfall, Überholen, etc)</b>	<b>154</b>	<b>52 %</b>
<b>Unfälle beim Ein- oder Ausfädeln</b>	<b>48</b>	<b>16 %</b>
<b>Wild oder Hindernis auf der Fahrbahn, Überladung, etc.</b>	<b>18</b>	<b>6 %</b>
<b>Sonstige</b>	<b>16</b>	<b>5 %</b>
<b>Summe</b>	<b>295</b>	<b>100 %</b>

**Abb. 35: Unfälle an 8 Anschlußstellen, eigene Analysen**

Die Auswertungen zeigen, daß die Hälfte der Unfälle in den Anschlußstellen als Auffahr- oder Überholunfälle passierten. Die anderen Unfälle verteilen sich auf Alleinunfälle (Abkommen von der Fahrbahn) und Unfälle beim Ein- und Ausfädeln. Über 10 % der Unfälle haben mit verlorener Ladung, Wild auf der Fahrbahn oder technischen Mängeln der Fahrzeuge zu tun bzw. wurden von der Polizei keinem Unfalltyp zugeordnet. Von den Ein- und Ausfädelunfällen ereignete sich der deutlich größte Teil beim Einfädeln (85 %).

Anschlußstelle				Länge Ein-/Ausfädelspur in (m)	Mindestradius Rampe in (m)	Unfälle pro Jahr	Unfalltyp			
Nr	Name	Spuren	Skizze				Kfz/Tag	Allein	Längsverkehr	Ein-/Ausfädeln
1	Königsforst (A3)	6		58.000	≥ 250	≥ 50	11	35 %	38 %	27 %
2	Siebengebirge (A3)	6		54.000	≥ 250	≥ 50	11	41 %	56 %	3 %
3	Eschweiler (A4)	4		55.000	< 100	≥ 50	24	4 %	78 %	18 %
4	Weisweiler (A4)	4		55.000	< 100/ ~ 200	< 50	15	16 %	47 %	36 %
5	Buir (A4)	4		54.000	≥ 250	≥ 50	7	18 %	68 %	14 %
6	Klettenberg (A4)	6		80.000	≥ 250	≥ 50	9	15 %	65 %	19 %
7	Gummersbach (A4)	4		40.000	≥ 250	≥ 50	8	48 %	48 %	4 %
8	Bergheim (A61)	4		33.000	≥ 250	≥ 50	2	57 %	43 %	0 %
Mittelwert über alle Stellen							11	23 %	59 %	19 %

Abb. 36: Unfallgeschehen und Ausbaustandard an 8 ausgewählten Anschlußstellen

Betrachtet man die 8 Anschlußstellen im einzelnen, so ergibt sich ein Zusammenhang zwischen dem Unfallgeschehen und dem Ausbaustandard. In der Tabelle ist die Gesamtzahl der schweren Unfälle pro Jahr genannt und für die relevanten Unfalltypen Alleinunfall, Auffahrunfall und Unfall beim Ein- oder Ausfädeln die prozentuale Verteilung auf diese 3 Typen angegeben. Die Tabelle zeigt folgende Ergebnisse:

- 1) Die Anschlußstelle Nr. 3 hat die mit Abstand höchste Unfallbelastung. Es passieren fast keine Alleinunfälle jedoch überdurchschnittlich viele Auffahrunfälle. Die Auffahrunfälle wurden schwerpunktmäßig in der Einfahrt registriert, die im Anschluß an einen Rampenradius von  $R=50$  m nur eine Einfahrtöffnung von 70 m aufweist. Es existiert keine parallele Einfädelspur.
- 2) Die zweit höchste Unfallbelastung wurde an der Stelle Nr. 4 beobachtet. Dabei ergab sich der größte Anteil an Unfällen beim Ein- und Ausfädeln im Vergleich mit allen untersuchten Stellen. Die Unfälle passierten überwiegend beim Einfädeln; die Rampenradien liegen unter 50 m und die Einfahrten haben in einem Fall gar keine parallele Einfädelspur und im anderen eine zu kurze.
- 3) Die anderen Anschlußstellen haben Standardmaße bei der Spurlänge und dem Rampenradius, ihre Unfallbelastung liegt in der Regel zwischen 8 und 11 Unfällen pro Jahr. Stelle Nr. 8 fällt durch die niedrigste Unfallzahl auf, sie weist die niedrigste Verkehrsstärke auf der Hauptfahrbahn auf und wurde erst in jüngster Vergangenheit gebaut.
- 4) Hohe Anteile von Alleinunfällen fallen bei den Stellen Nr. 1, 2 und 7 auf. Die Analysen zeigten, daß diese häufig in den Rampen passierten. Die Stellen Nr.1 und 2 fallen durch sehr lange Rampen auf; Stelle Nr. 7 hat starke Längsneigungen in den Rampen und die Anschlußstelle liegt in einer Kurve.

Damit zeigen die Unfallanalysen an 8 ausgewählten Stellen deutliche Zusammenhänge zwischen dem Ausbaustandard und dem Unfallgeschehen. Fehlende parallele Einfädelspuren, kurze Einfahrtöffnungen und kleine Radien führen zu höheren Unfallbelastungen. Außerdem ergeben sich Hinweise darauf, daß besonders lange Rampen und Anschlußstellen in Kurven ungünstige Wirkungen auf die Verkehrssicherheit haben.

Faßt man die Ergebnisse der Literaturoswertung - die sich überwiegend auf Quellen aus Deutschland bezieht - und diejenigen der eigenen Unfallanalysen zusammen, so ergibt sich folgendes Bild:

- 1) An Knotenpunkten und Anschlußstellen häufen sich Unfälle.
- 2) Verschiedene Untersuchungen belegen die größere Bedeutung von Einfahrten gegenüber Ausfahrten beim Unfallgeschehen. An Einfahrten passieren zwei- bis viermal so viele Unfälle wie an Ausfahrten. Unfälle in Rampen sind dagegen seltener (Anteile zwischen 2 und 20 % am Unfallgeschehen), wenngleich Schleifenrampen aufgrund der engen Radien und schwierigen Sichtverhältnisse immer wieder negativ auffallen.

- 3) In Ein- und Ausfahrten dominiert der Auffahrunfall (50 bis 60 % der Unfälle).
- 4) Alle Untersuchungen zeigen die sicherheitsfördernde Wirkung von parallelen Beschleunigungs- und Verzögerungsspuren ausreichender Länge. Die Unfallzahlen liegen an Einfahrten mit paralleler Einfädelungsspur 40 bis 45 % niedriger als an Direkteinfahrten. Bei Experimenten mit Ummarkierungen ergaben sich drastische Senkungen der Unfallzahlen. Es lassen sich deutliche Zusammenhänge zwischen der Länge von Ein- bzw. Ausfädelungsspuren und dem Unfallgeschehen nachweisen.
- 5) Die Bedeutung deutlicher Markierungen und verständlicher Beschilderungen wird belegt. Es ergaben sich Hinweise, daß ortsunkundige Fahrer mehr Probleme in schwierig trassierten Ein- und Ausfahrten haben als ortskundige.
- 6) Einseitige Fahrstreifenbegrenzungen zum Verhindern des Wechsels von der linken auf die rechte Spur im Bereich von Einfahrten werden zur generellen Anwendung nicht empfohlen. Die Zunahme der Wechsel nach links in der Annäherung an die Einfahrt kompensieren die Vorteile eines homogeneren Verkehrsablaufs, außerdem wurde die Markierung häufig mißachtet. Es wird keine Verbesserung der Zeitlückenverteilung im Hauptstrom erwartet.

## 8. Forschungsergebnisse zum Verkehrsablauf und zur Leistungsfähigkeit

In diesem Kapitel werden die wichtigsten Ergebnisse von Forschungsarbeiten zum Verkehrsablauf und zur Leistungsfähigkeit von Ein- und Ausfahrten zusammengestellt.

### Verbindungsrampen

Mit der Querschnittsgestaltung von einspurigen Rampen befaßt sich eine Forschungsarbeit von Schnüll und Meinefeld [40]. Es ging um die Festlegung der Rampenbreiten und die Notwendigkeit einer Standspur. Der Festlegung von Maximal- und Minimalbreiten kommt eine erhebliche Bedeutung zu, wenn einerseits zweispuriges Fahren unterbunden werden muß, andererseits ein defektes Fahrzeug nicht den gesamten Verkehr zum Erliegen bringen darf. Es wurden Beobachtungen des Fahrverhaltens durchgeführt und die Auswirkungen von Nothalten in Rampen auf die Sicherheit und die Leistungsfähigkeit untersucht. Die wichtigsten Ergebnisse waren folgende:

- Die meisten Kraftfahrer optimieren den Fahrweg in Rampen mit Hilfe des Kurvenschneidens und des Nach-außen-tragen-lassens. Sie vergrößern damit ihre mögliche Geschwindigkeit.
- Die Markierungen der Standspuren werden überfahren. Bei einer Spurbreite von 2,50 m zuzüglich 0,50 m Randstreifen werden Standspuren als vollwertige Fahrstreifen angesehen.
- Der Rampenradius hat nur unterhalb von  $R=100$  m einen Einfluß auf das Geschwindigkeitsverhalten.
- Die 7,75 m breiten Rampen sind eindeutig zu breit, die 4,25 m breiten Rampen sind in engen Kurven zu schmal.
- Nothalte und Unfälle in Rampen sind seltene Ereignisse: im Mittel ereignet sich ein Nothalt pro Monat und ein bis zwei Unfälle im Jahr. Ein haltendes Fahrzeug stellt jedoch bei schlechten Sichtverhältnissen eine große Gefahr dar.
- Bei der Betrachtung von Schleppekurven wurde für Radien  $R > 50$  m eine erforderliche Breite von 5,00 bis 5,50 m ermittelt. In diesem Querschnitt ist lediglich die Vorbeifahrt eines Lastzuges an einem liegengebliebenen Lastzug nicht möglich.

Die Autoren leiten aus den Ergebnissen folgende Empfehlungen ab:

- Bei Neubauten reicht eine befestigte Breite der Rampen von 5,00 bis 5,50 m aus.
- Bei vorhandenen Rampen mit guten Sichtverhältnissen ist eine Abmarkierung der Standspur bei Rampenbreiten bis zu 7,75 m nicht nötig.
- Bei vorhandenen Rampen mit schlechten Sichtverhältnissen sollte bei Rampen bis zu 6,50 m Breite ein befestigtes Bankett zum Abstellen liegengebliebener Fahr-

zeuge vorhanden sein. Bei Rampenbreiten von 6,50 m und mehr kann zu diesem Zweck eine schmale Standspur abmarkiert werden.

In den AH-RAL-K-2 [4] wurde später für Deutschland ein Querschnittsvorschlag von 5,50 m für einspurige Rampen übernommen.

In einer Untersuchung von Marx u.a. [37] für das österreichische Ministerium für Bauten und Technik wurden die Auswirkungen einer Verminderung der Entwurfsstandards von Anschlußstellen analysiert. Dabei ging es hauptsächlich um die Verbindungsrampen, da diese für den Bauaufwand und den Flächenbedarf die größte Bedeutung haben. Es wurden für verschiedene Geschwindigkeitsbereiche Minimalradien auf der Grundlage von theoretischen Betrachtungen zum Seitenreibungsbeiwert ermittelt. Der Sicherheitsnachweis erfolgte über die rechnerische Erfassung der tangentialen und radialen Komponente der erforderlichen Haftreibung. Neben der stationären Kurvenfahrt wurden auch die Bremsung in den Minimalradien untersucht.

Es zeigte sich, daß gegenüber den Richtlinien erhebliche Abweichungen bezüglich der festgesetzten Minimalradien auftreten. Die Autoren schlagen folgende Mindestradien für den Bereich bis zu 6 % Querneigung und bis zu 6 % Längsneigung vor:

Rampengeschwindigkeit in km/h	Mindestradius in m
30	20
40	30
50	55
60	100
70	180
80	450

**Abb. 37: Vorschlag für Rampenradien einer österreichischen Studie [23]**

Diese Vorschläge bedeuten gegenüber den gültigen österreichischen Richtlinien bei  $v \leq 60$  km/h kleinere Radien, bei  $v = 70$  bis 80 km/h größere Radien.

Auch für die minimalen Radien der Kuppen- und Wannenausrundungen werden Vorschläge gemacht:

Rampengeschwindigkeit in km/h	Mindestkuppenradius in m	Mindestwannenradius in m
30	500	250
40	1000	500
50	1800	750
60	3200	1000
70	5400	1400
80	8500	2000

**Abb. 38: Vorschlag für Kuppen- und Wannenausrundungsradien einer österreichischen Studie [23]**

Auf die Praxis übertragen zeigte sich, daß durch die Anwendung der verminderten Entwurfselemente bei Anschlußstellen eine Reduktion der Baukosten von durchschnittlich 20 % und des Flächenbedarfs von durchschnittlich 40 % zu erzielen wäre.

### Ausfahrten

Trapp [45] untersuchte in einer Forschungsarbeit die Leistungsfähigkeit der deutschen Standardausfahrtstypen A1 bis A4 der RAL-K-2. Bei einer Normallänge von 250 m ermittelte er eine maximale Kapazität von 1000 Kfz/h. Die Leistungsfähigkeit des Typs A2 (zweispurig) kann erhöht werden, wenn

- die zweispurige Ausfahrt durch Beschilderung angekündigt wird,
- eine Standspur die Leistungsfähigkeit der Rampe erhöht
- die Ausfahrt rechtzeitig erkennbar ist.

Diese Bedingungen lassen eine Leistungsfähigkeit von 1500 bis 1800 Kfz/h erwarten. Beim Typ A3 werden zwei Ausfädelungsspuren von 500 m Länge angelegt, die Leistungsfähigkeit steigt auf 2000 bis 2400 Kfz/h. Der Typ A4 kann mit einer Spursubtraktion ebenso starke Abbiegeströme bewältigen (Ausfahrtstypen siehe Kap. 4.3).

Ältere Untersuchungen des Fahrverhaltens ausfahrender Kraftfahrzeuge innerhalb von Ausfahrbereichen von Breuer [31] zeigten, daß ein starker ausfahrender Verkehr zu ungünstigen Verkehrszuständen, insbesondere niedrigen Geschwindigkeiten auf der rechten Fahrspur führen kann. Eine Verlängerung der Ausfädelungsspur verbessert dann die Situation. Fehlt eine Ausfädelungsspur, so wird die Leistungsfähigkeit der Ausfahrt erheblich gemindert.

Ebenfalls älteren Datums ist eine ausführliche Forschungsarbeit über die Gestaltung der Ausfahrten an planfreien Knotenpunkten [38] von Schnüll. In dieser Arbeit werden die

deutschen und ausländischen Richtlinien von 1930 bis 1970 verglichen, internationale Untersuchungen zum Fahrverhalten ausfahrender Fahrzeuge ausgewertet, eigene Beobachtungen durchgeführt, Unfalldaten analysiert und Empfehlung ausgesprochen.

Die geschichtliche Entwicklung der deutschen Richtlinien zeigt, daß zwischen 1936 und 1955 für die Ausfahrten keilförmige Ausfahrbereiche mit einem Abgangswinkel von  $5,5^\circ$  und einem minimalen Kurvenradius im Ausfahrbogen von 50 m vorgeschlagen wurden. In einer Arbeit von Feuchtinger [33] wurden 1954 erstmals parallele Ausfädelungsspuren an Schnellverkehrsstraßen gefordert. Bei den Bemessungsvorschlägen wurden Empfehlungen aus den USA übernommen. Daraufhin wurden 1957 vorläufige Ausbaugrundsätze für Autobahnknoten erlassen, nach denen die Ausfahrten eine 80 m lange keilförmige Verziehung und anschließend eine 120 m lange Verzögerungsspur von 3,5 m Breite erhalten sollten. In den folgenden Jahren stellte sich allerdings in der deutschen Forschungslandschaft eine Irritation ein. Aufgrund von Untersuchungen an keilförmigen Direktausfahrten älterer Bauart wurden diese erneut als die bessere Lösung propagiert, so daß 1961 die Ausbaugrundsätze vom Verkehrsministerium wieder geändert wurden. Es wurden bogenförmige Direktausfahrten vorgeschlagen. Schon kurz nach dieser Änderung zeigten Erfahrungsberichte, daß die Kraftfahrer in den bogenförmigen Direktausfahrten bereits auf der durchgehenden Fahrbahn verzögerten und den nachfolgenden Verkehr behinderten. Außerdem ergaben sich Probleme bei der Erkennbarkeit. In der Folgezeit existierten Empfehlungen in der Fachliteratur, die den Richtlinien widersprachen. Dadurch bedingt wurden unterschiedliche Entwurfsformen realisiert, so daß der Autobahnbenutzer ein sehr uneinheitliches Bild vorfand. Vor diesem Hintergrund wurden Ende der 1960er Jahre die Forschungen von Schnüll durchgeführt; es dauerte allerdings noch einige Jahre, bis schließlich 1976 bundeseinheitliche Richtlinien vorgelegt wurden. Diese enthielten nun wieder die parallele Ausfädelungsspur als Standardlösung.

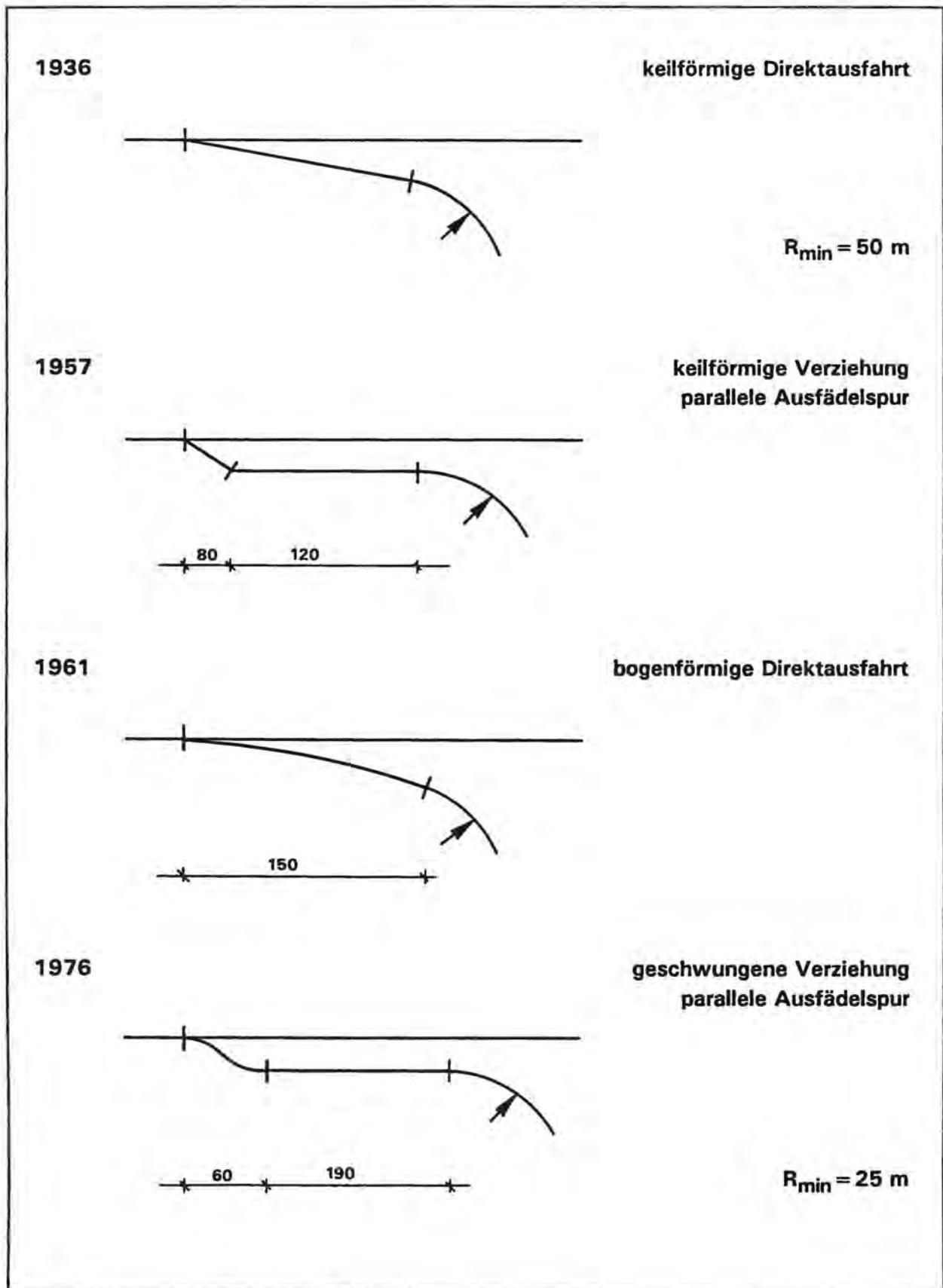


Abb 39: Entwicklung der Entwurfsvorschläge für Ausfahrten in den deutschen Richtlinien

	$v_e$ (km/h)	$R_{min}$ (m)	$l_4$ (m)	$l_5$ (m)
Italien (1964)	120	40	50	80
Schweiz (1961)	120	30	75	45
Niederlande (1966)	120	?	100	150
Österreich (1957)	120	40	100	90
Norwegen 1966)	120	?	120	85

**parallele  
Ausfädelungsspur**

	$v_e$ (km/h)	$R_{min}$ (m)	$l$ (m)
Schweden (1961)	120	50	65
Österreich (1957)	120	50	130-180
Norwegen (1966)	120	?	100
Deutschland (1961)	140	50	$\geq 150$

**bogenförmige  
Direktausfahrt**

	$v_e$ (km/h)	$R_{min}$ (m)	$l$ (m)	1:n
Belgien (1962)	120	60	200	1:40
Frankreich (1962)	140	50	120	1:30
Großbritannien (1966)	112	150	153	1:25

**keilförmige  
Direktausfahrt**

Abb. 40: Ausfahrttypen und Entwurfsэлеmente in den 1960er Jahren in verschiedenen europäischen Ländern

Bei einem Blick auf die Richtlinien anderer Länder zeigt sich, daß in den 1960er Jahren parallele Ausfädelungsspuren nur in Italien, der Schweiz und den Niederlanden vorgeschrieben waren, wobei in der Schweiz die Verziehung deutlich länger als die Ausfädelungsspur selber war. Bogenförmige Ausfahrten wurden zu diesem Zeitpunkt neben Deutschland in Schweden vorgeschrieben. In Österreich und Norwegen waren bogenförmige wahlweise neben Ausfahrten mit Parallelspur zugelassen. Schließlich waren die keilförmigen Ausfahrten in Belgien, Frankreich und Großbritannien vorgeschrieben.

Bei dem Vergleich der Richtlinien aus den 1960er Jahren zeigen sich schon ländertypische Eigenheiten, die noch heute in den gültigen Richtlinien wiedergefunden werden können (siehe Kap. 4).

### **Einfahrten**

In einer frühen Forschungsarbeit von 1969 wurde der Verkehrsablauf an Einfahrten in die durchgehende Fahrbahn untersucht [31]. Dabei ergab sich die Gesetzmäßigkeit, daß mit zunehmender Geschwindigkeit der einfahrenden Fahrzeuge die für das Einfahren benötigte Zeitlücke im bevorrechtigten Fahrzeugstrom stark abnimmt. Hohe Geschwindigkeiten auf der Beschleunigungsspur erleichtern also den Einfädelvorgang und steigern die Leistungsfähigkeit. Die Beobachtungen zeigten, daß 90 % der Fahrer nach 150 m eingefädelt hatten. Daher wurde die Empfehlung von 250 m Länge für die Einfädelungsspur ausgesprochen. Dieses Maß gilt bis heute als Standardlänge für einspurige Einfahrten in den deutschen Richtlinien.

Diese Ergebnisse wurden durch umfangreiche Messungen von Trapp 1974 [44] bestätigt. Er erneuerte die Empfehlung von 250 m Länge für die Einfädelungsspur und fügte hinzu: 300 m bringen keine nennenswerte Verbesserung, 185 m sind hingegen zu kurz.

Eine neuere Untersuchung von Stuwe [42] beschäftigt sich mit der Leistungsfähigkeit von Einfahrten und der Anwendbarkeit des Berechnungsverfahrens aus dem amerikanischen Highway Capacity Manual von 1985 auf deutsche Verhältnisse. Da im europäischen Raum einheitliche Berechnungsverfahren fehlen und in den deutschen Richtlinien die Diagramme nur für 4-spurige Autobahnen gelten, wird in den deutschen Planerbüros häufig das amerikanische Verfahren angewandt. Ob eine Übertragung auf europäische Verhältnisse zu richtigen Ergebnissen führt, sollte durch Messungen geprüft werden. Der Vergleich der gezählten Werte mit den nach amerikanischen Diagrammen berechneten Werten zeigte zum Teil deutliche Abweichungen. Nähere Analysen ergaben, daß die deutschen Fahrer die rechte Fahrspur unmittelbar vor der Einfahrt stärker belasten als die amerikanischen. Gründe hierfür werden in den unterschiedlichen Verkehrsregeln zum Rechtsfahrgebot, zum Vorfahrtsrecht und zu dem Zwang zum Spurfahren gesehen. Außerdem wurde in Deutschland ein erheblich höherer LKW-Anteil auf der rechten Spur beobachtet als in den amerikanischen Diagrammen ablesbar ist. Diese beiden Ergebnisse zeigen den Einfluß unterschiedlicher Verkehrsregeln und Verhaltensweisen auf den Verkehrsablauf und führen in dem vorliegenden Fall dazu, daß die Berechnungsverfahren aus dem amerikanischen nicht direkt auf deutsche Verhältnisse übertragbar sind.

Ziel eines Forschungsvorhabens von Mäcke und van Rey [36] war es, Verbesserungsmöglichkeiten für Einfahrbereiche bei hoher Verkehrsbelastung zu überprüfen. Es wurden mit Hilfe von Simulationsberechnungen Beschilderungs- und Markierungsmaßnahmen sowie Verhaltensmodelle untersucht. Diese ergaben folgende Ergebnisse:

- a) Geschwindigkeitsbeschränkung auf beiden Fahrspuren 500 m vor der Ausfahrt

Bei Einhaltung der Geschwindigkeit tritt eine Harmonisierung des Verkehrs auf. Die Leistungsfähigkeit steigt, die Abstände zum vorausfahrenden Fahrzeug werden teilweise klein.

- b) Durchgezogene Fahrstreifenbegrenzung zwischen der Einfädelungsspur und der Fahrspur am Anfang des Einfahrbereiches

Die Maßnahme wurde häufig nicht beachtet. Für eine bessere Akzeptanz wird Aufklärungsarbeit gefordert.

- c) Einseitige Fahrstreifenbegrenzung zwischen der rechten und den linken Fahrspur in Höhe der Einfahrt

Die Maßnahme wurde von den Fahrern akzeptiert und hat sich als Vorteil für die einfahrenden Fahrzeuge herausgestellt. Auch hier wird jedoch für ein besseres Funktionieren Aufklärungsarbeit gefordert.

- d) Überholstreifenmodell: in Anlehnung an "Merging Traffic" wechseln die Fahrzeuge von der rechten Spur auf die linke, um das Einfahren von der Einfädelungsspur zu ermöglichen

Bei nicht ausgelastetem Überholstreifen funktionierte das Modell gut.

- e) Fahrstreifenmodell: in Anlehnung an "Merging Traffic" bremst das Fahrzeug, das auf der Einfädelungsspur oder der rechten Spur etwas zurückliegt und das davorliegende Fahrzeug beschleunigt

Bei nicht zu hoher Belastung funktionierte auch dieses Modell gut und brachte Verbesserungen bei der Sicherheit.

Die Maßnahme a) bleibt sicherlich auf besondere Situationen beschränkt, in denen keine anderen Mittel zur Verbesserung des Verkehrsablaufs zur Verfügung stehen. Die Maßnahme b) ist in den letzten Jahren in Deutschland verstärkt realisiert worden, wobei der Grund die Verhinderung von Falschfahrten in Einfahrrampen war (sogenannte Geisterfahrer). Die Maßnahme c) kommt vereinzelt auch zum Einsatz, z.B. bei Einfahrten in Steigungstrecken, wenn LKW das Einfädeln erleichtert werden soll. In anderen Ländern findet diese Maßnahme mehr Verbreitung (siehe Kap. 5). Die Maßnahmen d) und e) sind Verhaltensvorschriften bzw. -empfehlungen. Dazu wird auf Kap. 6 verwiesen.

Mit dem Verkehrsablauf an kurzen Einfädelungsspuren beschäftigt sich eine Studie der TU Delft [43]. Darin soll die Leistungsfähigkeit von Einfahrten mit Entwurfsparametern unterhalb des Standards analysiert werden. In den Niederlanden existieren etwa 70 "kurze Ein-

fahrten", d.h. Einfahrten mit Beschleunigungsspuren kürzer als 200 m. In einer ersten Studie wurde eine Einfädungsspur mit einer Länge von unter 100 m untersucht. Von 206 Einfahrvorgängen wurden Daten aufgezeichnet (Verkehrsstärken, Geschwindigkeiten, Zeitlücken u.s.w.). Es wurden 3 Typen von Einfahrvorgängen unterschieden:

- |    |   |                |
|----|---|----------------|
| 1) | Einfahrt in einer beschleunigten Bewegung | 59 % der Fälle |
| 2) | Einfahrt in einer verzögerten Bewegung    | 11 % der Fälle |
| 3) | Einfahrt aus dem Stand                    | 30 % der Fälle |

Das Ergebnis zeigt, daß bei diesen Verkehrsstärkeverhältnissen an der "kurzen Einfahrt" schon ein Drittel der Fahrer zum Anhalten gezwungen wurde.

Die Daten wurden mit einem Simulationsprogramm ausgewertet, das Modell wurde dann mit den gemessenen Daten geeicht. Das Ergebnis ist ein Diagramm, welches Grenzwerte für verschiedene Qualitäten des Verkehrsablaufs an "kurzen Einfahrten" angibt. Vergleicht man die Zusammenhänge mit den Einsatzgrenzen in den deutschen Richtlinien, so fällt auf, daß das Modell auch für hohe Verkehrsstärken auf der Hauptfahrbahn gerechnet wurde. In den deutschen Richtlinien wird ab 2500 Kfz/h unabhängig von der Verkehrsstärke in der Einfahrtrampe immer eine Spuraddition empfohlen. Im Bereich unter 2000 Kfz/h auf der Hauptfahrbahn fällt die Grenzlinie der deutschen Richtlinie etwa mit der Grenze zwischen flüssigem Verkehr und dem Übergangsbereich in der niederländischen Studie zusammen. Das Modell soll durch weitere Messungen weiterentwickelt werden.

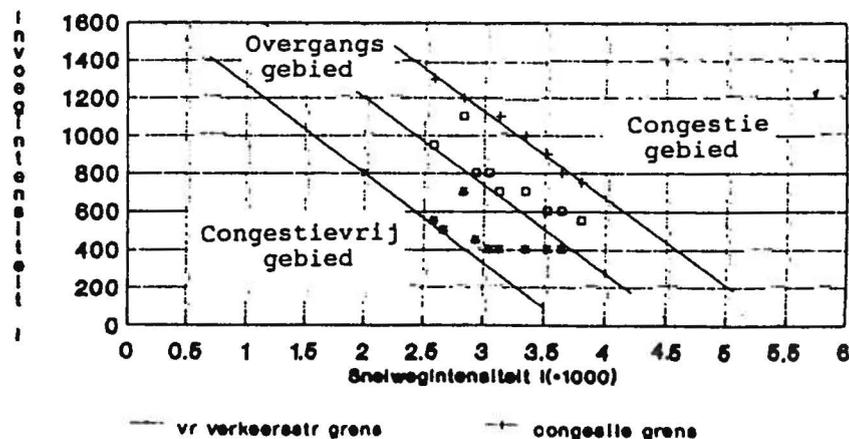


Abb. 41: Qualität des Verkehrsablaufs an "kurzen Einfahrten" in Abhängigkeit von der Verkehrsstärke in der Rampe und in der durchgehenden Fahrbahn (Simulationsmodell einer niederländischen Studie)

Ebenfalls mit Simulationsmodellen beschäftigt sich eine Studie von Skabardonis [41]. Ihm ist es gelungen, ein Modell für den Einfahrvorgang zu entwickeln, bei dem geometrische Größen wie die Rampenlänge, die Länge der Beschleunigungsspur oder die Längsneigung

als Eingangsdaten eingegeben werden können. Das Modell wurde mit einem großen Datensatz geeicht, der von Videoaufzeichnungen des U.K. Department of Transport entnommen wurde. Durch die Variation der Länge der Beschleunigungsspur können die Auswirkungen auf Parameter des Verkehrsablaufs simuliert werden. Die Analysen zeigen die Bedeutung einer ausreichend langen Beschleunigungsspur: bei Längen unter 100 m steigt die Wahrscheinlichkeit stark an, daß ein Fahrer keine Lücke im Hauptstrom findet, bevor er das Ende der Einfädelspur erreicht.

### **Zusammenfassung**

Bei den Forschungen zu den Verbindungsrampen geht es zum einen um die Frage des Querschnitts und zum anderen um Lageplanelemente wie Kurvenradius und Querneigung. Bei der Querschnittsfrage zeigt sich, daß die erforderliche Fahrbahnbreite einer Rampe einfach und eindeutig über die Fahrzeugbreiten und die Schleppkurven in Abhängigkeit vom Radius bestimmt werden können. Die Frage einer Standspur in der Rampe oder der Breite von Banketten bietet dagegen schon Ermessensspielraum. Aus Sicherheitsgründen ist jedoch zu fordern, daß insbesondere bei schlechten Sichtverhältnissen in den Rampen die Vorbeifahrt an einem lieggebliebenen Fahrzeug gewährleistet sein sollte.

Die österreichischen Untersuchungen zeigen zum einen, daß die Trassierungselemente auch im Zusammenhang mit technischen Entwicklungen beim Fahrzeug zu sehen sind und zum anderen, daß die Trassierung starken Einfluß auf den Kostenaufwand und den Flächenbedarf hat. Höhere Seitenreibungsbeiwerte aufgrund technischer Verbesserungen von Fahrzeug und Reifen erlauben u.a. kleinere Radien, so daß theoretisch durch die Anwendung von verminderten Entwurfselementen die Baukosten und der Flächenbedarf in erheblichem Umfang reduziert werden können.

Die Forschungen zu den Ausfahrten machen deutlich, daß es sowohl in den verschiedenen Ländern als auch innerhalb eines Landes in seiner geschichtlichen Entwicklung unterschiedliche Auffassungen über die sinnvollste Gestaltung des Ausfahrbereiches gibt. Es kommen sowohl keilförmige und bogenförmige Direktausfahrten als auch Ausfahrten mit parallelen Ausfädungsspuren zum Einsatz. Die Forschungsergebnisse geben keine eindeutigen Hinweise darauf, welche Lösung die beste hinsichtlich des Verkehrsablaufs und der Leistungsfähigkeit ist. Das vollständige Verlagern des Verzögerungsprozesses in eine parallele Ausfädungsspur scheint jedoch die wenigsten Störungen in der durchgehenden Fahrbahn zu verursachen.

Die Forschungen zu den Einfahrten konzentrieren sich stark auf die Leistungsfähigkeit bei der Zusammenführung der beiden Ströme. Sowohl empirische als auch modellhafte Untersuchungen zeigen deutlich, daß Einfädungsspuren ausreichender Länge eine unverzichtbare Voraussetzung für eine leistungsfähige Abwicklung von Einfahrtvorgängen sind.

## 9. Zusammenfassung und Schlußfolgerungen

Durch das Zusammenwachsen der europäischen Gemeinschaft entsteht in immer größerem Maße grenzüberschreitender Straßenverkehr. Dies gilt sowohl für Personen- als auch für Güterverkehr. Der überwiegende Teil des grenzüberschreitenden Verkehrs wird auf den Autobahnen abgewickelt. Diese werden in jedem Mitgliedsland nach nationalen Vorschriften und Richtlinien entworfen, was zu Unterschieden in der Gestaltung führt. Welche Auswirkungen diese Unterschiede auf die Verkehrssicherheit haben und in welchem Maße sie bei den Benutzern im grenzüberschreitenden Verkehr zu Problemen führen, sind offene Fragen.

Die vorliegende Studie beschäftigt sich unter diesem Aspekt mit einem besonders kritischen Element der Autobahn - nämlich den Ein- und Ausfahrten von Anschlußstellen. Dort ist ein fremder Kraftfahrer in erheblichem Maße auf einen Straßenentwurf angewiesen, der ihm die Fahraufgabe erleichtert, da er neben der Orientierung die fahrdynamischen Prozesse des Verzögerns bzw. Beschleunigens und des Spurwechsels durchführen muß. In der Studie werden die Entwurfsgrundsätze von Ein- und Ausfahrten in den verschiedenen Ländern der EU analysiert und miteinander verglichen. Dazu gehören die Trassierungselemente, die Markierung, die Beschilderung und die Verhaltensvorschriften. Außerdem wird untersucht welche Relevanz die Gestaltung der Ein- und Ausfahrten für die Sicherheit besitzt.

Es wurden die Ministerien bzw. Straßenverwaltungen in allen 12 Ländern der EU angesprochen oder angeschrieben, um entsprechende Unterlagen zur Verfügung zu stellen. Aus Griechenland erhielten wir keine Antwort und in Luxemburg existieren keine nationalen Vorschriften, vielmehr werden dort die französischen und deutschen Richtlinien angewendet. Damit beziehen sich die Aussagen auf 10 Länder der EU. Außerdem wurde eine Literaturanalyse durchgeführt, die internationale Forschungsarbeiten, Handbücher und Zeitschriftenartikel einbezog. Für die Beleuchtung des Themas Verkehrssicherheit wurden eigene Unfallanalysen an 8 ausgewählten Anschlußstellen in Deutschland vorgenommen. Schließlich wurden Gespräche mit verschiedenen Experten in den Ministerien und Straßenverwaltungen geführt, um zusätzliche Informationen zu erhalten oder offene Fragen in den Texten der Richtlinien zu klären.

In der vorliegenden Studie werden vorrangig die Gestaltungsgrundsätze von Ein- und Ausfahrten an Anschlußstellen betrachtet. Soweit es sinnvoll und möglich war, wurden auch Ein- und Ausfahrten von Knotenpunkten mitbehandelt. Die Studie konzentriert sich auf die anbaufreien Straßen außerhalb bebauter Gebiete. Sie betrachtet hauptsächlich zweibahnige Straßen. Im Mittelpunkt stehen Autobahnen, soweit es sinnvoll und möglich war, wurden auch andere autobahnähnliche Straßentypen berücksichtigt.

Die Literaturanalysen zur **Verkehrssicherheit** (es handelt sich überwiegend um deutsche und österreichische Quellen) sowie die eigenen Unfallauswertungen an 6 Stellen mit Standardeinfahrten und -ausfahrten und 2 Stellen mit kurzen Einfädelspuren ergaben folgendes Bild:

- 1) An Knotenpunkten und Anschlußstellen häufen sich Unfälle.
- 2) Verschiedene Untersuchungen belegen die größere Bedeutung von Einfahrten gegenüber Ausfahrten beim Unfallgeschehen. An Einfahrten passieren zwei- bis viermal so viele Unfälle wie an Ausfahrten. Unfälle in Rampen sind dagegen seltener.
- 3) In Ein- und Ausfahrten dominiert der Auffahrunfall (50 bis 60 % der Unfälle).
- 4) Alle Untersuchungen zeigen die sicherheitsfördernde Wirkung von parallelen Beschleunigungs- und Verzögerungsspuren ausreichender Länge. Die Unfallzahlen liegen an Einfahrten mit paralleler Einfädungsspur 40 bis 45 % niedriger als an Direkteinfahrten.
- 5) Die Bedeutung deutlicher Markierungen und verständlicher Beschilderungen wird belegt. Es ergaben sich Hinweise, daß ortsunkundige Fahrer mehr Probleme in schwierig trassierten Ein- und Ausfahrten haben als ortskundige.

Die Literaturanalysen zum **Verkehrsablauf** an Ein- und Ausfahrten zeigten:

- 1) Es gibt sowohl zwischen den verschiedenen Ländern als auch in der geschichtlichen Entwicklung innerhalb eines Landes unterschiedliche Auffassungen über die sinnvollste Gestaltung des Ausfahrbereiches. Keilförmige und bogenförmige Direktausfahrten sowie Ausfahrten mit parallelen Ausfädungsspuren werden angewendet. Die Forschungsergebnisse geben keine eindeutigen Hinweise darauf, welche Lösung die beste hinsichtlich des Verkehrsablaufs und der Leistungsfähigkeit ist.
- 2) Die Forschungen zu den Einfahrten konzentrieren sich stark auf die Leistungsfähigkeit bei der Zusammenführung der beiden Ströme. Sowohl empirische als auch modellhafte Untersuchungen zeigen deutlich, daß Einfädungsspuren ausreichender Länge eine unverzichtbare Voraussetzung für eine leistungsfähige Abwicklung von Einfahrvorgängen sind.

Der internationale Vergleich der **Richtlinien** zeigte, daß es in den Entwurfsgrundsätzen überwiegend Übereinstimmungen zwischen den verschiedenen Regelwerken gibt (Ein- und Ausfahrten immer rechts in Ländern mit Rechtsverkehr, möglichst nicht in Kurven, breite Rampen für eine Vorbeifahrt an liegendebliebenen Fahrzeugen). Bei der konkreten Ausgestaltung ergaben sich jedoch einige Unterschiede:

- 1) Parallele Beschleunigungs- und Verzögerungsspuren werden in Deutschland, den Niederlanden, Belgien und Spanien sowohl an Einfahrten als auch an Ausfahrten als Standardlösung vorgeschlagen. In Frankreich und Großbritannien ist die Parallelführung bei der Einfahrt Standard, bei der Ausfahrt gilt dies jedoch nur für zweispurige Rampen. In Portugal sehen die Richtlinien zwar keilförmige Direkteinfahrten

vor, nach Aussagen der Verwaltung werden in der Praxis dagegen grundsätzlich parallele Beschleunigungs- und Verzögerungsspuren angelegt. Deutlich abweichende Vorstellungen werden in den Richtlinien von Dänemark sichtbar. Dort stellt die keilförmige Ein- und Ausfahrt die Regel dar.

- 2) Die empfohlenen Längen von parallelen **Beschleunigungsspuren** liegen in der Regel zwischen 200 und 250 m. Einschließlich der Verziegungsstrecke liegen die Werte zwischen 250 m und 350 m. Lediglich die Empfehlung der irischen Richtlinien fällt deutlich höher aus. Während in den anderen Ländern in der Regel mit einem Beschleunigungswert von  $1\text{ m/sec}^2$  gerechnet wird, beträgt dieser in Irland nur  $0,6\text{ m/sec}^2$ .
- 3) Die Direkteinfahrten ohne parallele Beschleunigungstreifen weisen Öffnungen von 200 m in Großbritannien und Dänemark auf, während sie in Portugal 250 m beträgt.
- 4) Die vorgeschlagenen Längen von parallelen **Verzögerungsspuren** an einspurigen Ausfahrten bewegen sich zwischen 150 und 200 m. Nur in Belgien liegt das Maß mit 80 m deutlich niedriger. Einschließlich der Verziegungsstrecke liegen die Werte zwischen 200 m und 250 m. Bei den Längeneempfehlungen für parallele Ausfädelspuren von zweispurigen Ausfahrten fällt der besonders große Wert in den französischen Richtlinien auf.
- 5) Bei den Direktausfahrten betragen die Längen der keilförmigen Öffnungen zwischen 100 und 170 m. Die Abgangswinkel weisen Neigungen zwischen 1:25 und 1:30 auf.
- 6) In Deutschland, Frankreich, Großbritannien und den Niederlanden liegen die Einsatzgrenzen für einspurige Einfahrten relativ eng beieinander. Danach wird für Verkehrsstärken über 1200 bis 1500 Kfz/h im einfahrenden Strom die Anlage von zweispurigen Einfahrten empfohlen.
- 7) In einigen Richtlinien werden Angaben über die Verzögerungswerte gemacht, die der Längenberechnung für die Verzögerungstrecken zugrundegelegt werden. Dabei wird überwiegend von  $0,8\text{ m/sec}^2$  für Motorbremsen und  $1,5\text{ m/sec}^2$  für "richtiges" Bremsen ausgegangen.

Der Vergleich der **Fahrbahnmarkierungen** machte große Unterschiede zwischen den Ländern deutlich:

- 1) Auf der freien Strecke erfolgt die Begrenzung der Fahrbahn in der Regel mit einem durchgezogenen Breitschrich. In Frankreich und Spanien wird die Markierung unterbrochen, um die Überfahrbarkeit zum Erreichen der Standspur zu verdeutlichen.

- 2) Die Trennung zwischen den Ein- bzw. Ausfädelspuren und der durchgehenden Fahrbahn erfolgt mit unterbrochenen Linien, die teilweise genauso breit sind wie die Fahrbahnbegrenzungen an der freien Strecke, teilweise sind die breiter. Die Strichlängen variieren zwischen 1 und 6 m. Das Verhältnis Strich/Lücke ist im Bereich der Ein- und Ausfädelspuren in der Regel 1:1, nur in den Niederlanden beträgt es 1:3. In Dänemark werden in der Einfahrtöffnung nur am Anfang 3 Striche zur Trennung der durchgehenden Fahrbahn von der Einfahrt markiert, danach bleibt der Einfahrbereich frei von Markierungen.
- 3) Als Markierungsbesonderheiten sind die flächig markierten Inseispitzen in den Niederlanden, die Abstandswarnmarkierungen mit gebogenen Winkeln auf den französischen Autobahnen und die Nebelwarnmarkierungen in Italien zu nennen.

Bei der **Beschilderung** der Anschlußstellen fallen ebenfalls deutliche Unterschiede auf:

- 1) Die Beschilderung der Autobahnen erfolgt in der Regel in der Farbe blau. Nur in Italien sind die Schilder grün. In sieben Ländern existiert ein Nummerierungssystem der Knotenpunkte; in Belgien und Spanien bezieht sich dieses nur auf Anschlußstellen - nicht auf Autobahnknotenpunkte.
- 2) Bei der wegweisenden Beschilderung kommen Ankündigungs- und Wegweiser tafeln verschiedenster Ausführungen zum Einsatz. Die Regelbeschilderung einer Ausfahrt erfolgt mit 3 oder 4 Tafeln in unterschiedlichen Abständen. In vier Ländern wird die erste Ankündigungstafel 1000 m vor der Ausfahrt aufgestellt. In den anderen Ländern erfolgt der erste Hinweis 1500 m vorher oder im Fall von Frankreich sogar schon 2000 m vorher. In Frankreich und Belgien werden zusätzlich Schilder auf dem Mittelstreifen aufgestellt. Die Schilder weisen unterschiedliche Inhalte und Symbole auf.
- 3) Eine Regelbeschilderung mit Geschwindigkeitsbeschränkungen in der Ausfahrt erfolgt nur in Frankreich. Die zulässige Geschwindigkeit wird dort von 100 über 80 auf 60 km/h heruntergeregelt.
- 4) In den Niederlanden gibt es ein eigenes Schild "Korte invoegstrook", das die Kraftfahrer auf eine Einfädelspur mit reduzierter Länge hinweist.
- 5) In Dänemark weist ein Schild an der durchgehenden Fahrbahn 400 m vor der Einfahrt auf die zusammenfließenden Ströme hin.

Hinsichtlich der **Verhaltensvorschriften** an Einfahrten gilt in fast allen Ländern der Vorrang für Fahrzeuge auf der durchgehenden Fahrbahn. Außerdem darf die Standspur nur für Notfälle genutzt werden. Wenn ein Fahrer keine Lücke zum Einfädeln gefunden hat, muß er am Ende des Beschleunigungsstreifens anhalten. Es gibt keine Verpflichtung für Fahrer auf der durchgehenden Fahrbahn, einfahrenden Fahrzeugen durch einen Wechsel auf den

Überholstreifen behilflich zu sein. Hiervon weichen deutlich die Bestimmungen in Dänemark ab. Dort hat der durchgehende Verkehr keinen Vorrang, im Bereich der Einfahrtöffnung gilt das Prinzip "merging". In Italien dürfen Fahrer bei Stau ab 500 m vor der Ausfahrt über die Standspur fahren, um die Ausfahrt zu erreichen.

Betrachtet man die Ergebnisse im **Gesamtüberblick**, so wird ein grundsätzlicher Unterschied in der Gestaltung von Einfahrten zwischen Dänemark und den anderen analysierten EU-Ländern deutlich:

#### **Das dänische System**

- kein Vorrang für den durchgehenden Verkehr
- keilförmige Einfahrtöffnung mit flachem Winkel zwischen durchgehender Fahrbahn und Einfahrt
- außer 3 Strichen am Anfang des keilförmigen Einfahrtbereiches keine Markierung zur Separation der durchgehenden Fahrspur von der Einfahrt
- Hinweisschild für den durchgehenden Verkehr auf die Zusammenführung von 2 Strömen

#### **Das System in den anderen Ländern**

- Vorrang für den durchgehenden Verkehr
- in der Regel parallele Beschleunigungsspuren
- Blockmarkierung zwischen der durchgehenden Fahrbahn und der Beschleunigungsspur

Beide Systeme sind in sich konsistent. Das dänische merging-System wird durch die Trassierung, Markierung und Beschilderung unterstützt. In den anderen Ländern wird den Fahrern durch die Trassierung und Markierung der Vorrang des durchgehenden Verkehrs verdeutlicht. Die Sichtverhältnisse sind in beiden Systemen ähnlich gut, da auch in Dänemark die einfahrenden Fahrzeuge fast eine Parallelstellung zur durchgehenden Fahrbahn haben. Aus Dänemark sind keine negativen Erfahrungen oder Sicherheitsprobleme mit dem merging-System bekannt. Das System findet auch in den anderen skandinavischen Ländern Anwendung. Allerdings haben dänische Fahrer in anderen europäischen Ländern mitunter Schwierigkeiten mit der dort geltenden Vorrangregelung.

*Aufgrund der grundsätzlichen Bedeutung dieses Regelungsunterschiedes an Autobahneinfahrten in Dänemark und den anderen EU-Ländern wird vorgeschlagen, eine Studie durchzuführen, die die beiden Systeme vergleicht. Eine solche Studie sollte Unfallanalysen, Verhaltensbeobachtungen und Befragungen von Kraftfahrern beinhalten, um eine vergleichende Bewertung der beiden Systeme zu ermöglichen. Diese Studie ist auch vor dem Hintergrund zu sehen, daß die "Motorway Working Group" der EU-Kommission für eine harmonisierte Autobahntypologie in Europa die einheitliche Anwendung des Vorrangprinzips für den durchgehenden Verkehr empfiehlt [47].*

Bei den Entwurfsrichtlinien in den Ländern mit Vorrang-System zeigen sich einheitliche Tendenzen zur Anlage von parallelen Beschleunigungsspuren; die Empfehlungen für die Länge solcher Spuren variieren nicht sehr stark und liegen in jedem Fall über 200 m. Dies scheint ausreichend für die Beschleunigungsvorgänge zu sein.

Bei den Ausfahrten werden in einigen Ländern keilförmige Ausfahrten ohne parallele Verzögerungstreifen vorgeschlagen. Es gibt keine Hinweise darauf, daß diese prinzipiell Nachteile gegenüber parallelen Ausfädelspuren haben. Entscheidend ist hier eine ausreichend lange Verzögerungsstrecke in der anschließenden Rampe.

Hinsichtlich der festgestellten Unterschiede bei den Fahrbahnmarkierungen ist zu bedenken, daß eine eindeutige Markierung für die Verkehrssicherheit wichtiger sein dürfte als eine einheitliche Anwendung bestimmter Strichbreiten und -längen in allen europäischen Ländern. Die Markierungen müssen für sich selbst sprechen und den Fahrer gut führen bzw. warnen. Bei der Markierung von Ein- und Ausfahrten ist schon heute trotz unterschiedlicher Strichlängen und -breiten ein einheitliches Prinzip für die Trennung zwischen durchgehender Fahrbahn und Ein- bzw. Ausfädelspuren zu erkennen: Blockmarkierungen mit einem Strich/Lücke-Verhältnis von 1:1 (Ausnahme Niederlande).

Die sehr unterschiedliche wegweisende Beschilderung in der Ausfahrt muß dagegen schon eher kritisch gesehen werden, da sie zu Desorientierungen bei den Fahrern führen kann und im Extremfall gefährliche Manöver provoziert - wie Halten an der Inselfspitze oder Rückwärtsfahren in der Rampe. Zu dem gleichen Ergebnis kommt auch die "Motorway Working Group" in ihrem Report vom Januar 1994. Sie sieht eindeutige Informationen im Ausfahrbereich als wichtigen Sicherheitsfaktor an und empfiehlt dringend eine Harmonisierung von Schildertypen und Symbolen. Dazu gehört auch ein Nummerierungssystem und die Wiedergabe bestimmter Städtenamen in zwei Sprachen, falls es bedeutende Unterschiede gibt wie im Fall von "München" und "Monaco". Eine einheitliche Anwendung der Farbe blau für Autobahnschilder wird dagegen nicht empfohlen, da die Umrüstung erhebliche Kosten verursachen würde, während der Übergangszeit Verkehrssicherheitsprobleme befürchtet werden und insgesamt der Sicherheitsgewinn einer solchen Maßnahme bezweifelt wird [47].

*Aufgrund der allgemein akzeptierten Notwendigkeit einer Harmonisierung der Beschilderung von Ausfahrten regen wir eine Studie zur Erarbeitung eines einheitlichen Beschilderungsvorschlages an. Die Studie sollte Prinziplösungen für die Art der Schilder, Standorte und Symbole erarbeiten und ein europäisches Zielverzeichnis entwickeln.*

Abschließend soll noch darauf hingewiesen werden, daß es zwischen den Richtlinien-vorschlägen und der Realität im Straßennetz durchaus große Unterschiede geben kann. So sind beispielsweise im Gebiet der früheren Bundesrepublik 17 Jahre nach Einführung der entsprechenden Richtlinie noch etwa 5 % der Anschlußstellen (ca. 90) nicht auf dem geforderten Standard und weisen zu kurze oder gar keine Verzögerungs- oder Beschleunigungsspuren auf. Dies gilt in viel größerem Maße für die Autobahnen der früheren DDR, bei denen in der Regel Direkteinfahrten ohne Beschleunigungsspur angelegt worden sind. Es wird sicherlich Jahre dauern, bis dort im Zuge von Ausbaumaßnahmen eine Anpassung an die gültigen Richtlinien erreicht wird.

## Literatur

- [1] O'Cinnéide, D./Mc Auliffe, N./O'Dwyer, D: Comparison of Road Design Standards and Operational Regulations in EC and EFTA Countries. - Final Report for the Commission of the European Communities, Drive II Project V2002; University College Cork, Ireland 1993

### Richtlinien

- [2] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.): Richtlinien für die Anlage von Landstraßen, Teil: Knotenpunkte, Abschnitt 2: Planfreie Knotenpunkte (RAL-K-2), Ausgabe 1976. - Köln 1976
- [3] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.): Richtlinien für die Anlage von Straßen, Teil: Leitfaden für die funktionale Gliederung des Straßennetzes (RAS-N), Ausgabe 1988. - Köln 1988
- [4] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.): Aktuelle Hinweise zur Gestaltung planfreier Knotenpunkte außerhalb bebauter Gebiete (AH-RAL-K-2), Entwurf 1993. - Köln 1993
- [5] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.): Hinweise zur Anwendung der Richtlinien für die Anlage von Straßen (Teile RAS-N, L, Q, K) beim Um- und Ausbau von Straßen in den neuen Bundesländern, Ausgabe 1992. - Köln 1992
- [6] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.): Richtlinien für die Anlage von Straßen, Teil: Knotenpunkte, Abschnitt 1: Plangleiche Knotenpunkte (RAS-K-1), Ausgabe 1988. - Köln 1988
- [7] Ministère de L'Urbanisme du Logement et des Transports: Instruction sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Autoroutes de Liaison (I.C.T.A.A.L.). - S.E.T.R.A. Bagneux 1985 (France)
- [8] S.E.T.R.A.: Entrées et Sorties sur Autoroutes. - Note d'Information N° 22, Bagneux 1989 (France)
- [9] The Department of Transport: Layout of Grade Separated Junctions, TD 22/92. - London, 1992 (Großbritannien)
- [10] The Department of Transport: Layout of Grade Separated Junctions (Advice Note), TA 48/92. - London, 1992 (Großbritannien)
- [11] Rijkswaterstaat, Adviesdienst Verkeer en Vervoer: Richtlijnen voor het Ontwerpen van Autosnelwegen, Knooppunten en Aansluitingen. - Rotterdam, 1993 (Niederlande)

- [12] Junta Autónoma de Estradas: Elaboração de Projectos, Nós de Ligação, Norma P6 - 90. - Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, Lissabon, 1990 (Portugal)
- [13] Ministère Wallon de L'Équipement et des Transports: Caractéristiques Routières et Autoroutières, Circulaire N° A/WA/205/91/02685. - Brüssel, 1991 (Belgique)
- [14] An Foras Forbartha, The National Institute for Physical Planning and Construction Research: Geometrie Design Guidelines (Intersections at Grade). - Dublin 1981 (Ireland)
- [15] Consiglio Nazionale Delle Ricerche (CNR): Norme sulle Caratteristiche Geometriche e di Traffico delle Intersezioni Stradali Urbane. - Bolletino Ufficiale del CNR N. 90, Roma 1983 (Italia)
- [16] Vejdirektoratet: Projekteringsregler. - 1974 (Dänemark)

#### **Markierung und Beschilderung**

- [17] Übereinkommen über Straßenverkehrszeichen, Wien 1968
- [18] Protokoll über Straßenmarkierungen zum Europäischen Zusatzübereinkommen über Straßenverkehrszeichen, Genf 1973
- [19] Europäisches Parlament: Entschließung zu einem Aktionsprogramm der Gemeinschaft im Bereich der Straßenverkehrssicherheit. - Amtsblatt der EG, Nr. C 115/260, Brüssel 1993
- [20] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.): Richtlinien für die Markierungen von Straßen, Teil 1: Abmessungen und geometrische Anordnung von Markierungszeichen (RMS-1), Ausgabe 1993. - Köln 1993
- [21] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.): Richtlinien für die Markierungen von Straßen, Teil 2: Anwendung von Fahrbahnmarkierungen (RMS-2), Ausgabe 1980. - Köln 1980
- [22] Der Bundesminister für Verkehr: Richtlinien für wegweisende Beschilderung auf Autobahnen (RWBA), Entwurf 1991. - Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach 1993
- [23] The Department of Transport: Traffic Signs and Road Markings for Lane Gains and Lane Drops on All-Purpose Dual Carriageway and Motorway Trunk Roads ,TA 58/92. - London, 1992 (Großbritannien)

#### **Straßenverkehrsrecht**

- [24] Straßenverkehrsrecht, Textsammlung. - Verlag C.H. Beck, München 1993
- [25] Code de la Route. - Codoroute, Paris o.J.

- [26] The Highway Code - Department of Transport, London 1993
- [27] Reglement verkeersregels en verkeerstekens. - Teksteditie, Jaargang 1990, Den Haag
- [28] Nuovo codice della Strada. - Ulrico Hoepli Editore S.p.A., Milano 1993

#### **Forschung**

- [29] Bierwas, V. et. al.: Untersuchungen zur Verhinderung von Falschfahrten auf Autobahnen. - Bundesanstalt für Straßenwesen, Köln 1981
- [30] Bitzl, F./Atzwanger, P.: Unfalluntersuchungen an Autobahnknotenpunkten. - "Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik", Heft 91, Bonn 1969
- [31] Breuer, F.J.: Elemente des Verkehrsablaufs an kreuzungsfreien Straßenknoten. - "Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik", Heft 88, Bonn 1969
- [32] Cirillo, J.A.: The Relationship of Accidents to Length of Speed-Change Lanes and Weaving Areas on Interstate Highways. - Highway Research Board, Highway Research Record, No. 312, Washington 1970
- [33] Feuchtinger, M.-E.: Verzögerungs- und Beschleunigungsspuren auf Schnellverkehrsstraßen. - Zeitschrift "Straße und Autobahn", Heft 8, Kirschbaum Verlag, Bonn 1954
- [34] Jeuken/Trapp, K.H.: Untersuchung über den Einfluß einseitiger Fahrstreifenbegrenzungen bei Einfahrten an Richtungsfahrbahnen auf den Verkehrsablauf und die Verkehrssicherheit. - "Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik", Heft 470, Bonn 1984
- [35] Knoflacher, H.: Untersuchung der Unfälle an Autobahneinfahrten. - Kuratorium für Verkehrssicherheit, Kleine Fachbuchreihe Band 18, Wien 1982
- [36] Mäcke, P./van Rey, K.: Einfahrhilfen an Bundesautobahnanschlußstellen in Ballungsgebieten. - "Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik", Heft 362, Bonn 1982
- [37] Marx, E./Hauer, W./Schmidl, W.: Untersuchung über die Auswirkungen bei Verminderung der Anlageverhältnisse von Anschlußstellen. - Bundesministerium für Bauten und Technik, Schriftenreihe Straßenforschung, Heft 190, Wien 1982
- [38] Schnüll, R.: Untersuchungen über die Gestaltung der Ausfahrten an planfreien Knotenpunkten. - "Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik", Heft 107, Bonn 1970
- [39] Schnüll, R./Kockelke, W.: Untersuchungen an planfreien Knotenpunkten zweispuriger Straßen. - "Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik", Heft 261, Bonn 1978

- [40] Schnüll, R./Meinefeld, P.: Querschnittsgestaltung einspuriger Verbindungsrampen. - Bundesminister für Verkehr, Schriftenreihe "Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik", Heft 285, Bonn-Bad Godesberg 1980
- [41] Skabardonis, A.: Modelling the traffic behaviour at grade - separated interchanges. - Traffic Engineering + Control, Vol. 26 No. 9, Printerhall Limited, London 1985
- [42] Stuwe, B.: Leistungsfähigkeit von Autobahneinfahrten. - Zeitschrift "Straßenverkehrstechnik", Heft 1/1989, Kirschbaum Verlag, Bonn 1989
- [43] Sukul, N.S.: Afwikkeling korte invoegstroken. - Verkeerskundige Werkdagen, Ede, mei 1991, 13 ref, Dell II
- [44] Trapp, K.H.: Leistungsfähigkeit von Einfahrten planfreier Knotenpunkte. - "Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik", Heft 174, Bonn 1974
- [45] Trapp, K.H.: Untersuchung des baulichen Aufwandes und der Leistungsfähigkeit von Autobahnknoten. - "Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik", Heft 230, Bonn-Bad Godesberg 1977
- [46] Trapp, K.H.: Untersuchungen über die Verkehrssicherheit im Einfahrbereich planfreier Knotenpunkte. - "Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik", Heft 302, Bonn 1980
- [47] Commission of the European Communities, Directorate General for Transport: Third Interim Report of Motorway Working Group, Action START, 1994