

**TU**

TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN

D I P L O M A R B E I T

Master's Thesis

# **Dreistreifige Fahrbahnquerschnitte Ausbildung und Einsatzgrenzen**

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines Diplom-  
Ingenieurs unter der Leitung von

o. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Dr.h.c. Johann Litzka

Institut für Straßenbau und Straßenerhaltung

eingereicht an der Technischen Universität Wien,  
Fakultät für Bauingenieurwesen,

von

**Wesselina Schalapatova**  
**0327172**

Wien, Dezember 2008

.....

---

## **Vorwort**

Die vorliegende Diplomarbeit entstand am Institut für Straßenbau und Straßen-  
erhaltung der TU Wien im Rahmen eines Doppel-Degree Studiums zwischen der  
Universität für Architektur, Bauwesen und Geodäsie Sofia und der Technischen Uni-  
versität Wien. Diese Projektstudie bildet den Abschluss meines Bauingenieur-  
studiums mit Vertiefung in Richtung "Straßenprojektierung".

Zunächst möchte ich Herrn o. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Dr.h.c. Johann  
Litzka für die ausgezeichnete und engagierte Betreuung während meiner  
Diplomandentätigkeit danken.

Großer Dank gilt auch Herrn Ass.Prof. Dipl.-Ing. Dr. Wolfgang J. Berger vom  
Institut für Verkehrswesen, Department für Raum, Landschaft und Infrastruktur der  
Universität für Bodenkultur Wien für die Unterstützung bei der Beschaffung von  
Unterlagen und Informationen.

Für die Unterstützung während meines Studiums bedanke ich mich ebenso bei der  
Fakultät für Straßenbau an der UABG-Sofia.

Mein besonderer Dank gilt der STRABAG AG für die finanzielle Unterstützung  
meines Studiumsaufenthalts in Wien.

Abschließend möchte ich mich bei meiner Familie bedanken, die stets Verständnis  
für meine studentischen Tätigkeiten gezeigt hat.

Wesselina Schalapatova

---

## Kurzfassung

### Dreistreifige Fahrbahnquerschnitte: Ausbildung und Einsatzmöglichkeiten

Der 2+1-Querschnitt ist ein einbahnig dreistreifiger Querschnittstyp, bei dem der mittlere Fahrstreifen abschnittsweise der einen oder der anderen Fahrtrichtung zugeordnet ist. Die Anwendung dieser Betriebsform wird als eine gute Lösung zum Schließen der Leistungslücke zwischen einbahnig zweistreifigen und zweibahnig vierstreifigen Straßenquerschnitten angesehen. Die Einsatzmöglichkeit des 2+1-Querschnitts beim Halbausbaue von Autobahnen und Schnellstraßen kann auch in Hinblick auf die Verkehrsqualität und die Wirtschaftlichkeit als sinnvoll betrachtet werden.

In der vorliegenden Arbeit werden die entsprechenden Regelungen in Österreich, Deutschland und Irland dargestellt und miteinander verglichen. In den Vergleich werden auch die finnischen und schwedischen Grundlagen für diesen Querschnittstyp einbezogen. Dank dieser Analyse werden Unterschiede der Ausbildung abgeleitet und die möglichen Einsatzbereiche und Einsatzgrenzen zusammengefasst.

Ausgehend von einer Auswertung der internationalen Erfahrungen und durchgeführten Untersuchungen mit 2+1-Straßen werden Erkenntnisse zum Verkehrsablauf und zu der Verkehrssicherheit ermittelt. Auf Basis der erhobenen Daten werden Empfehlungen und Hinweise zur Linienführung, zur Knotengestaltung, zu Abschnittslängen und Trennung der Fahrtrichtungen auf 2+1-Strecken gegeben.

---

## Summary

### Three-Lane Cross-Sections: Design and Application

A 2+1 road design has a continuous three-lane cross-section with alternating passing lanes. The use of this unique cross-section can link the capacity-gap between two lane roads and dual two lane roads. 2+1 roads can be an attractive alternative according to operational quality and economics by realization of highways and motorways in phases.

This study presents not only the design manuals in Austria, Germany and Ireland, but also the basic design concepts in Sweden and Finland. Thanks to their observation is described, when a 2+1 design is likely to be effective.

Based on international experience and researches it is possible to summarize general findings for traffic flow and traffic safety on 2+1 roads. Recommendations were made for alignment, junction strategy, passing lanes length and design of the central reserve.

---

## Абстракт

### Трилентови пътни платна: проектиране и приложение

Пътищата от типа 2+1 се характеризират с триленново пътно платно, при което средната лента се използва периодично от двете посоки за движение. Приложението им представлява добро разрешение на проблема с необходимостта от пътища, стойностите на чиято оразмерителна интензивност се намират между тези на двуленновите пътища с едно платно за движение и на четириленновите с две платна за движение. Пътното платно от типа 2+1 се определя като ефективен вариант от икономическа и експлоатационна гледна точка при фазово реализиране на автомагистрала и пътища I-ви и II-ри клас.

Разработената дипломна работа разглежда не само съответните норми за проектиране в Австрия, Германия и Ирландия, но и основните проектни положения в Швеция и Финландия. Благодарение на изследването им са направени изводи за ефективното приложение на пътищата тип 2+1.

Богатият международен опит и големият брой проучвания, свързани с пътищата тип 2+1, позволяват обобщаването на твърдения за движението и сигурността по тези пътища. На базата на получените резултати са направени препоръки и дадени насоки относно проектните елементи на пътя, използването на целесъобразен тип пътен възел (кръстовище или пътен възел на две или повече нива), дължина на съответните участъци, изпълнение на средната разделителна ивица.

---

# INHALTSVERZEICHNIS

|                                                                                          |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. EINLEITUNG UND ZIELSETZUNG.....</b>                                                | <b>3</b>  |
| <b>2. QUERSCHNITTE.....</b>                                                              | <b>4</b>  |
| 2.1 Allgemeines .....                                                                    | 4         |
| 2.2 Querschnittselemente .....                                                           | 5         |
| 2.2.1 Grundsätzliches.....                                                               | 5         |
| 2.2.2 Abmessungen der Querschnittselemente<br>von 2+1 Querschnitten.....                 | 6         |
| 2.2.2.1 Neu- und Umbau .....                                                             | 7         |
| 2.2.2.2 Ummarkierung .....                                                               | 8         |
| 2.2.3 Zusatzstreifen in Steigungen .....                                                 | 10        |
| <b>3. VERGLEICH VON RICHTLINIEN FÜR DREISTREIFIGE<br/>    FAHRBAHNQUERSCHNITTE .....</b> | <b>11</b> |
| 3.1 Allgemeines .....                                                                    | 12        |
| 3.2 Querschnittselemente .....                                                           | 12        |
| 3.2.1 Neu-, Umbau, Ummarkierung .....                                                    | 12        |
| 3.2.1.1 Österreich, RVS .....                                                            | 12        |
| 3.2.1.2 Irland, INRA .....                                                               | 13        |
| 3.2.1.3 Deutschland, RAL .....                                                           | 15        |
| 3.2.1.4 Finnland, FRA.....                                                               | 17        |
| 3.2.1.5 Schweden, SNRA .....                                                             | 19        |
| 3.2.1.6 Zusammenfassung .....                                                            | 22        |
| 3.2.2 Führung des Fußgänger- und Radverkehrs .....                                       | 24        |
| 3.3 Anordnung der ein- bzw. zweistreifigen Richtungsabschnitte .....                     | 25        |
| 3.3.1 Grundsätzliches .....                                                              | 25        |
| 3.3.2 Bedingungen zur Anordnung .....                                                    | 25        |
| 3.3.2.1 Überholregelung .....                                                            | 25        |
| 3.3.2.2 Entwurfselemente .....                                                           | 25        |
| 3.3.2.3 Knoten und Ortseinfahrten .....                                                  | 26        |
| 3.3.2.4 Kunstbauten .....                                                                | 26        |
| 3.3.3 Bestimmen der Länge der Abschnitte .....                                           | 26        |
| 3.4 Gestaltung der Wechselbereiche .....                                                 | 27        |
| 3.4.1 Grundsätzliches .....                                                              | 27        |
| 3.4.2 Lage der Wechselbereiche .....                                                     | 27        |
| 3.4.3 Abmessungen der Wechselbereiche .....                                              | 28        |

---

|                                                                                               |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 3.5 Ausstattung.....                                                                          | 36         |
| 3.5.1 Grundsätzliches.....                                                                    | 36         |
| 3.5.2 Markierung .....                                                                        | 36         |
| 3.5.3 Vertikale Leit- und Schutzeinrichtungen .....                                           | 37         |
| 3.6 Knoten .....                                                                              | 40         |
| 3.6.1 Grundsätzliches.....                                                                    | 40         |
| 3.6.2 Planfreie bzw. gemischte Knoten.....                                                    | 41         |
| 3.6.3 Plangleiche Knoten .....                                                                | 42         |
| <br><b>4. EINSATZBEREICHE UND EINSATZGRENZEN.....</b>                                         | <b>48</b>  |
| 4.1 Einsatzbereiche und Einsatzgrenzen gemäß den Richtlinien .....                            | 48         |
| 4.1.1 Allgemeines.....                                                                        | 48         |
| 4.1.2 Entwurfs- und Betriebsmerkmale.....                                                     | 49         |
| 4.1.3 Linienführung.....                                                                      | 50         |
| 4.2 Grundlegende Untersuchungen zur 2+1- streifigen<br>Verkehrsführung.....                   | 52         |
| 4.2.1 Grundsätzliches.....                                                                    | 52         |
| 4.2.2 Untersuchungen zum Verkehrsablauf.....                                                  | 53         |
| 4.2.2.1 Allgemeines.....                                                                      | 53         |
| 4.2.2.2 Beschreibung des Verkehrsablaufs auf<br><i>Strecken mit 2+1-Verkehrsführung</i> ..... | 54         |
| - Verkehrsstärke und Verkehrszusammensetzung .....                                            | 56         |
| - Geschwindigkeitsverhalten.....                                                              | 58         |
| - Pulkverhalten .....                                                                         | 63         |
| - Ansätze zu Längenbemessungsverfahren .....                                                  | 70         |
| 4.2.3 Untersuchungen zur Verkehrssicherheit.....                                              | 72         |
| 4.2.3.1 Allgemeines.....                                                                      | 72         |
| 4.2.3.2 Verkehrssicherheit auf Strecken mit<br><i>2+1-Verkehrsführung</i> .....               | 75         |
| - Allgemeiner Überblick.....                                                                  | 75         |
| - Unfallanalyse nach Unfallangaben und<br><i>Unfallkennzahlen</i> .....                       | 77         |
| 4.3 Ergebnisse der Untersuchungen zur 2+1-streifigen<br>Verkehrsführung.....                  | 89         |
| <br><b>5. ZUSAMMENFASSUNG.....</b>                                                            | <b>92</b>  |
| <br><b>LITERATURVERZEICHNIS .....</b>                                                         | <b>100</b> |

---

# 1. EINLEITUNG UND ZIELSETZUNG

Der dreistreifige Fahrbahnquerschnitt ist eine Querschnittsform für einbahnige Außerortstrassen, bei welcher der mittlere Fahrstreifen alternierend einer der beiden Fahrtrichtungen zugewiesen wird. Die wesentlichste Charakteristik dieses 2+1-Querschnittstyps ist die geregelte Überholmöglichkeit – durch die abwechselnde Zuordnung der Überholabschnitte erhält der Verkehrsstrom der einen Fahrtrichtung die Möglichkeit zum Überholen, während für den Strom der Gegenrichtung im einstreifigen Abschnitt ein Überholverbot gilt [FSV 2008]. Dank der von dieser Tatsache abzuleitenden Vorteile - wie Reduzierung des psychologischen „Überholdrucks“, Erhöhung der Verkehrssicherheit und Verkehrsqualität, Aufweisen von Flexibilität - stellt der dreistreifige Fahrbahnquerschnitt eine günstige Variante zu breiten zweistreifigen Querschnitten einerseits und vierstreifigen Querschnitten ohne bauliche Richtungstrennung mit schmalen Fahrstreifen andererseits dar. Der 2+1-Querschnitt kann eine gute wirtschaftliche Lösung für Hauptverkehrsstraßen im Freiland sein, unter anderem auch als Zwischenlösung beim sogenannten Halbausbau von Autobahnen.

Das Ziel dieser Arbeit ist, die Hauptpunkte für die Ausbildung der dreistreifigen Fahrbahnquerschnitte zu untersuchen. Als Grundlage werden die derzeit geltenden Entwurfsrichtlinien in den entsprechenden Ländern verwendet.

Weiters werden dank detaillierter Literaturrecherche der internationalen Erfahrungen Einsatzgrenzen empfohlen und Schlussfolgerungen hinsichtlich der zu erwartenden Einsatzbereiche getroffen. Bei den Einsatzkriterien sollte versucht werden, die Netzfunktion, die Leistungsfähigkeit und die Qualität des Verkehrsablaufs sowie den Flächenbedarf und die Kosten zu beurteilen.

Im Fokus steht ein möglicher Einsatz in Bulgarien, wo man bisher nur Erfahrungen mit Zusatzstreifen an Bergstrecken hat.

Abschließend werden auch die Aspekte der Verkehrssicherheit und des Straßenbetriebes betrachtet.

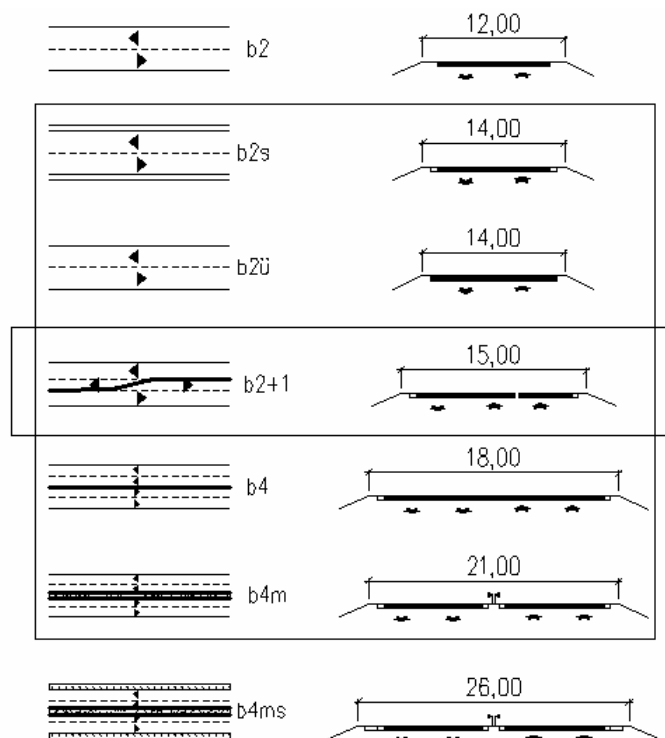
## 2. QUERSCHNITTE

### 2.1 Allgemeines

Der Straßenquerschnitt soll im Rahmen der Entwurfsplanung eine ausreichende Qualität des Verkehrsablaufs bei gegebenen Strecken- und Verkehrsverhältnissen gewährleisten. Dabei sollen in Betracht genommen werden:

- Straßenkategorie
- Verkehrsintensität und Verkehrszusammensetzung
- Verkehrssicherheit
- Umweltschutz
- Wirtschaftlichkeit

Bei dem Bestreben, Straßen leistungsfähig, sicher sowie flächen- und kostensparend zu bauen, kommt der Frage eine besondere Bedeutung zu, ab welcher Verkehrsbelastung eine Straße zweibahnig ausgebildet werden sollte [Brannolte 1992]. Dank entsprechender Untersuchungen wurde eine Lösung mit den sogenannten Zwischenquerschnitten gefunden. Das sind Querschnitte mit einer Kronenbreite von 14,00 m bis 21,00 m (Abb. 1).



**Abb. 1: Ausbildungsformen von Zwischenquerschnitten  
(in Anlehnung an [Brannolte, 1992])**

- b2s – 2 Fahrstreifen mit Seitenstreifen, wobei die Seitenstreifen auch zur Erleichterung des Überholens und für Ausweichvorgänge genutzt werden
- b2ü – 2 überbreite Fahrstreifen, um bei Überholbedarf ein Vorbeifahren ohne oder mit nur geringer Inanspruchnahme des Fahrstreifens für den Gegenverkehr zu ermöglichen
- b2+1 – 3 Fahrstreifen, wobei der mittlere Fahrstreifen abschnittsweise jeweils einer Fahrtrichtung zugeordnet wird, um Überholungen auch bei hohen Verkehrsstärken zu ermöglichen

Der Schwerpunkt dieser Arbeit sind die dreistreifigen Querschnitte, die in ihrer baulichen Ausbildung zwischen einbahnig zweistreifigen und einbahnig vierstreifigen Regelquerschnitten einzuordnen sind. Durch ihre Einführung kann die Lücke für Verkehrsbelastungen in der Größenordnung von ca. 12 000 bis 18 000 Kfz/24h geschlossen werden [Bickelhaupt, 1991]. Es wird auf diese Weise eine verkehrs- und umweltgerechtere Bauweise ermöglicht.

Der Querschnittstyp b2+1 ist ein einbahnig dreistreifiger Querschnitt, bei dem der mittlere Fahrstreifen (Überholstreifen) abschnittsweise durch entsprechende Fahrbahnmarkierungen jeweils nur einer Fahrtrichtung zugeordnet wird (Abb. 1).

Streckenabschnitte mit Zusatzstreifen in Steigungsstrecken (sogenannten „Kriechstreifen“ speziell für Schwerfahrzeuge) zählen im Sinne dieser Definition trotz ihrer dreistreifigen Betriebsführung nicht zu 2+1-Straßen.

Durch die Anlage von zusätzlichen Fahrstreifen in Abschnitten stärkerer Längsneigung kann zwar wie bei den 2+1-Straßen eine Reduzierung der Unfallzahlen sowie eine Entflechtung des Verkehrs und eine Verbesserung der Verkehrsqualität erreicht werden, die 2+1-typischen Charakteristika, wie geregelte Überholmöglichkeit und alternierend für jede Fahrtrichtung ein zweiter Fahrstreifen, sind jedoch nicht gegeben.

## 2.2 Querschnittselemente

### 2.2.1 Grundsätzliches

Für die weitere Arbeit ist es zweckmäßig, vorerst noch einige Begriffe zu erläutern. Dies geschieht auf der Grundlage der RVS 03.03.33 [FSV 2008] (Abb. 2):

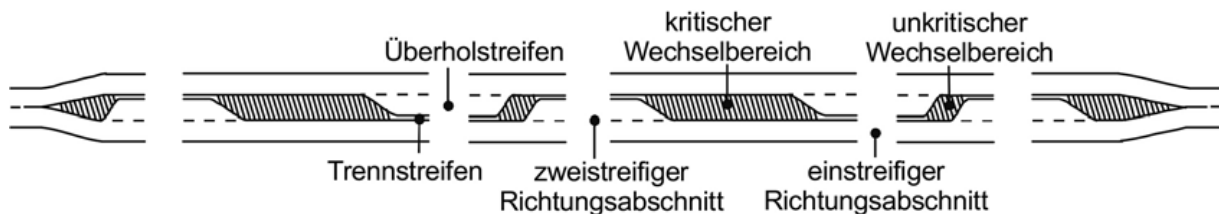
**Einstreifiger Richtungsabschnitt** – ist der Teil der Fahrbahn mit nur einem Fahrstreifen in Fahrtrichtung, der zwischen den Wechselbereichen liegt.

**Zweistreifiger Richtungsabschnitt** – ist ein Teil der Fahrbahn mit zwei Fahrstreifen in Fahrtrichtung, der sich zwischen den Wechselbereichen befindet.

**Wechselbereich** – ist der Abschnitt einer Straße, wo der Wechsel zwischen den beiden Richtungsabschnitten stattfindet. Dabei unterscheidet man zwischen „**kritischem**“ und „**unkritischem**“ Wechselbereich.

- kritischer Wechselbereich – Übergang vom zwei- in einstreifigen Richtungsabschnitt

- unkritischer Wechselbereich – Übergang vom ein- in zweistreifigen Richtungsabschnitt.

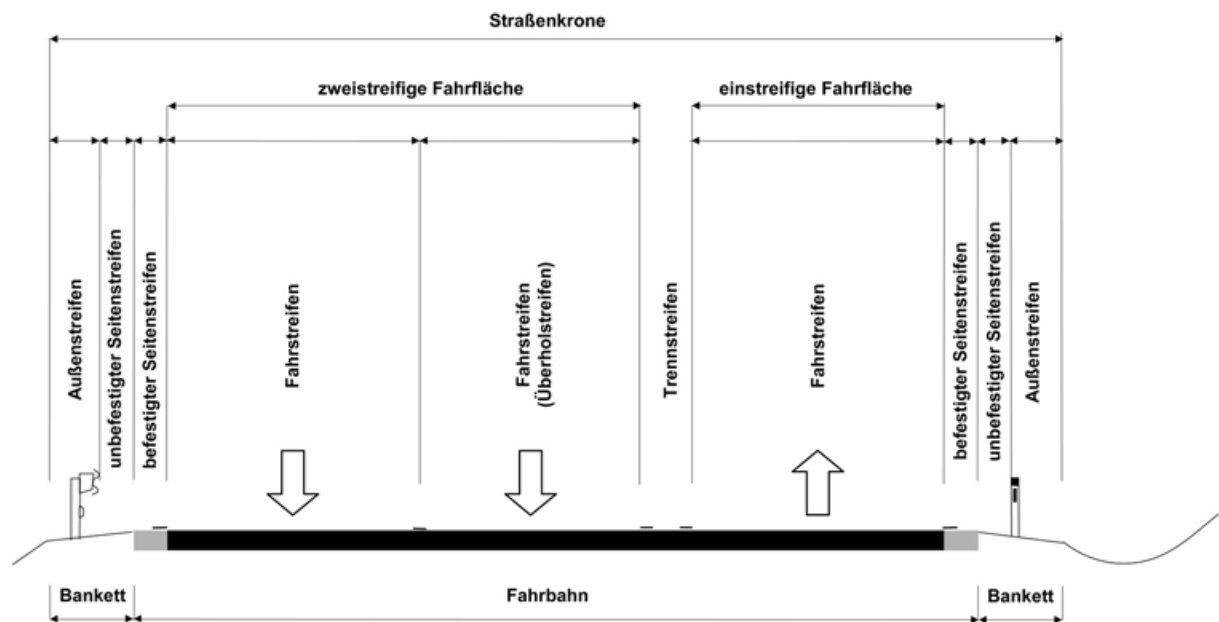


**Abb. 2: Systemskizze einer Straße mit 2+1-Querschnitt [FSV 2008]**

Der Regelquerschnitt setzt sich aus Querschnittselementen gemäß Abbildung 3 zusammen.

Die Bezugslinie liegt im Regelfall in der Fahrbahnachse.

Radfahrstreifen dürfen im Bereich von 2+1-Querschnitten nicht angeordnet werden. Gegebenfalls sind Radwege anzulegen [FSV 2008].



**Abb. 3: Beispiel für die Zusammensetzung von Querschnittselementen einer Straße mit 2+1-Querschnitt [FSV 2008]**

### 2.2.2 Abmessungen der Querschnittselemente von 2+1-Querschnitten

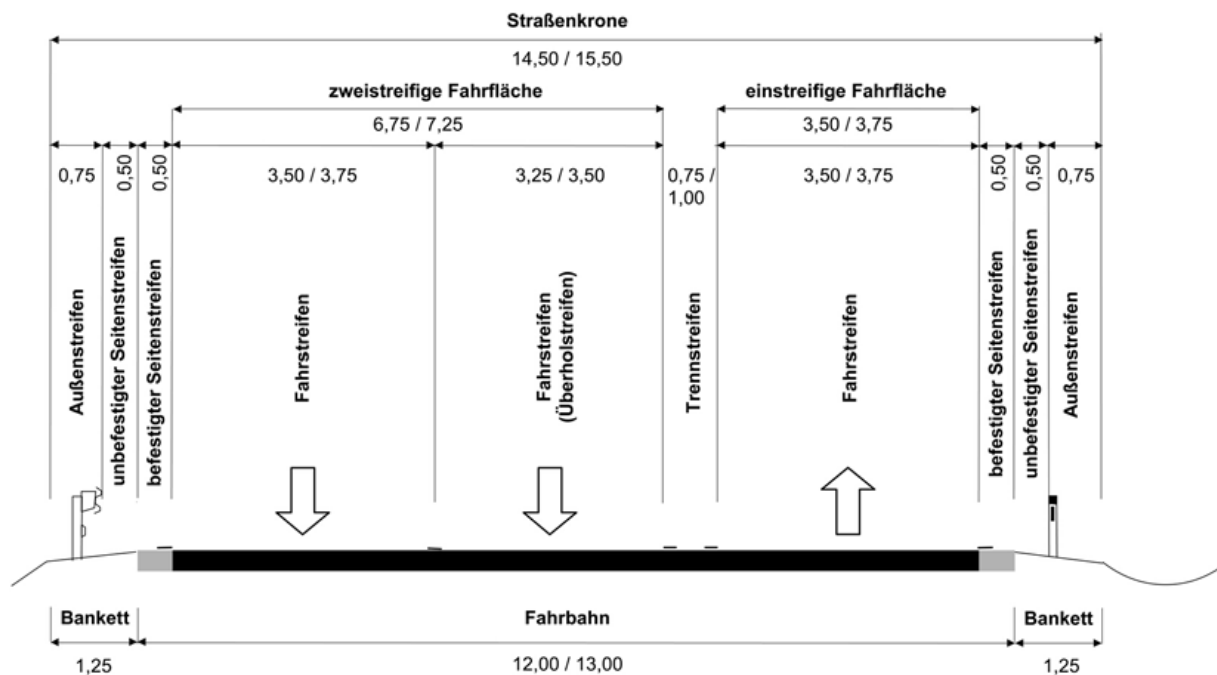
Die speziellen Anforderungen an die Abmessungen der Querschnittselemente von 2+1-Querschnitten sind in den Kap. 2.2.2.1 für Neu- und Umbaustrecken und Kap. 2.2.2.2 für Strecken, die nur durch Ummarkierung bestehender Straßen erzeugt werden, angeführt.

### 2.2.2.1 Neu- und Umbau

Die Abmessungen der Querschnittselemente von Straßen mit 2+1-Querschnitt bei Neu- oder Umbau zeigt Abbildung 4.

- ✓ Fahrbahn – Gesamtbreite des dem Fahrverkehr dienenden Teils der Straße, beträgt 12,00 bis 13,00 m.
- ✓ Überholstreifen – gemäß RVS 03.03.33 ist im Regelfall der linke Fahrstreifen eines zweistreifigen Richtungsabschnitts 3,25 m breit auszuführen. Ergibt sich bei der Dimensionierung eine erforderliche Breite  $\geq 3,50$  m, so ist er 3,50 m breit zu entwerfen.
- ✓ Fahrstreifen – die übrigen Fahrstreifen sollten zumindest 3,50 m breit sein. Ein Ausnahmefall wäre eine Breite von 3,75 m, welche sich bei Fahrstreifen-dimensionierung gemäß RVS 03.03.33 eindeutig ergibt (außerhalb des Übergangsbereichs).
- ✓ Trennstreifen – die Breite des die Flächen der beiden Fahrtrichtungen trennenden Streifens hat im Regelfall 0,75 m zu betragen. Bei Bogenradien unter 600 m ist der Trennstreifen auf 1,00 m zu verbreitern. Er dient zur Aufnahme der Längsmarkierung, in der Regel einer doppelten Sperrlinie. Eine bauliche Mitteltrennung ist nicht ausgeschlossen, ist grundsätzlich aber nicht vorgesehen.

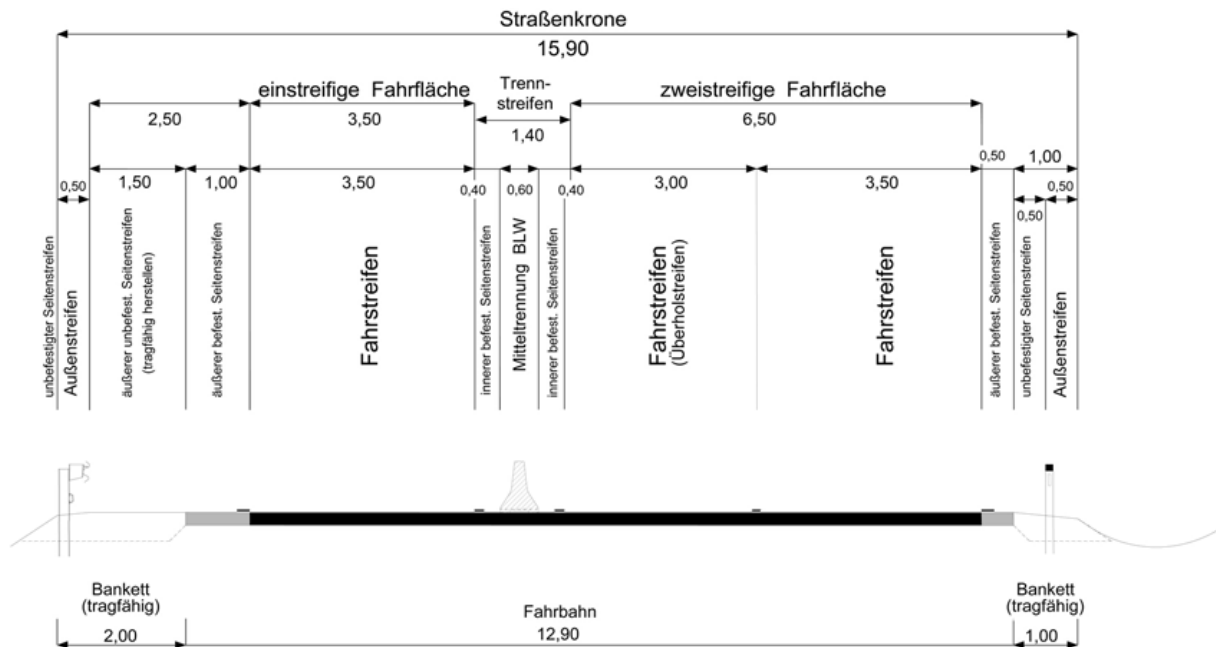
In jedem einstreifigen Richtungsabschnitt sollte zumindest eine Pannenbucht vorgesehen sein, während das Bankett unverbreitert bleiben kann.



**Abb. 4: Beispiel für die Regelabmessungen der Querschnittselemente einer Straße mit 2+1-Querschnitt bei Neu- oder Umbau (Mindestbreite/Maximalbreite) [FSV 2008]**

Der Ausbau einer Mitteltrennung (Betonleitwand) wird als Sonderfall für den Zwischen- ausbau von Autobahn- und Schnellstrecken betrachtet (Abb. 5). In der RVS 03.03.33 ist dabei besonders auf einige Punkte hingewiesen:

- Mindestlänge des kritischen Wechselbereichs  $\geq 200$  m.
- Verziehung der Betonleitwand in der Mitte des kritischen Wechselbereichs.
- Bei der Trassierung der Wechselbereiche in der Lage ist zu beachten, dass die Fahrbahn zufolge der unterschiedlichen Bankettbreiten asymmetrisch auf der Straßenkrone liegt.



**Abb. 5: Mindestabmessungen der Querschnittselemente für den Sonderfall eines Zwischenausbaus (bei geringen Prognoseverkehrsmengen) mit autobahnmäßiger Ausstattung im Autobahn- und Schnellstraßennetz (mit Überholverbot für breite Fahrzeuge) [FSV 2008]**

### 2.2.2.2 Ummarkierung

Die Ummarkierung bestehender Straßen ist eine weitere Möglichkeit zur Ausbildung von einem 2+1-Querschnitt. Es ist empfehlenswert, dass diese Straßen die Voraussetzungen für eine Dimensionierung der Querschnittselemente wie für Neu- und Umbau (Kap. 2.2.2.1) erfüllen. Ist das nicht der Fall, könnte die Ummarkierung in einen 2+1-Querschnitt und die Dimensionierung der Querschnittselemente als eine zweckmäßige nach den RVS Einsatzbereichen und Einsatzgrenzen (Kap.4.1.1) „Kompromisslösung“ betrachtet werden.

- ✓ Fahrbahn – die erforderliche Mindestbreite für die Ummarkierung in einen 2+1-Querschnitt beträgt gemäß RVS 11,00 m (Abb. 6). Die Mindestabmessungen der Querschnittselemente für diese Breite sind auch auf dieser Abbildung zu finden.

Steht eine Fahrbahnbreite zwischen 11,00 m und jener, welche für eine Regeldimensionierung erforderlich wäre, zur Verfügung, ist die über 11,00 m hinausgehende Breite den untenstehenden Mindestmaßen wie folgt zuzuschlagen:

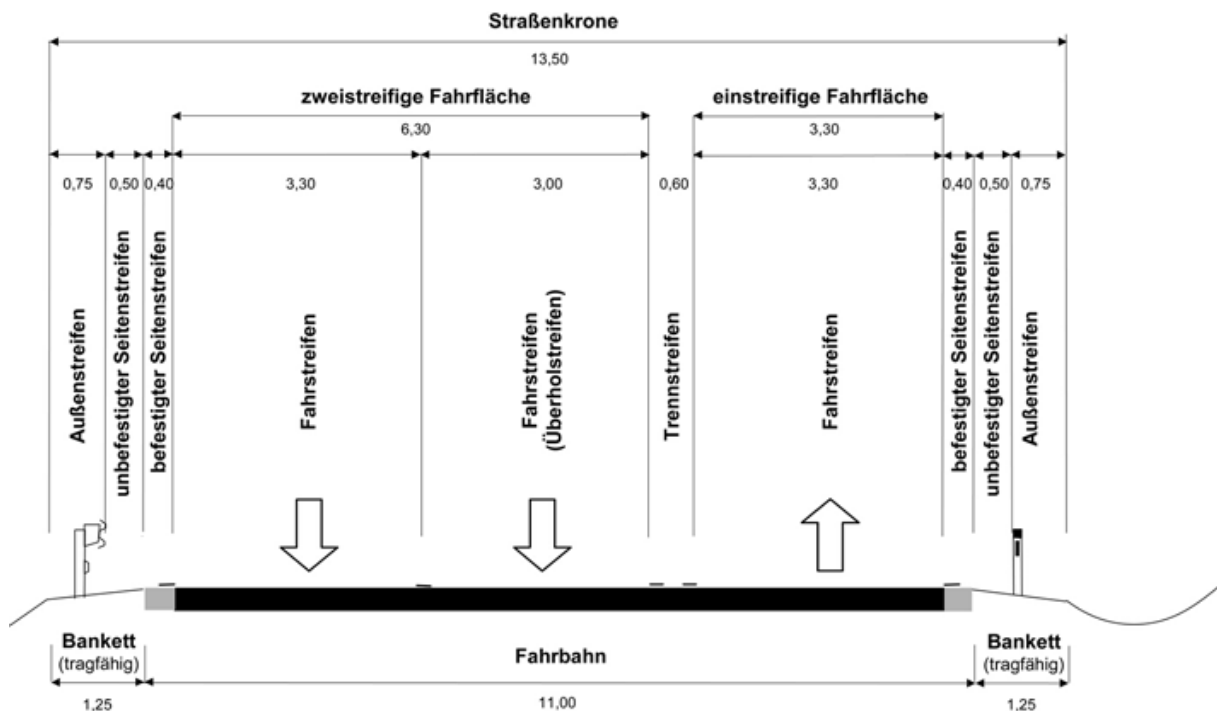
- 1. Schritt: Verbreitern des Trennstreifens auf 0,75 m
- 2. Schritt: Verbreitern der Randstreifen auf 0,50 m
- 3. Schritt: Verbreitern des Überholstreifens auf 3,25 m
- 4. Schritt: Aufteilen der allfällig verbleibenden Breite zu gleichen Teilen auf die äußeren Fahrstreifen.

Falls die Fahrbahnbreite der bestehenden Straße größer ist, als es eine Regel-dimensionierung der Querschnittselemente erfordert, ist:

- 1. Schritt: Verbreitern des Trennstreifens auf maximal 1,00 m
- 2. Schritt: Aufteilen der allfällig verbleibenden Breite auf die befestigten Seitenstreifen (vorrangig auf jenen des einstreifigen Richtungsabschnitts).

Diese Bestimmung erklärt sich mit der Möglichkeit für ein vorteilhaftes Um-markieren eines vierstreifigen Querschnitts mit schmalen Elementen in einen großzügig dimensionierten dreistreifigen Querschnitt.

- ✓ Überholstreifen – gemäß RVS 03.03.33 ist im Regelfall mit einer Mindestbreite von 3,00 m auszuführen.
- ✓ Fahrstreifen – die übrigen Fahrstreifen sollten zumindest 3,30 m breit sein.
- ✓ Trennstreifen – die Breite hat mindestens 0,60 m zu betragen.
- ✓ Bankette – sind tragfähig auszuführen.

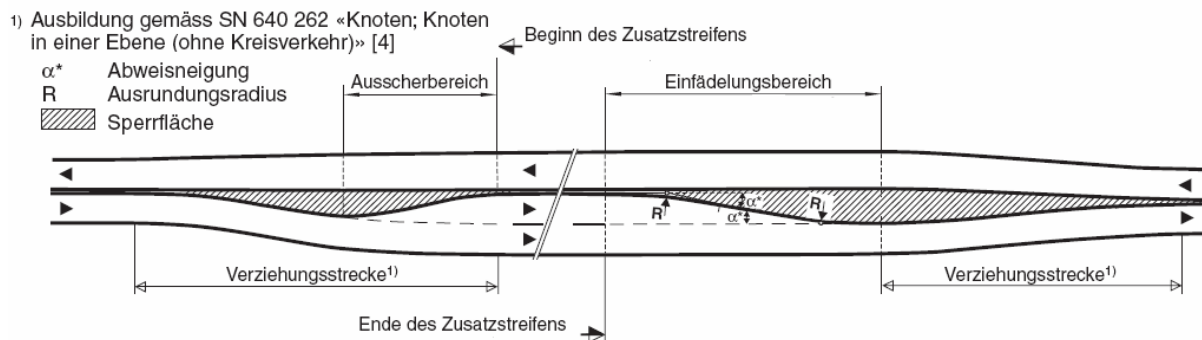


**Abb. 6: Mindestabmessungen der Querschnittselemente eines durch Um-markierung einer Straße mit der erforderlichen Mindestfahrbahnbreite von 11,00 m erzeugten 2+1-Querschnitts [FSV 2008]**

### 2.2.3 Zusatzstreifen in Steigungen

Zusatzstreifen in Steigungen sind abschnittsweise angeordnete Fahrstreifen, die dem Überholen langsamer Fahrzeuge in einer bestimmten Richtung dienen. Die Benützung der Zusatzstreifen kann auch mittels Beschränkungen für bestimmte Fahrzeuggruppen geregelt werden (z. B. Überholverbot für Lastwagen) [VSS, 2003].

Die Entscheidung für die Anordnung eines Zusatzstreifens in einer Steigungsstrecke ist beeinflusst von einer Vielfalt von Faktoren. Man bezieht sich auf fahrdynamische und verkehrstechnische Kriterien und zieht nicht nur wirtschaftliche und verkehrspolitische Aspekte, sondern auch die örtlichen Gegebenheiten in Betracht.



**Abb. 7: Übergangsbereiche bei Zusatzstreifen in Steigungen [VSS, 2003]**

Die Zusatzstreifen in Steigungen sind entsprechend dem Zweck links als eine Verbreiterung der Fahrbahn anzuordnen. Die Breite beträgt 3,00 m für Projektierungsgeschwindigkeit  $V_p = 60 \div 80$  km/h und 3,50 m für  $V_p > 80$  km/h [BGN, 2005].

Die Zusatzstreifen werden durch einen Ausscherbereich eingeleitet und durch einen Einfädelungsbereich beendet. Für die Verkehrssicherheit ist vor allem eine sorgfältige Ausbildung des Übergangsbereiches am Ende des Zusatzstreifens wichtig (Abb. 7) [VSS, 2003].

---

### 3. VERGLEICH VON RICHTLINIEN FÜR DREISTREIFIGE FAHRBAHNQUERSCHNITTE

In der gegenständlichen Arbeit sollen die Grundlagen für die Ausbildung des 2+1-Querschnitts und dessen Einsatzgrenzen erarbeitet werden. Als Basis der entsprechenden Schlussfolgerungen dienen internationale Festlegungen. Ausgewählte nationale Richtlinien werden in diesem Kapitel betrachtet, verglichen und deren teilweise voneinander abweichende Bestimmungen gegenübergestellt. Es wird besonders auf die österreichische Richtlinie für dreistreifige Querschnitte, die entsprechenden Normen in Deutschland und Irland hingewiesen. Im Detail wird noch die Gestaltung der 2+1-Querschnitte in Schweden und Finnland betrachtet.

Die bulgarischen Normen zum Straßenentwurf beinhalten die Linienführung von Zusatzstreifen in Steigungen und Gefällen. Spezielle Richtlinien für die Anwendung und Planung von 2+1-Querschnitten fehlen jedoch.

In der Schweiz wird der Einsatz von dreistreifigen Querschnitten der Betriebsart 2+1 abgelehnt. Die in den Wechselbereichen möglicherweise auftretenden Sperrflächenüberfahrten werden als schwerwiegend eingestuft. Die Schweizer Norm sieht nur Anordnung und Ausbildung von Zusatzstreifen in Steigungen und Gefällen vor [VSS, 2003].

Die aktuellste in Österreich geltende Richtlinie ist die RVS 03.03.33 [FSV, 2008] für die Dimensionierung und Gestaltung speziell von dreistreifigen Querschnitten (2+1-Querschnitte).

Die deutschen Richtlinien für die Anlage von Straßen (RAL) beinhalten in einem eigenen Kapitel diese Querschnittsform als Regelquerschnitt RQ 15,5. Es steht noch eine Möglichkeit für dreistreifige Straßen zur Verfügung, die als Regelquerschnitt RQ 11,5+ mit Überholstreifen bezeichnet wird.

In der irischen Richtlinie [NRA, 2006] ist im Kapitel 9.- „2+1 Roads“ - ebenfalls eine Regelung für 2+1-Querschnitte enthalten.

Die Informationen über die Regelungen in Finnland und Schweden stammen weitgehend aus entsprechenden Veröffentlichungen in englischer Sprache. Die Richtlinien selbst lagen – wenn überhaupt – nur in der Landessprache (Schwedisch) vor. [SNRA, 2004]

Zur Erleichterung der weiteren Arbeit werden in der gegenständigen Diplomarbeit die nationalen Richtlinien mit den entsprechenden Abkürzungen verwendet:

- die österreichischen Richtlinien - RVS
- die deutsche Richtlinie – RAL
- die irische Regelung bezüglich 2+1- Querschnitte – INRA
- die finnische Regelung – FRA
- die schwedische Regelung – SNRA

Es ist noch anzumerken, dass als Basis für den Vergleich die RVS benutzt werden. Vor diesem Hintergrund werden Differenzen abgeleitet, die vor allem die folgenden Entwurfsbereiche betreffen:

- 
- Querschnittselemente
  - Anordnung der ein- und zweistreifigen Richtungsabschnitte
  - Gestaltung der Wechselbereiche
  - Markierung und Beschilderung
  - Knotengestaltung
  - Einsatzbereiche und Einsatzgrenzen

## 3.1 Allgemeines

2+1-Querschnitte sind dreistreifige Straßenquerschnitte. Sie werden eingesetzt bei Straßen, welche über einen längeren Streckenabschnitt abwechselnd für jeweils eine Fahrtrichtung einen zweiten Fahrstreifen (Überholstreifen) aufweisen [FSV, 2008].

2+1-Querschnitte sind dadurch charakterisiert, dass abwechselnd für jede Fahrtrichtung ein zweiter Fahrstreifen und somit eine geregelte Überholmöglichkeit zur Verfügung steht. Im jeweils einstreifigen Richtungsabschnitt soll Überholverbot bestehen. Es werden Wechselbereiche von zwei auf einen Fahrstreifen und umgekehrt angeordnet.

Das wesentliche Charakteristikum von Straßen mit 2+1-Querschnitt liegt somit in der geregelten Überholmöglichkeit: In zweistreifigen Richtungsabschnitten ist das Überholen unabhängig vom Gegenverkehr möglich. Demgegenüber darf in den einstreifigen Richtungsabschnitten im Regelfall nicht überholt werden.

Gegenüber konventionellen zweistreifigen Straßen bietet dies den wesentlichen Vorteil, dass Fahrzeuglenkern die Belastung abgenommen wird, welche das Überholen in Abhängigkeit von den Verhältnissen im Gegenverkehr zweifellos darstellt. Die dabei häufig vorkommenden Wahrnehmungsfehler beim Abschätzen der verbleibenden Zeitlücke vor entgegenkommenden Fahrzeugen werden vermieden. Zwar ist durch das Überholverbot in den einstreifigen Richtungsabschnitten mit verstärkter Pulkbildung zu rechnen, doch ist dies Fahrzeuglenkern insofern zumutbar, als in dem Wissen um die bald folgende Überholmöglichkeit der psychologische „Überholdruck“ stark reduziert wird [FSV, 2008].

## 3.2 Querschnittselemente

### 3.2.1 Neu-, Umbau, Ummarkierung

#### 3.2.1.1 Österreich, RVS

Die Besonderheiten der Querschnittselemente und deren Abmessungen nach den RVS wurden bereits im Kap. 2 im Detail beschrieben, womit eine bessere Klärung der zu erarbeitenden Thematik erzielt wurde.

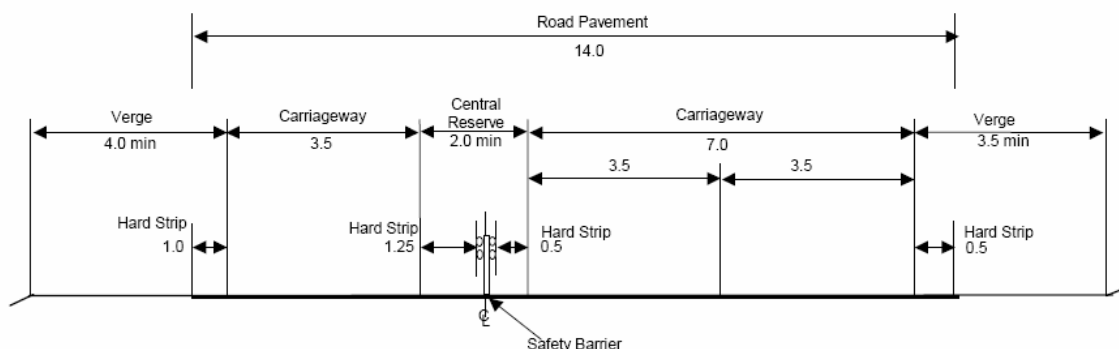
Insgesamt lassen sich zwei Abmessungsfälle unterscheiden. Es wird davon ausgegangen, ob eine bestehende Straße verbreitert (Neu- oder Umbau) oder ummarkiert (Ummarkierung) wird. Dabei veranschaulichen die Abbildungen 4 und 6 die Regel-

beziehungsweise die Mindestabmessungen der Querschnittselemente. In den beiden Querschnitten ist keine bauliche Mitteltrennung vorgesehen. Auf dem Trennstreifen ist nur eine Längsmarkierung in Form einer doppelten Sperrlinie auszuführen. Ein Sonderfall mit Mitteltrennung, der in den RVS als Anhang zu finden ist, wurde auch erwähnt.

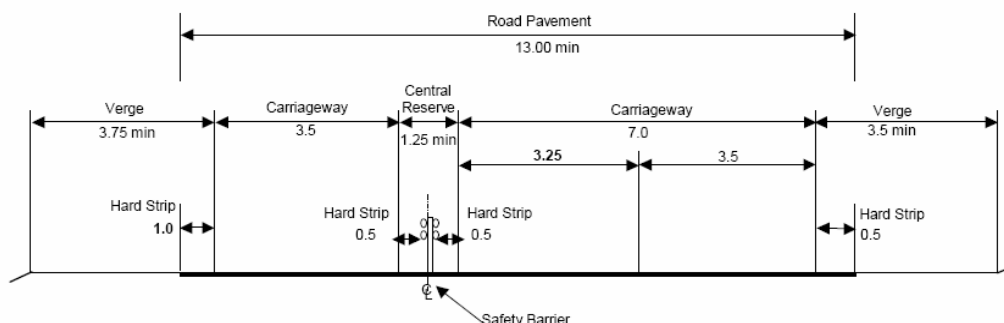
### 3.2.1.2 Irland, INRA

Die Regelabmessungen der 2+1-Querschnittselemente gemäß der NRA zeigt Abbildung 8. Das Hauptaugenmerk im Vergleich zu den RVS liegt auf der Kabelbarriere auf dem Trennstreifen. Das Resultat ist eine deutlich breitere Trennung zwischen den Richtungsfahrstreifen, die ihrerseits als Folge den Bau einer 14,00 m breiten Fahrbahn hat. Bei dem Querschnitt mit Standardabmessungen der Elemente (Abb. 8a) erhält der Trennstreifen („central reserve“ in der INRA) eine Mindestbreite von 2,00 m. Demgegenüber steht in den RVS ein Maximalwert von 1,00 m. Einen weiteren Unterschied findet man auch in den Abmessungen der Bankette – mind. 3,50 m. Daraus ergibt sich eine Kronenbreite von mind. 20,00 m für den Regelquerschnitt im Neubau-fall. Als Gegenüberstellung sind max. 15,50 m in den RVS für Kronenbreite bei der selben Situation vorgesehen.

Bei dem Umbau einer bestehenden Straße sind 14,00 m befestigte Breite geregelt, eine Kompromissvariante wäre an bestimmten Stellen eine asphaltierte Mindestbreite von 13,00 m (Abb. 8b), wobei in den INRA auf die unzulässige Unterschreitung besonders hingewiesen wird. Die „central reserve“ ist jedenfalls befestigt und mit Sicherheitsbarrieren auszuführen.



a) Standardbreiten der Querschnittselemente

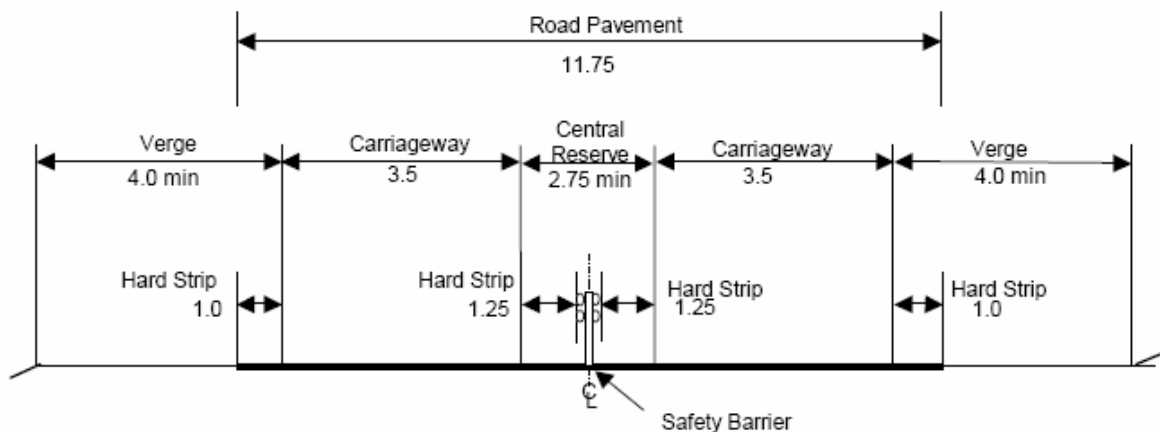


b) reduzierte Breiten der Querschnittselemente

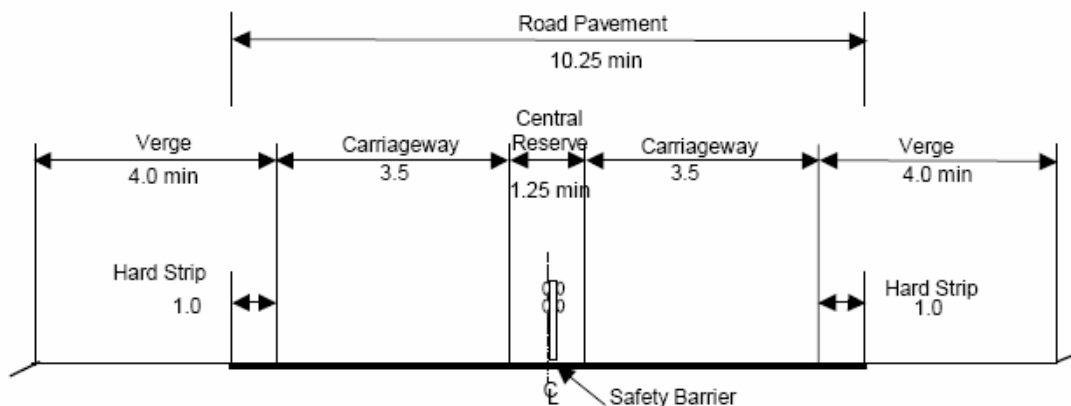
**Abb. 8: Abmessungen der Querschnittselemente für 2+1-Straßen in Irland [INRA, 2006]**

In den INRA wird die Aufmerksamkeit auf einige besondere Fälle gerichtet – die Querschnittsgestaltung bei Brücken oder anderen Engstellen und überlappende zweistreifige Fahrbahnquerschnitte. Die Vorgehensweise bei Engstellen ist Verzicht auf den dritten Fahrstreifen, aber Beibehalten der Sicherheitsbarriere. Der neu entstandene Querschnitt - „1+1“ besteht aus zwei einstreifigen Fahrflächen mit entgegengesetzten Fahrtrichtungen. Im Regelfall ist eine Fahrbahnbreite von 11,75 m vorgesehen (Abb. 9a), im Ausnahmefall wird ein Mindestwert von 10,25 m durch die Reduktion der „central reserve“ auf 1,25 m möglich (Abb. 9b).

Der Querschnittstyp, der als Folge des zweiten Sonderfalls resultiert, wird „2+1-Querschnitt mit überlappenden Überholstreifen“ genannt (Abb. 10a). Dessen Ausbildung ist bei größeren Steigungen vorgesehen. Es wird immer wieder auf die „central reserve“ hingewiesen – mind. 2,60 m. Einen Querschnitt mit spezieller Führung von Fußgänger- und Radverkehr zeigt Abbildung 10b.

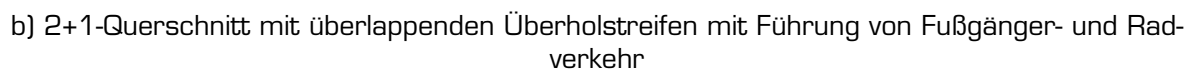


a) Standardbreiten der Querschnittselemente

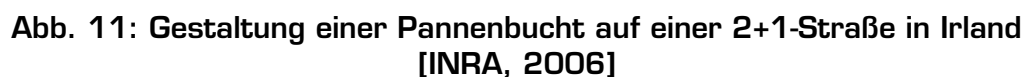


b) reduzierte Breiten der Querschnittselemente

**Abb. 9: Abmessungen der Querschnittselemente für 1+1-Querschnitt in Irland [INRA, 2006]**



Pannenbuchten („passing bays“) in der Mitte jedes einstreifigen Richtungsabschnitts stehen defekten Fahrzeugen zur Verfügung, damit eine sichere Aufenthaltsmöglichkeit gewährleistet wird. Deren Gestaltung zeigt Abbildung 11. Es wird empfohlen, Pannenbuchten außerhalb von Kreuzungsbereichen anzuordnen.



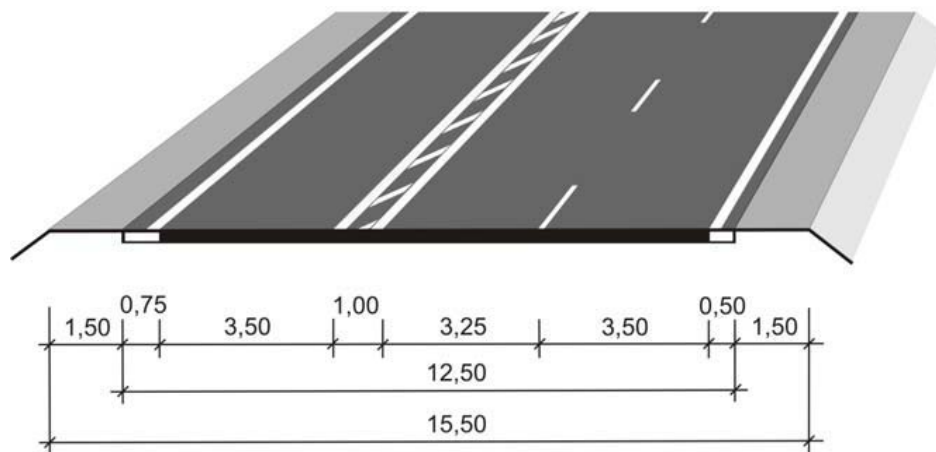
Besonders augenfällige Unterschiede zwischen den Standardabmessungen der Querschnittselemente in RVS und diesen in RAL sind nicht zu merken. RQ 15,5 weist eine Fahrbahnbreite von 12,50 m und eine Kronenbreite von 15,50 m auf. Beide Fahrt-

richtungen werden durch einen verkehrstechnischen 1,00 m breiten Mittelstreifen getrennt.

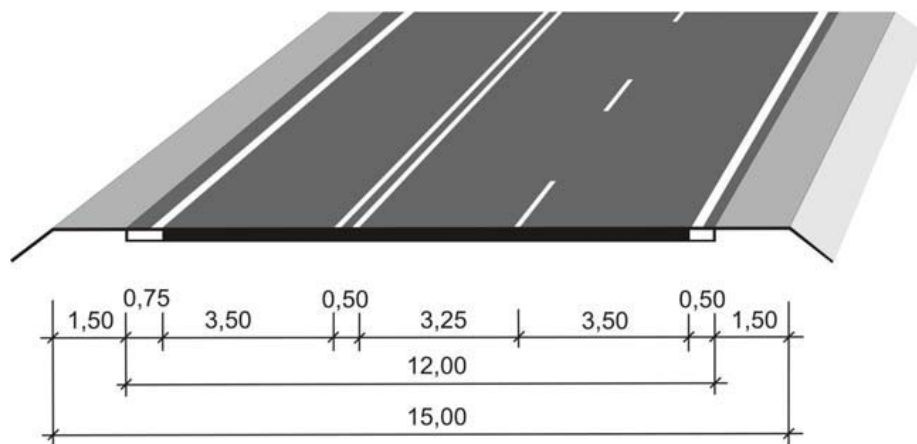
Die deutschen Richtlinien unterscheiden sich nur durch die Abmessungen der befestigten Seitenstreifen. Im einstreifigen Abschnitt steht ein Seitenstreifen mit einer Breite von 0,75 m gegenüber dem 0,50 m breiten Seitenstreifen im zweistreifigen Abschnitt.

In den einstreifigen Abschnitten ist die Anlage von 2,50 m breiten und 50 m langen Nothaltebuchten in Abständen von 500 m bis 1 000 m zweckmäßig. Die Lage der Nothaltebuchten ist mit den betrieblichen Erfordernissen (z. B. an Brücken) abzustimmen [RAL, 2007].

Als ein Querschnitt mit reduzierten Abmessungen könnte der Regelquerschnitt RQ 11,5+ betrachtet werden (Abb. 13). Er wird als ein einbahnig zweistreifiger Querschnitt, der durch einzelne Überholfahrstreifen abschnittsweise aufgeweitet wird, definiert. Aus Sicherheitsgründen (unter Verwendung des Gegenfahrstreifens) soll das Überholen auch in den zweistreifigen Abschnitten unterbunden werden (doppelte Fahrstreifenbegrenzungslinie) [RAL, 2007]. Der Trennstreifen wird auf 0,50 m reduziert, woraus sich auch eine Abminderung der Fahrbahn- und der Straßenkronenbreite um 0,50 m ergibt.

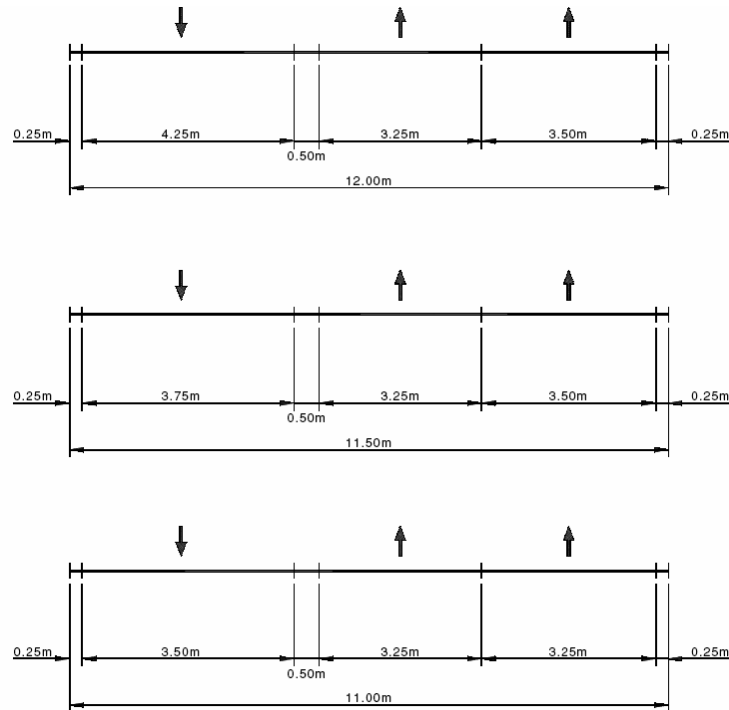


**Abb. 12: RQ 15,5, der Regelquerschnitt für 2+1-Strecken [RAL, 2007]**



**Abb. 13: RQ 11,5+ mit Überholstreifen [RAL, 2007]**

In Deutschland wurden zuerst bestehende Straßen vom Querschnittstyp b2ü oder b2s (b2ü – zwei überbreite Fahrstreifen und b2s – zwei Fahrstreifen mit Seitenstreifen) in 2+1-Straßen ummarkiert. Drei typische Beispiele für die Abmessungen der Querschnittselemente bei Ummarkierung zeigt Abbildung 14:

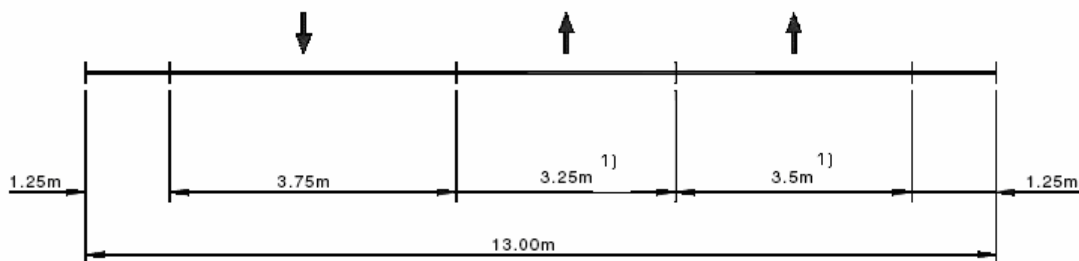


**Abb. 14: Beispiel für die Abmessungen der Querschnittselemente eines durch Ummarkierung einer Straße erzeugten 2+1-Querschnitts in Abhängigkeit von der vorhandenen Fahrbahnbreite [NCHRP, 2003]**

Der wesentliche Unterschied zwischen den drei Varianten besteht in der Breite des einstreifigen Abschnitts – von 3,50 m bis 4,25 m. Die Breite des rechten Fahrstreifens in zweistreifigen Abschnitt schwankt zwischen 3,25 m und 3,50 m.

#### **3.2.1.4 Finnland, FRA**

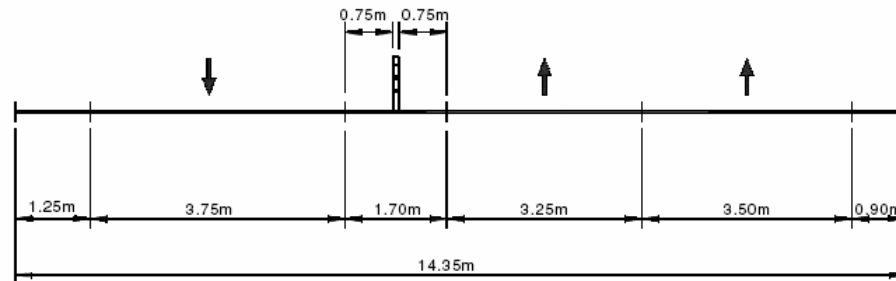
Die Regelbreiten der Querschnittselemente von 2+1-Straßen gemäß der finnischen Richtlinie sind auf der Abbildung 15 zu sehen:



<sup>(1)</sup> – offensichtlich falsche Breitenangaben in NCHRP korrigiert)

**Abb. 15: Beispiel für die Regelabmessungen der Querschnittselemente einer Straße mit 2+1-Querschnitt bei Neu-, Umbau ohne Sicherheitsbarriere in Finnland [NCHRP, 2003]**

Es existiert eine andere Variante für die Gestaltung von 2+1-Querschnitten gemäß FRA, wobei die Anordnung einer Sicherheitsbarriere vorgesehen wird (Abb. 16). Dieser Querschnitt hat im finnischen Straßennetz bis jetzt keinen Einsatz gefunden, dessen Anwendung aber wird als eine zukünftige Möglichkeit bezeichnet [NCHRP, 2003].



**Abb. 16: Beispiel für die Regelabmessungen der Querschnittselemente einer Straße mit 2+1-Querschnitt bei Neu-, Umbau mit Sicherheitsbarriere in Finnland [NCHRP, 2003]**

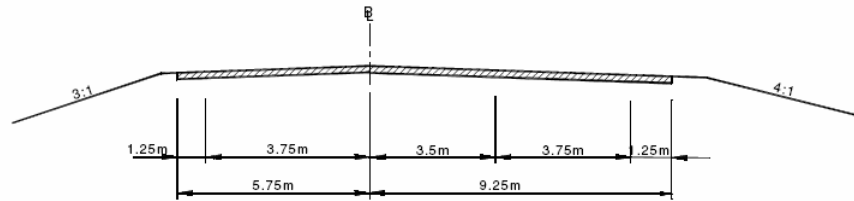
Beim ersten Beispiel (Abb. 15) ist das Fehlen von einer deutlichen Mitteltrennung zwischen den beiden Fahrtrichtungen bemerkenswert. Allerdings zeigen die Bilder der tatsächlichen Ausführungen (z. B. Abb. 34), dass doch eine doppelte Sperrlinie angeordnet wird, die offensichtlich als Teil der Fahrstreifen angesehen wird. Die Abmessungen der Fahrstreifen weisen keine wesentlichen Unterschiede im Vergleich zu diesen in den RVS auf. Die Breite der Fahrbahn ist insgesamt wieder 13,00 m – diese Tatsache erklärt sich mit den Breiten der befestigten Seitenstreifen von 1,25 m. Sie überschreiten deutlich die in den RVS vorgesehenen 0,50 m.

Bei der Anordnung einer Sicherheitsbarriere ist schon ein Trennstreifen mit einer Breite von 1,70 m als Querschnittselement der 2+1-Straßen zu sehen (Abb. 16). Wegen der baulichen Mitteltrennung ist seine Abmessung wesentlich größer als diese des Trennstreifens in den RVS (Maximalwert der Trennstreifensbreite - 1,00 m). Weiters findet man einen Unterschied in den Breiten der befestigten Seitenstreifen auf den beiden Seiten des Querschnitts. Dem 0,90 m breiten Seitenstreifen beim zweistreifigen Abschnitt steht die 1,25 m Breite von diesem auf der Seite des einstreifigen Abschnitts gegenüber. Insgesamt resultiert eine Fahrbahnbreite von 14,35 m. Im Vergleich zu den RVS ist dieser Wert wesentlich größer als die dort vorgesehene Maximalbreite der Fahrbahn bei Neu- oder Umbau (13,00 m).

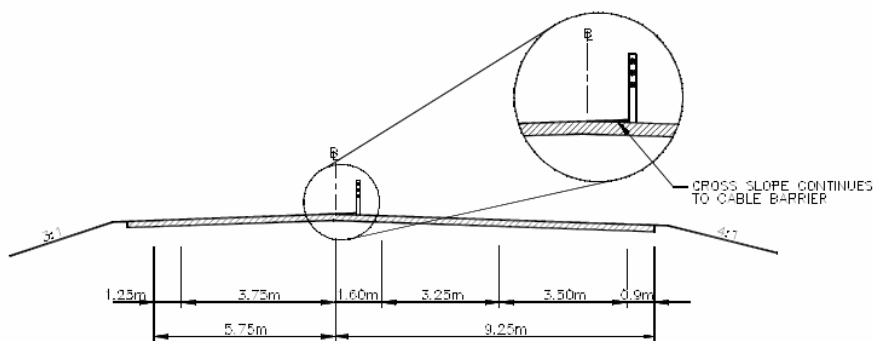
Ein herausragendes Merkmal bei der Gestaltung der Straßenquerschnitte im finnischen Straßennetz ist die Dachneigung als eine Form von der Querneigung der Fahrbahn in Geraden. In Österreich wird die Fahrbahn in Geraden hauptsächlich mit einseitiger Querneigung angelegt. Abbildungen 17 und 18 zeigen einen Vorschlag für die Gestaltung von 2+1-Querschnitten bei dem Fall mit Dachneigung.

Hier beträgt die Fahrbahnbreite schon 15,00 m. Die Einführung einer baulichen Mitteltrennung resultiert in einer Reduktion der Breiten der Fahrstreifen und des Randstreifens im Überholabschnitt.

Die Aufmerksamkeit wird bei der Anwendung von baulicher Mitteltrennung speziell auf das Ende der Querneigung seitens des einstreifigen Abschnitts gerichtet – und nämlich bis zu der Kabelbarriere.



**Abb. 17: Beispiel für die empfohlenen Abmessungen der Querschnittselemente einer Straße mit 2+1-Querschnitt bei Neu-, Umbau ohne Sicherheitsbarriere und mit Dachneigung als Querneigung in Finnland [NCHRP, 2003]**



**Abb. 18: Beispiel für die empfohlenen Abmessungen der Querschnittselemente einer Straße mit 2+1-Querschnitt bei Neu-, Umbau mit Sicherheitsbarriere und Dachneigung als Querneigung in Finnland [NCHRP, 2003]**

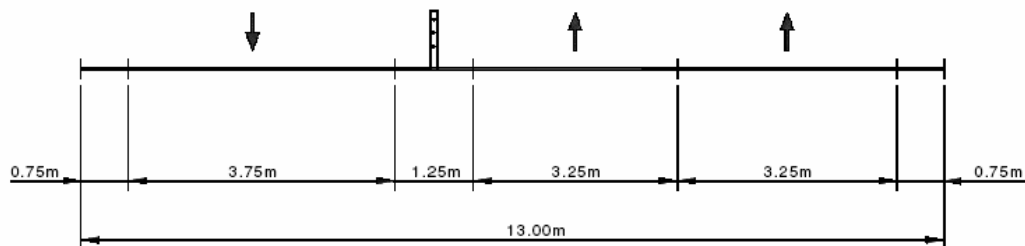
### 3.2.1.5 Schweden, SNR

Der 2+1-Querschnittstyp wurde als eine Alternative für die Gestaltung der 13,00 m breiten Querschnitte in Schweden angewendet (Abb. 19).

|                |            |                         |
|----------------|------------|-------------------------|
|                |            |                         |
| wide shoulders | wide lanes | 2+1 design road marking |

**Abb. 19: Abmessungen der Zwischenquerschnittselemente in Schweden [Bergh, Carlsson und Moberg, 2004]**

Die Straßen mit 2+1-Querschnitt in Schweden werden durch Umbau oder Ummarkierung von bestehenden Straßen ausgebildet (Abb. 20). Bei dem Umbau wurde die vorhandene Fahrbahnbreite bis zu einer Breite von 14,00 m vergrößert.



**Abb. 20: Abmessungen der Querschnittselemente einer bestehenden Straße mit 2+1-Querschnitt in Schweden [NCHRP, 2003]**

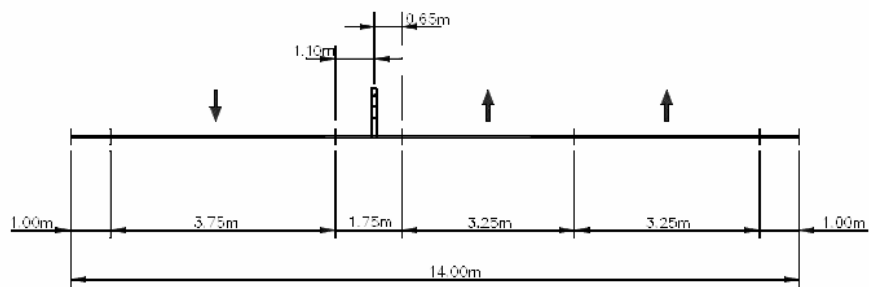
Charakteristisch ist der Ausbau einer Mitteltrennung (Kabelbarriere) auf dem Trennstreifen mit einer Breite von 1,25 m. Augenfällig ist die gleiche Breite der Fahrstreifen im Überholabschnitt – 3,25 m, die in den RVS als Mindestwert bei Neu- oder Umbau definiert wird. Im Vergleich zu dem Fall Ummarkierung in dem österreichischen Regelwerk sind die Abmessungen der Querschnittselemente gemäß SNRA größer. Die zulässige Mindestfahrbahnbreite von 11,00 m in den RVS ist in den schwedischen Richtlinien ausgeschlossen.

Der Querschnittstyp „1+1“, der auch in den irischen Richtlinien definiert wird, findet nach dem schwedischen Regelwerk für die Querschnittsgestaltung in besonderen Fällen eine Anwendung. Als Beispiel für solche Situationen wird die Querschnittsgestaltung auf langen Brücken und an Stellen mit sehr nahliegenden Ortseinfahrten erwähnt. Eine Ausbildung vom 1+1-Querschnitt kann auch auf Strecken vorgesehen werden, wo eine Trennung des Rad- und Fußgängerverkehrs unmöglich oder unwirtschaftlich ist [Bergh, Carlsson und Moberg, 2004].

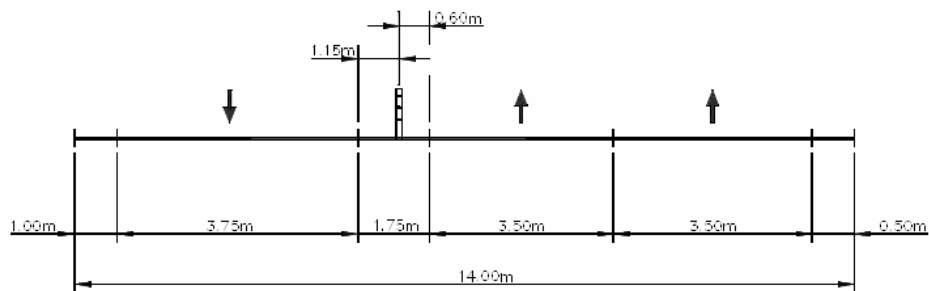
Bei größeren Steigungen („sections on up-hills“) ist die Ausbildung von 2+2- Querschnitt als sinnvoll definiert. Dieser Querschnittstyp entspricht dem 2+1-Querschnitt mit überlappenden Überholstreifen in der irischen Regelung [Bergh, Carlsson und Moberg, 2004].

Die Richtlinien für 2+1-Querschnitte in Schweden werden neu diskutiert und verändert. Beim Neubau von 2+1-Straßen soll die Fahrbahnbreite unbedingt 14,00 m betragen (Abb. 21a, b). Im Fall Umbau darf die Fahrbahnbreite 13,00 m bleiben, es wird aber eine Verbreiterung auf 14,00 m empfohlen (Abb. 22a, b). Wenn durch Ummarkierung eine bestehende Straße in einer Straße mit 2+1-Querschnitt ausgebildet wird, darf diese Straße ihre Fahrbahnbreite von 13,00 m behalten.

Die Funktion der Straße wird auch berücksichtigt. In Abhängigkeit davon, ob die Straße dem allgemeinen Verkehr zur Verfügung steht oder als Kraftfahrstraße bezeichnet wird, unterscheiden sich die Abmessungen der Querschnittselemente voneinander (Abb. 21, 22) [NCHRP, 2003].

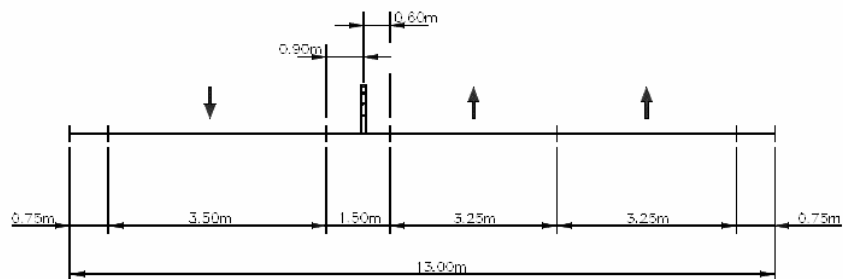


a) Straße für den allgemeinen Verkehr

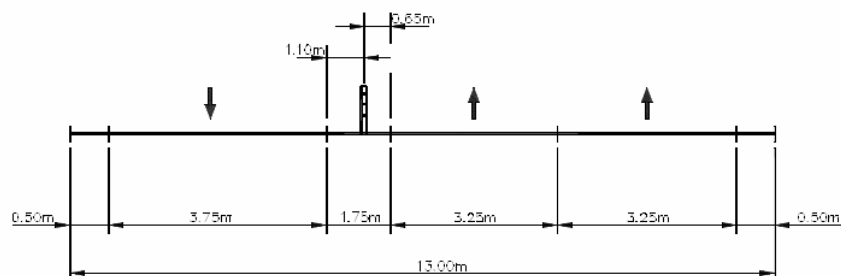


b) Kraftfahrstraße

**Abb. 21: Abmessungen der Querschnittselemente für Straßen mit 2+1-Querschnitt bei Neu- oder Umbau in Schweden [NCHRP, 2003]**



a) Straße für den allgemeinen Verkehr



b) Kraftfahrstraße

**Abb. 22: Abmessungen der Querschnittselemente für Straßen mit 2+1-Querschnitt bei Umbau oder Ummarkierung in Schweden [NCHRP, 2003]**

### 3.2.1.6 Zusammenfassung

In den österreichischen und irischen Richtlinien sind sowohl die Regel- bzw. Maximalbreiten als auch die reduzierten bzw. Mindestbreiten der Querschnittselemente geregelt. In RAL sind die Abmessungen von zwei Querschnittstypen (RQ 15,5 und RQ 11,5+) definiert. Bei der Betrachtung der 2+1-Straßen und der Abmessungen deren Elemente in Finnland und Schweden sind nur die Werte bei Ummarkierung erwähnt [NCHRP, 2003].

Einen starken Eindruck macht die Tatsache, dass sich die in den Regelwerken angeführten Querschnittselemente bei Neubau von 2+1-Straßen teilweise stark voneinander unterscheiden (Tab. 1).

**Tabelle 1: Standard- und reduzierte Breiten der Regelquerschnitte und der Querschnittselemente bei Neu- und Umbau gemäß RVS, INRA und RAL [Höretseder, 2007]**

|             |           | Fahrstreifen<br>[m] | Rand-<br>streifen<br>[m] | Trenn-<br>streifen<br>[m] | Bankette<br>[m] | Fahr-<br>bahn<br>[m] | Stra-<br>ßen-<br>krone<br>[m] | Pannen-<br>bucht                                                  |
|-------------|-----------|---------------------|--------------------------|---------------------------|-----------------|----------------------|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| <b>RVS</b>  | Standard  | 3,75//3,50/3,75     | 0,50                     | 1,00* ohne                | 1,25/1,25       | 13,00                | 15,50                         | 1 pro ein-<br>streif.                                             |
|             | Reduziert | 3,50//3,25/3,50     | 0,50                     | 0,75* ohne                | 1,25/1,25<br>** | 12,00                | 14,50                         | Richtungs-<br>abschnitt                                           |
| <b>INRA</b> | Standard  | 3,50//3,50/3,50     | 1,00/0,50                | 2,00* mit                 | 4,00/3,50       | 14,00                | 20,00                         | 1 pro ein-<br>streif.                                             |
|             | Reduziert | 3,50//3,25/3,50     | 1,00/0,50                | 1,25* mit                 | 3,75/3,50       | 13,00                | 18,75                         | Richtungs-<br>abschnitt                                           |
| <b>RAL</b>  | RQ 15,5   | 3,50//3,25/3,50     | 0,75/0,50                | 1,00 ohne                 | 1,50/1,50       | 12,50                | 15,50                         | in Ab-<br>ständen<br>von 500<br>m bis<br>1000m<br>zweck-<br>mäßig |
|             | RQ 11,5+  | 3,50//3,25/3,50     | 0,75/0,50                | 0,50 ohne                 | 1,50/1,50       | 12,00                | 15,00                         |                                                                   |

ohne ..... ohne Mittelbarriere

mit ..... mit Mittelbarriere

\* ..... Verbreitung im Kurvenbereich

\*\* ..... Bankett standfest auszubilden

Schließlich lassen sich die ziemlich größeren Breiten der Fahrbahn und der Straßenkrone in den irischen Richtlinien als herausragendes Merkmal zusammenfassen. Die Ursache liegt in der 2,00 m breiten „central reserve“, die mit einer Sicherheitsbarriere auszustatten ist. In Gegensatz dazu ist die Standardbreite der Fahrbahn nach RVS 13,00 m und nach RAL – 12,50 m auszuführen. Die Straßenkronenbreite beträgt sowohl in Österreich als auch in Deutschland 15,50 m.

Im irischen Regelwerk wird die Umwandlung von bestehenden normalen oder überbreiten einbahnigen, zweistreifigen Straßen zu 2+1-Konfigurationen aus Sicherheitsgründen als vorteilhaft bezeichnet. Es wird weiter auf den geringen Aufwand von baulichen Maßnahmen gegenüber dem vorhandenen Querschnitt hingewiesen.

Soweit es aber die Ummarkierung betrifft, die in den RVS ganz detailliert betrachtet wird, stehen weder in der deutschen noch in der irischen Norm eindeutige Regeln. Es sind aber in Deutschland die meisten 2+1-Straßen durch Ummarkierung von bestehenden Straßen ausgebildet und die Varianten der ausgeführten Querschnittsgestaltung wurden schon gezeigt. In Schweden und Finnland sind alle 2+1-Straßen durch Ummarkierung erzeugt. Ein Gesamtüberblick der Abmessungen der Querschnittselemente im Fall Ummarkierung gibt Tabelle 2.

Auffallend ist die Fahrbahnbreite von 13,00 m in Schweden und Finnland auch bei Ummarkierung. Im Gegensatz dazu liegt die untere Grenze für die Fahrbahnbreite bei 11,00 m in Österreich und Deutschland.

**Tabelle 2: Abmessungen der Querschnittselemente bei Ummarkierung von bestehenden Straßen gemäß RVS und der ausgeführten 2+1-Straßen in Schweden, Finnland und Deutschland**

|            | Fahrstreifen<br>[m] | Rand-<br>streifen<br>[m] | Trenn-<br>streifen<br>[m] | Bankette<br>[m] | Fahr-<br>bahn<br>[m] | Straßen-<br>krone<br>[m] |
|------------|---------------------|--------------------------|---------------------------|-----------------|----------------------|--------------------------|
| <b>RVS</b> | 3,30//3,00/3,30     | 0,40                     | 0,60*<br>ohne             | 1,25/1,25       | 11,00                | 13,50                    |
| <b>SRA</b> | 3,75//3,25/3,25     | 0,75                     | 1,25*<br>mit              | Keine<br>Daten  | 13,00                | Keine<br>Daten           |
| <b>FRA</b> | 3,75//3,50/3,25     | 1,25                     | kein                      | Keine<br>Daten  | 13,00                | Keine<br>Daten           |
| <b>RAL</b> | 4,25//3,25/3,50     | 0,25                     | 0,50*<br>ohne             | Keine<br>Daten  | 12,00                | Keine<br>Daten           |
|            | 3,75//3,25/3,50     | 0,25                     | 0,50*<br>ohne             | Keine<br>Daten  | 11,50                | Keine<br>Daten           |
|            | 3,50//3,25/3,25     | 0,75/0,50                | 1,00<br>ohne              | Keine<br>Daten  | 11,00                | Keine<br>Daten           |

ohne ..... ohne Mittelbarriere

mit ..... mit Mittelbarriere

\* ..... Verbreitung im Kurvenbereich

### 3.2.2 Führung des Fußgänger- und Radverkehrs

Eine separate Führung des Fußgänger- und Radverkehrs ist nur in den deutschen Richtlinien vorgesehen. Nach der Regelung von RVS soll dieser Verkehr auf einem Begleitnetz getrennt geführt werden. Die irischen und schwedischen 2+1-Regelwerke halten fest, dass Fußgängerübergänge nur an Strecken mit 1+1-Querschnitt anzuordnen sind [INRA, 2006]. In Schweden wird der befestigte Seitenstreifen mit der Breite von 0,75 m im typischen 2+1-Querschnitt für eine sehr niedrige Belastung vom Rad- und Fußgängerverkehr vorgesehen.

Ein genauer Blick in die RAS-Q zeigt, dass es zwei Möglichkeiten für den Verlauf von Geh- und Radwegen gibt. Einerseits können sie unabhängig verlaufen, andererseits parallel zur Fahrbahn durch Trennstreifen oder Borde räumlich von der Fahrbahn abgesetzt (Abb. 23).

Bei Anordnung von Geh- und Radwegen auf einem Bauwerksbereich sind diese, wie bei anderen Querschnitten auch, mit einer Mindestbreite von 2,25 m auszuführen (Abb. 24).

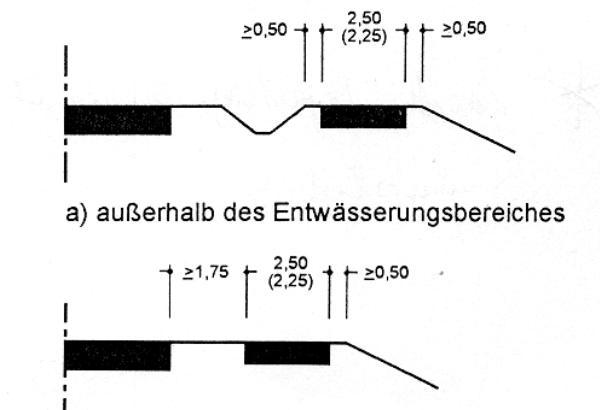


Abb. 23: Ausführung gemeinsamer Geh- und Radwege bei deutschen 2+1-Straßen (RQ 15,5) gemäß RAS-Q

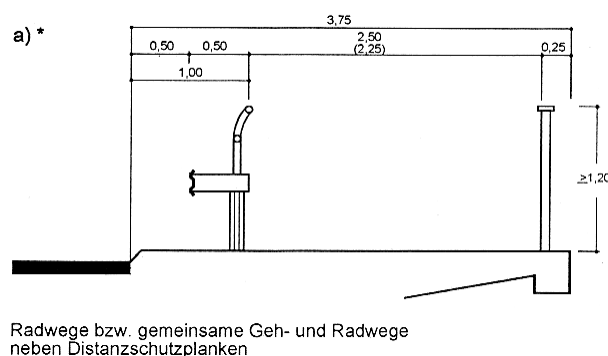


Abb. 24: Gestaltung von Geh- und Radwegen auf Bauwerken bei deutschen 2+1-Straßen gemäß RAS-Q

---

## 3.3 Anordnung der ein- bzw. zweistreifigen Richtungsabschnitte

### 3.3.1 Grundsätzliches

Wegen der Verkehrssicherheit und der Verkehrsqualität als Hauptkriterien werden bei einbahnigen Querschnitten Überholstreifen geplant. Der zweite Fahrstreifen wird abschnittsweise je einer Richtung zugewiesen. Das Ziel ist, Überholvorgänge zur Entflechtung des schnellen und langsamen Verkehrs zu ermöglichen, wobei der Fahrstreifen des Gegenverkehrs nicht in Anspruch genommen wird. Bei der Bestimmung der Längen dieser Abschnitte soll einerseits berücksichtigt werden, dass diese ausreichend lang zum Überholen eines oder mehrerer langsamer Fahrzeuge sind. Andererseits soll auch die in dem einstreifigen Abschnitt auftretende Verzögerung des Verkehrs in Bedacht genommen werden. Die zweistreifigen Abschnitte sollen lang genug sein, damit sich die in den einstreifigen Abschnitten gebildeten Pulks wieder auflösen können.

### 3.3.2 Bedingungen zur Anordnung

*Anmerkung:* In dem Kapitel 3.3.2 „Bedingungen zur Anordnung“ sind Schweden und Finnland in dem Vergleich nicht einbezogen, weil keine Richtlinien von diesen Ländern zur Verfügung stehen, sondern die schon erwähnte Quelle- „Application of European 2+1 Roadway Designs“ [NCHRP, 2003].

#### 3.3.2.1 Überholregelung

Falls eine Straße mit 2+1-Querschnitt als Autostraße bzw. als Kraftfahrstraße verordnet ist, wird in RVS und RAL ein Überholverbot in den einstreifigen Richtungsabschnitten geregelt. Im österreichischen Regelwerk ist eine doppelte Sperrlinie anzuordnen, die auch in der deutschen Norm nur für den Querschnitt RQ 11,5+ als eine doppelte Fahrstreifenbegrenzungslinie anzutreffen ist. Für den RQ 15,5 ist ein verkehrstechnischer Mittelstreifen vorgesehen (Abb. 12). Die spezielle bauliche Mitteltrennung in INRA und SNRA wurde schon im Detail diskutiert (Kap. 3.2.1). Durch eine Längsmarkierung in Form einer doppelten Sperrlinie wird in Finnland das Überholen im einstreifigen Richtungsabschnitt untersagt.

Ist eine Verordnung als Autostraße nicht möglich, ist für die einstreifigen Abschnitte eine Ausnahmeregelung im Sinne des Gestattens des Überholens von Langsamfahrzeugen zu prüfen [FVS, 2008, sowie sinngemäß auch INRA].

Bei schmalen Überholstreifen ( $\leq 3,25$  m) kann nach RVS 03.03.33 ein Überholverbot für breite Fahrzeuge (wie Lkw und Busse) zweckmäßig sein.

#### 3.3.2.2 Entwurfselemente

- Längsneigungen

Es ist allgemein gültig, dass die zweistreifigen Richtungsabschnitte bei Längsneigungen in Steigungsrichtung angeordnet werden. Wegen der Überholmöglichkeit erreicht man eine bessere Entflechtung zwischen schnellen und langsamen Fahrzeugen [RVS, RAL]. In Ausnahmefällen bei sehr wechselnden und langen Längsneigungen ( $\geq 4$  %) erlauben

---

die Normen [RAL und INRA] die Anlage von zwei Fahrstreifen in den beiden Fahrtrichtungen.

- Kurven

RVS empfiehlt einen Mindestwert der Bogenradien bei der Trassierung von dreistreifigen Querschnitten von 400 m. Falls eine Unterschreitung dieses Grenzwertes erforderlich ist, soll auf den Einsatz von 2+1-Querschnitten verzichtet werden.

RAL definiert eine untere Grenze für die Bogenradien von 500 m (RQ 15,5).

In INRA sind keine ähnlichen Regelungen zu treffen.

Im engen Kurvenbereich regeln RVS und RAS-Q die Anordnung der zweistreifigen Abschnitte an der Kurvenaußenseite. Eine weitere Sicherheitsmaßnahme ist das Unterbrechen der 2+1-Betriebsform vor der Kurve und das Markieren des mittleren Fahrstreifens als Sperrfläche. Empfehlenswert ist auch eine bauliche Richtungstrennung in solchen Bereichen.

### ***3.3.2.3 Knoten und Ortseinfahrten***

Knoten- bzw. Kreuzungsbereiche beinhalten im Allgemeinen auch Wechselbereiche. Dies sehen alle 3 Richtlinien – RVS, RAS-Q und INRA, vor.

Aus Sicherheitsgründen sind gemäß RAL vor Ortseinfahrten einstreifige Streckenabschnitte zu empfehlen, da die dann im Pulk fahrenden Fahrzeuge mit niedriger Geschwindigkeit in den Ort einfahren.

### ***3.3.2.4 Kunstbauten***

Die Kunstbauwerke sind wegen ihrer begrenzten Breite zu erwähnen. Steht bei den Kunstbauten (z. B. Brücken) die erforderliche Querschnittsbreite für den 2+1-Querschnitt nicht zur Verfügung, wird die Straße in diesem Bereich konventionell zweistreifig geführt.

### **3.3.3 Bestimmen der Längen der Abschnitte**

Die Richtlinien regeln Grenzwerte, deren Über- bzw. Unterschreitung nur in begründeten Einzelfällen erfolgen soll. Die Mindestwerte der Standardlänge sind so vorgesehen, dass eine problemlose Pulkauflösung erfolgt. Die obere Grenze verhindert eine zu starke Pulkbildung in der einstreifigen Gegenrichtung, die zur Missachtung des Überholverbotes führen kann.

Eine zusammengefasste Veranschaulichung der in den entsprechenden Regelwerken stehenden Werte zeigt Tabelle 3.

**Tabelle 3: Längen der ein – bzw. zweistreifigen Richtungsabschnitte der RVS, INRA, RAL, SNRA und FRA ohne die Längen der Wechselbereiche [Höretseder, 2007; NCHRP, 2003]**

|             | Sollwerte   |      | Grenzwerte (begründete Einzelfälle) |       |
|-------------|-------------|------|-------------------------------------|-------|
|             | Min.        | Max. | Min.                                | Max.  |
| <b>RVS</b>  | 1200        | 1800 | 1000                                | 2000  |
| <b>INRA</b> | 1000        | 2000 | 800                                 | 3000  |
| <b>RAL</b>  | 1000/1200** | 2000 | 600*                                | 3500* |
| <b>FRA</b>  | 1500        | -    | -                                   | -     |
| <b>SNRA</b> | 1000        | 2500 | -                                   | -     |

\* ..... für RQ 11,5+ angeordnet

\*\* ..... in Abhängigkeit von der Verkehrsstärke /genauer im Kap. 4.1.1 für Einsatzbereich und Einsatzgrenzen betrachtet/

## 3.4 Gestaltung der Wechselbereiche

### 3.4.1 Grundsätzliches

Der alternierende Wechsel des zweiten Fahrstreifens für jede Fahrtrichtung ist die Ursache für das Entstehen von sogenannten Wechselbereichen, die weiters als kritisch und unkritisch definiert werden. Die jeweiligen Wechselbereiche fallen zusammen, abgesehen von jenen, die am Anfang und Ende der 2+1-Straße zu legen sind.

Ein kritischer Wechselbereich ist durch den Abbau des Überholstreifens gekennzeichnet. Eine unzulässige Situation ist die Substraktion des rechten Fahrstreifens.

Das Hauptmerkmal des unkritischen Wechselbereichs ist der Aufbau der Zweistreifigkeit durch einen Aufbau vom Überholstreifen oder durch Fahrstreifenaddition.

### 3.4.2 Lage der Wechselbereiche

Die Wechselbereiche sind im Prinzip gefährliche Zonen bei der 2+1-Betriebsführung, deshalb sind ihre Lage, Gestaltung und Markierung so wichtig für die Verkehrssicherheit. Die Veränderung des Querschnitts an diesen Stellen soll möglichst früh und klar von den Fahrern aufgenommen werden. Die wesentliche Rolle der Sicht ist hier zu betonen.

Alle hier betrachteten Normen unterstreichen die Anforderungen:

- gut überschaubare Bereiche
- weitgehend gestreckte Linienführung

und schließen die Ausführung von kritischen Wechselbereichen in unübersichtlichen Abschnitten aus. Insbesondere bei kritischen Wechselbereichen ist auf die rechtzeitige Wahrnehmbarkeit aus Lenkerperspektive größter Wert zu legen. Sie sollen möglichst

aus der zweifachen Distanz der erforderlichen Sichtweite unabhängig von der Vorankündigung durch Verkehrszeichen erkennbar sein [RVS, 2008]. Um das zu verwirklichen, soll die Linienführung angepasst werden, d.h. keine Radien unter 600 m in horizontaler Richtung und keine Kuppen in vertikaler Richtung sollen in solchen Bereichen geplant werden. Kritische Wechselbereiche sind nach RAL und RVS auch auf Brücken wegen Vereisungsgefahr zu vermeiden.

Als beste Möglichkeit für die Lage der Wechselbereiche werden in allen Richtlinien die Knoten bezeichnet, weil bei deren Entwurf die Sichtweite von eminenter Bedeutung ist. Bei Anordnung der Wechselbereiche vor/nach Knoten soll nach Möglichkeit eine Fahrstreifenaddition für den einmündenden Verkehr stattfinden. Weiters werden in RVS 03.03.33 Ortsgebiete, Kunstbauten bei zu geringerer Querschnittsbreite und Streckenteilen mit schwankenden nach Größe und Richtung Längsneigungen als geeignete Stellen für Wechselbereiche aufgezählt.

### 3.4.3 Abmessungen der Wechselbereiche

Die Längen der charakteristischen Bereiche sind tabellenförmig dargestellt (Tab. 4).

**Tabelle 4: Regelabmessungen der Wechselbereiche der 2+1-Straßen nach RVS, INRA, RAL, FRA und SNRA [Höretseder, 2007; NCHRP, 2003]**

|             | Verziehungslänge [m] | Länge [m]       |           |
|-------------|----------------------|-----------------|-----------|
|             |                      | unkritische     | kritische |
|             |                      | Wechselbereiche |           |
| <b>RVS</b>  | 15                   | 45              | 150*/200  |
| <b>INRA</b> | 25                   | 50              | 300       |
| <b>RAL</b>  | 5-10                 | ≥ 30            | 120*/180  |
| <b>FRA</b>  | 25                   | 50              | 500       |
| <b>SNRA</b> | -                    | 50 ÷ 150        | 300       |

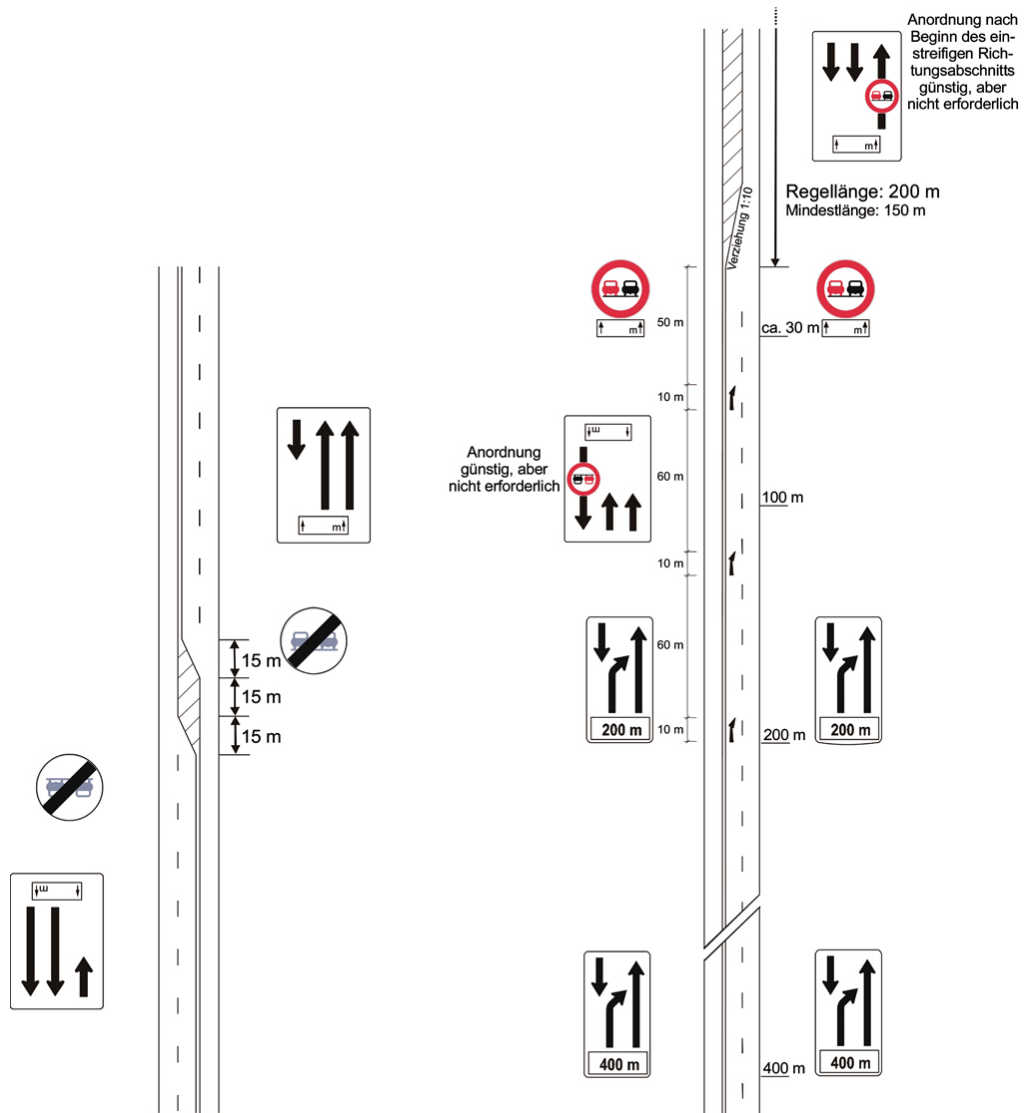
\* ... Mindestabmessung; nur bei guter Erkennbarkeit der Sperrfläche für Fahrzeuglenker

Aus dem Vergleich der geregelten Abmessungen in den entsprechenden Regelwerken sind die kurzen Verziehungslängen in RVS und RAL zu merken, während die Verziehung im kritischen Wechselbereich in der INRA und FRA über jeweils dessen halbe Länge erfolgt. Für Schweden stehen keine Daten für die Verziehungslängen zur Verfügung.

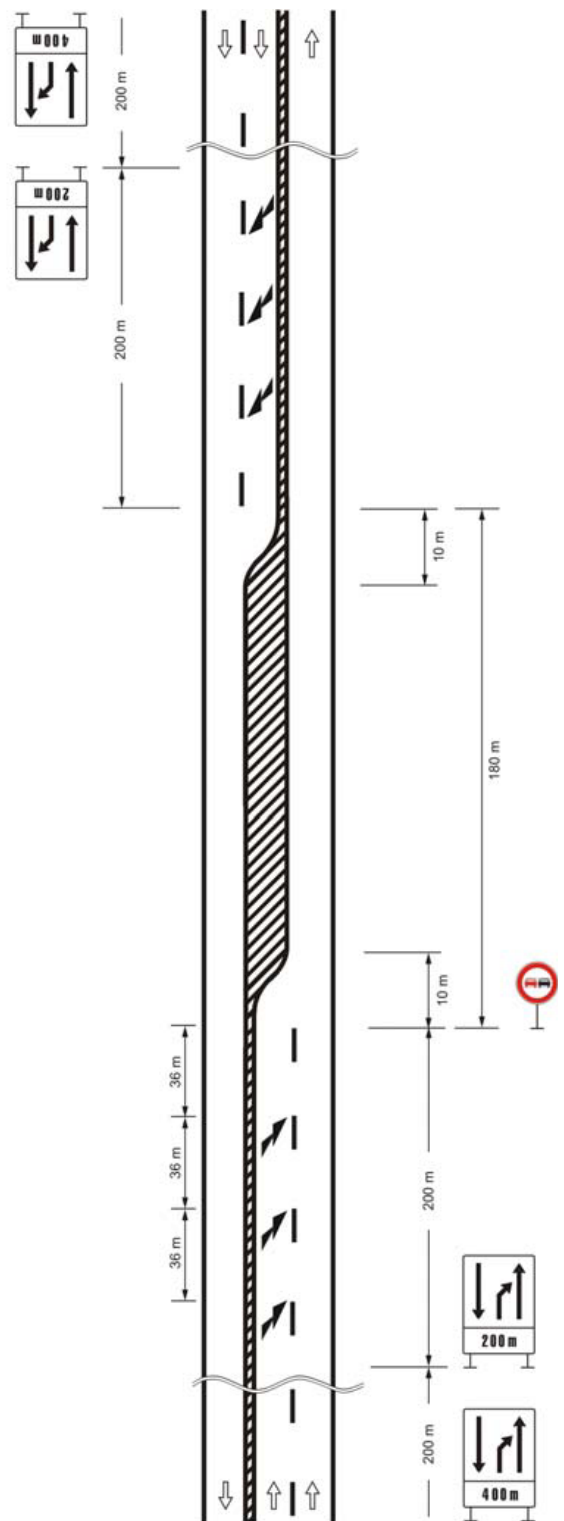
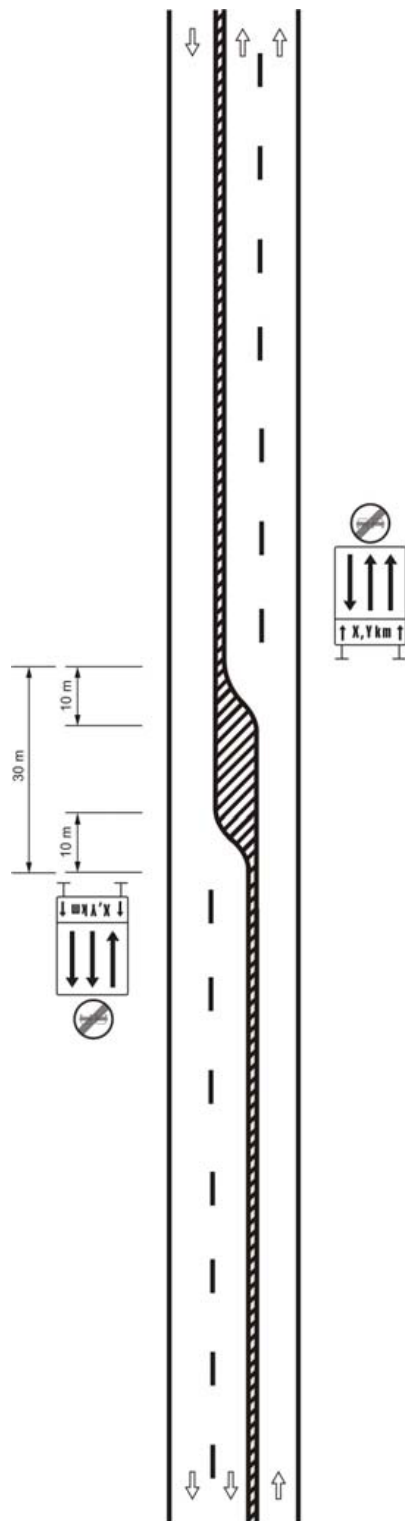
Die kurzen Verziehungslängen in RVS und RAL erklären sich durch das Streben nach besserer optischer Erkennbarkeit der unkritischen Wechselbereiche.

Für die Längen der Wechselbereiche weisen die Richtlinien auch Differenzen auf. Die größten Mindest- und Maximalwerte sind der FRA zuzuordnen. Die niedrigsten Grenzwerte sind in RAL zu finden.

Die empfohlene Gestaltung und Markierung zeigen Abb. 25, 26, 27, 30 und 32 entsprechend nach RVS, RAL, INRA, FRA und SNRA.



**Abb. 25: Links- unkritischer Wechselbereich, rechts- kritischer Wechselbereich; Regelfall der Markierung und Beschilderung bei 2+1 Straßen gemäß RVS 03.03.33 [FSV, 2008]**



(Skizze unmassstäblich)

„unkritische Wechselstelle“

„kritische Wechselstelle“

**Abb. 26a: Regelfall der Markierung und Beschilderung bei 2+1-Straßen RQ 15,5 [RAL, 2007]**

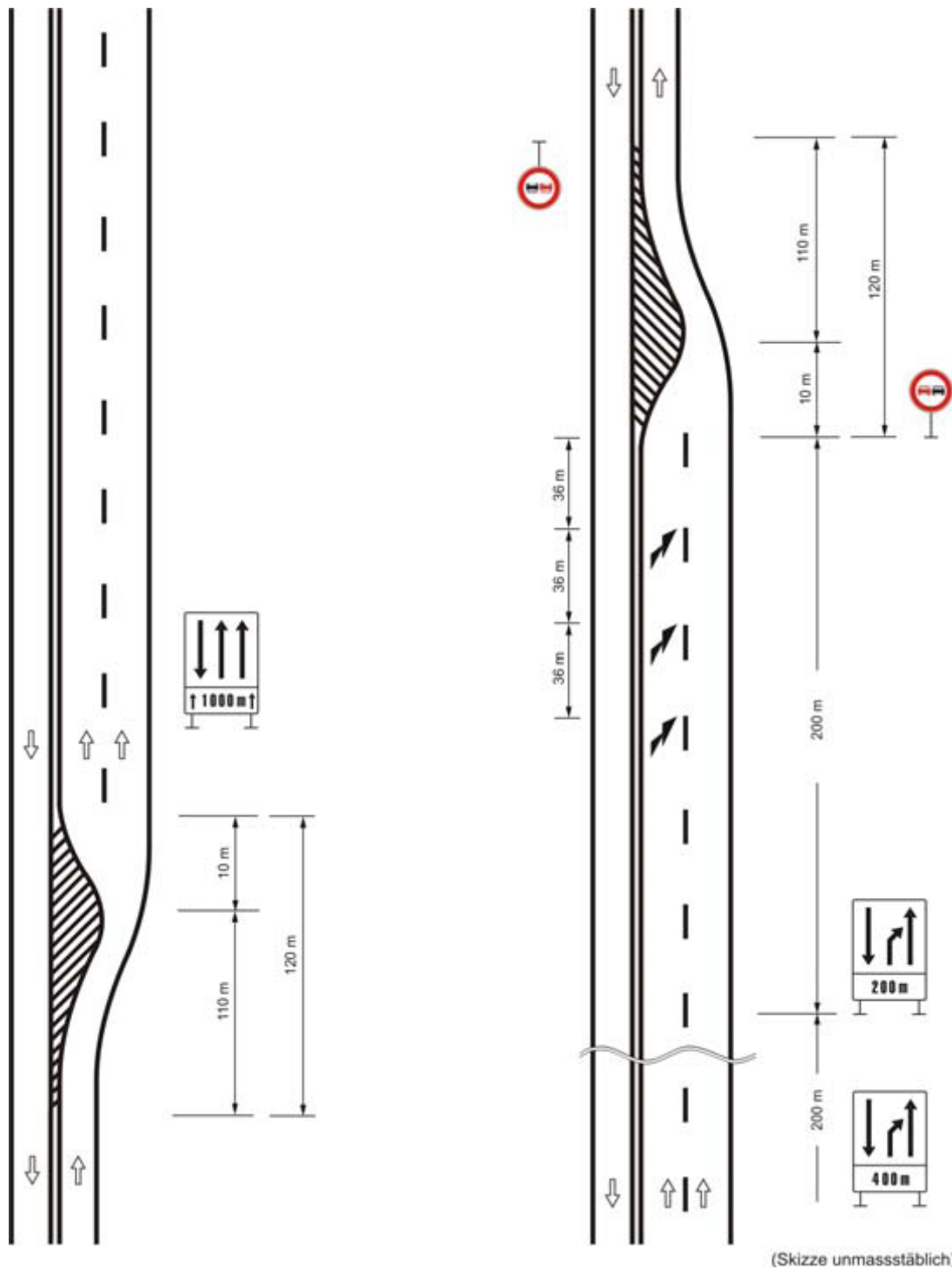
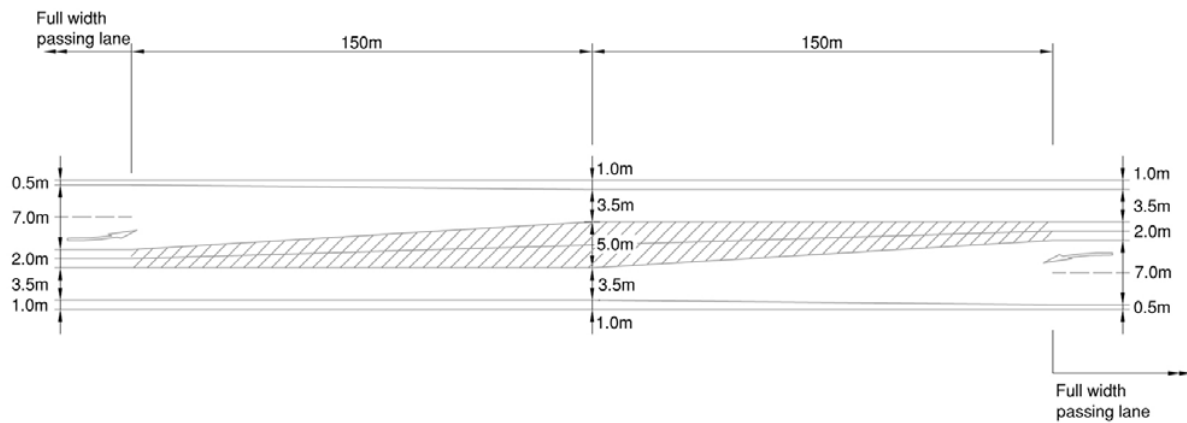
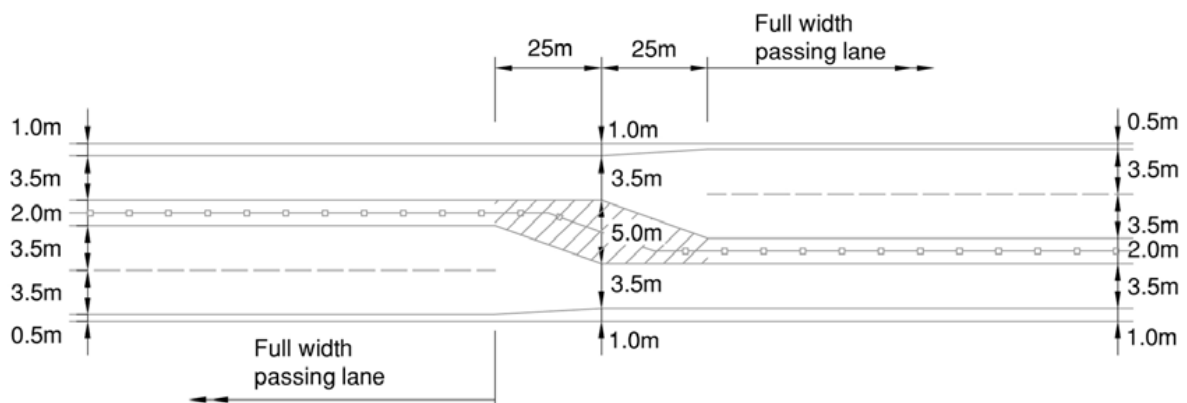


Abb. 26b: Regelfall der Markierung und Beschilderung bei 2+1-Straßen RQ 11,5+  
[RAL, 2007]

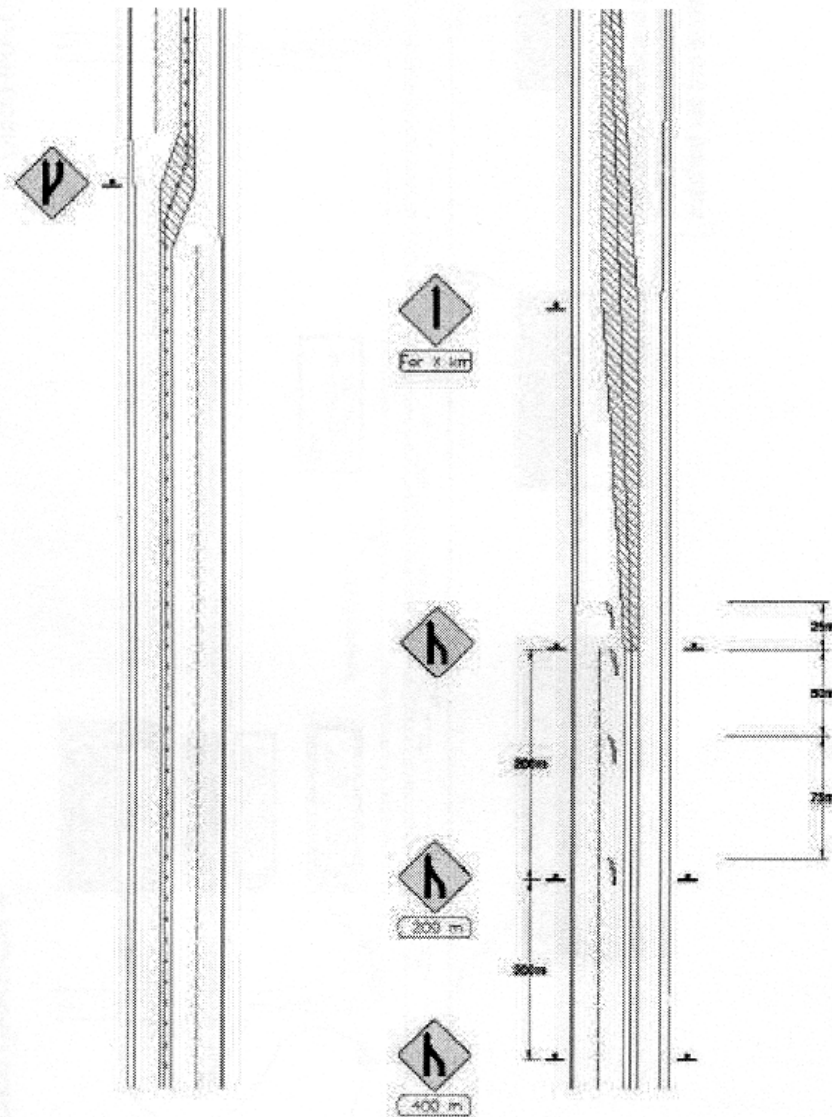


Kritischer Wechselbereich



Unkritischer Wechselbereich

**Abb. 27: Regelfall der Abmessungen der Wechselbereichen bei 2+1 Straßen  
(Anm.: Linksverkehr)  
[INRA, 2007]**



a) Start of Passing Lane

b) End of Passing Lane

- Notes:
1. Figure shows signs for one direction of travel only.
  2. Signs at the end of the passing lane to be erected on both sides of the road.

**Abb. 28: Regelfall der Markierung und Beschilderung bei 2+1-Straßen  
(Anm.: Linksverkehr)  
[INRA, 2007]**

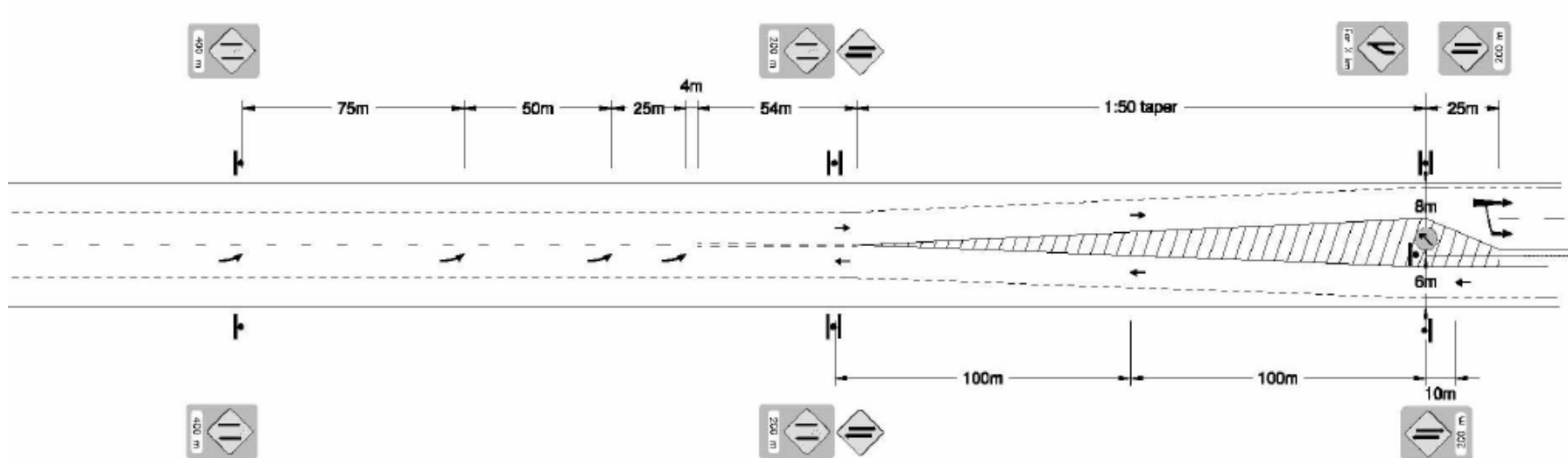
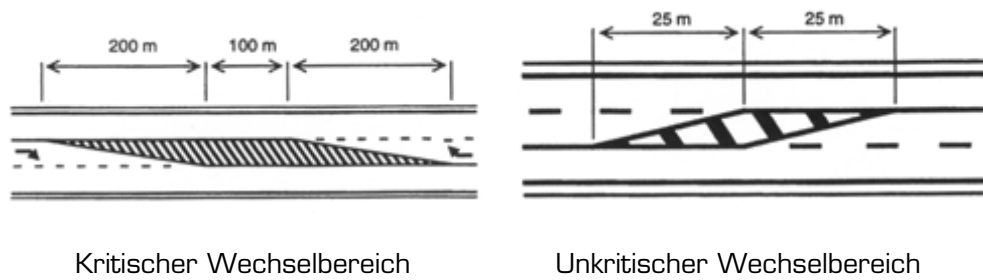
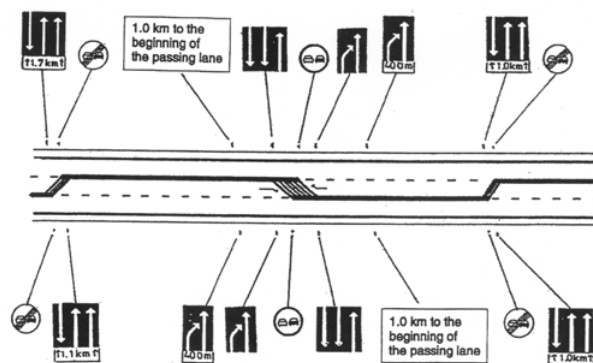


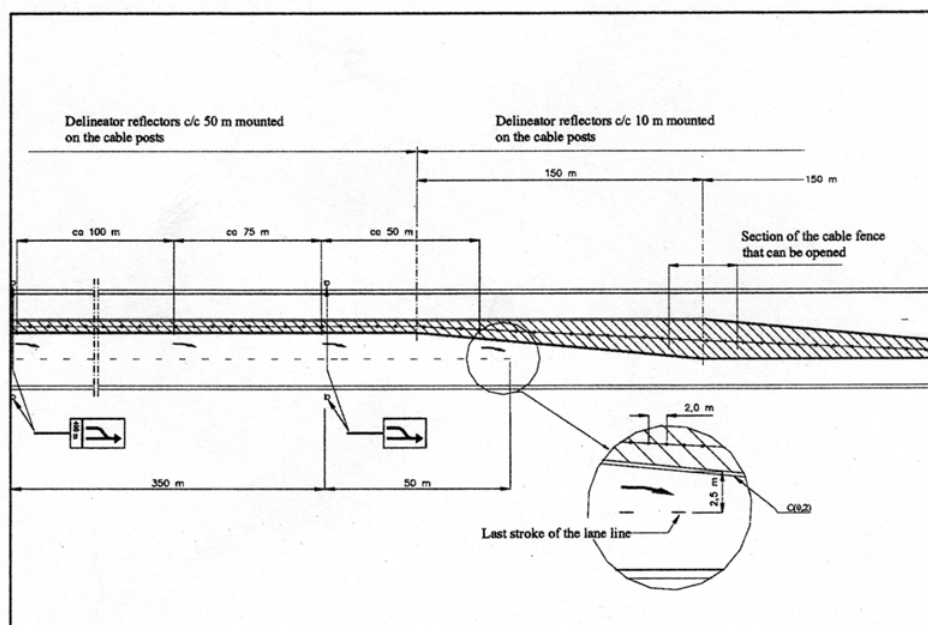
Abb. 29: Regelfall der Markierung und Beschilderung bei dem Übergang von einer regelmäßigen zweistreifigen Straße zu einer 2+1-Straße (Anm.: Linksverkehr)  
[INRA, 2007]



**Abb. 30: Regelfall der Abmessungen der Wechselbereiche bei 2+1-Straßen in Finnland [NCHRP, 2003]**



**Abb. 31: Regelfall der Markierung und Beschilderung bei 2+1-Straßen in Finnland [NCHRP, 2003]**



**Abb. 32: Regelfall der Markierung und Beschilderung bei 2+1-Straßen in Schweden bei einem kritischen Wechselbereich [NCHRP, 2003]**

---

## 3.5 Ausstattung

### 3.5.1 Grundsätzliches

Die Ausstattung von Landstraßen wird als ein wesentliches Merkmal der Verkehrssicherheit angesehen, weil durch Markierung und Beschilderung das Verhalten des Fahrers beeinflusst wird. Die Verkehrszeichen stellen im Allgemeinen die Verbindung zwischen Entwurf und Betrieb dar.

### 3.5.2 Markierung

Zur Gewährleistung eines sicheren und homogenen Verkehrsablaufes ist eine gute optische Führung der Verkehrsteilnehmer notwendig – das ist die Aufgabe der Fahrbahnmarkierungen. Die Fahrer orientieren sich sehr an der Markierung, wodurch das Befahren einer Straße erleichtert wird.

Die RVS legen ein großes Gewicht auf die Längsmarkierungen (Abb. 25). Die Sperrlinien und Sperrflächen als Trennung der Fahrtrichtungen, auch alle Bodenmarkierungen sollen „mit erhöhter Nachtsichtbarkeit bei Nässe ausgeführt werden“ [RVS, sinngemäß RAL, 2007]. Die Bewahrung ihres guten Zustandes ist von entscheidender Bedeutung für die gute Sichtbarkeit entlang der Straße. Bei den Sperrlinien ist überdies nach RVS die Ausführung als akustisch wahrnehmbare profilierte Markierungen anzustreben. Die RAL regeln für die Fahrbahnmarkierungen bei den Fahrstreifenbegrenzungen zur Trennung der beiden Fahrtrichtungen, dass sie zusätzlich „stark profiliert sind, damit eine Überfahung für den Kraftfahrer deutlich spürbar wird“. Die verbesserte Nacht-Nass-Sichtbarkeit der profilierten Fahrbahnmarkierung wird auf diese Weise mit Geräuscherzeugung kombiniert. Die pfeifenden Töne und Fahrzeugvibrationen warnen die Fahrer vor dem Abkommen von der Fahrbahn bzw. vom Fahrstreifen.

In der RAL wird weiters ein Unterschied zwischen der Bodenmarkierung für RQ 15,5 und RQ 11,5+ gemacht (Abb. 26 a, b). Bei RQ 15,5 spricht man über einen Trennstreifen, der durch zwei 0,15 m breite Markierungslinien begrenzt und dessen Flächenmarkierung in einem optisch auffälligen Grün ausgeführt wird. Zur Unterstützung der Richtungstrennung können zusätzliche verkehrstechnische Elemente, wie überfahrbare Leitschwellen, aufgebracht werden. Für RQ 11,5+ sind zwei ununterbrochene Fahrstreifenbegrenzungen vorgesehen.

Ununterbrochene weiße Markierungslinien sind an den Rändern der „central reserve“ in INRA und SNRA auszuführen. Eine Schraffur-Markierung ist nur an Wechselbereichen und Knoten auszuführen (Abb. 27, 32 und 33).



**Abb. 33: Regelfall der Markierung bei 2+1-Straßen in Schweden bei unkritischem Wechselbereich [NCHRP, 2003]**

Zur Trennung der beiden Fahrtrichtungen dienen in Finnland zwei 0,10 m breite ununterbrochene Markierungslinien in einem Abstand von 0,10 m voneinander (Abb. 34).



a. unkritischer Wechselbereich



b. kritischer Wechselbereich

**Abb. 34: Regelfall der Markierung bei 2+1-Straßen in Finnland [NCHRP, 2003]**

Zu den Bodenmarkierungen gehören in den österreichischen Richtlinien auch nach rechts weisende Pfeile. Sie sind vor dem Abbau des Überholstreifens vor einem kritischen Wechselbereich oder am Ende des Abschnitts mit 2+1-Querschnitt anzuordnen. Diese insgesamt 3 Pfeile fangen 200 m vor Beginn der Verziehung an, liegen 60 m voneinander entfernt und jeder ist 10 m lang (Abb. 25). Solche sind auch in der deutschen Norm vorgesehen, bei denen ist aber der Abstand 36 m (Abb. 26 a, b). In der Regelmarkierung nach INRA und SNRA ist eine Bodenmarkierung in Form von Pfeilen am Ende des Überholstreifens anzutreffen. Der Abstand wird aber zwischen den nacheinander folgenden Pfeilen in Richtung des Endes des Überholstreifens immer kleiner – 75, 50, 25 (Abb. 28 und 32).

### 3.5.3 Vertikale Leit- und Schutzeinrichtungen

Fahrbahnmarkierungen können trotz aller Verbesserungen nicht immer eine ausreichende optische Führung bieten. Zusätzlich stehen zur Führung und Sicherung des Verkehrs vertikal angebrachte Leit- und Schutzeinrichtungen zur Verfügung, wie z. B. bauliche Leitelemente (Leitschwellen, -wände, -borde), abweisende und auffangende Schutzeinrichtungen oder Beschilderungen. Sie sollen die Fahrbahnmarkierung ergänzen und unterstützen. Durch ihre Form sollen sie den Verlauf der Straße und die Grenzen des Verkehrsraumes auch bei ungünstigen Sichtbedingungen anzeigen. Ihre vertikale Anordnung vermindert die Verschmutzungsanfälligkeit und garantiert eine gute Erkennbarkeit.

- **Beschilderung**

Einen positiven Einfluss auf die Verkehrssicherheit einer Straße erzielt man durch die sinnvolle Anordnung von Beschilderungen und Verkehrszeichen. Die Kennzeichnung von Gefahrstellen und die Beschränkung des Verkehrs auf bestimmte Strecken zählen zu ihrer wesentlichen Aufgabe. Die Gefahrzeichen oder die Streckenverbote sollen dort

---

angebracht werden, wo sie aus Gründen der Straßen- und Verkehrssicherheit erforderlich sind. Nur in diesen Fällen werden sie von den Verkehrsteilnehmern befolgt.

Die RVS-gemäße Beschilderung zeigt Abbildung 25. Die Hinweisung durch Verkehrszeichen beginnt schon 400 m vor der Fahrstreifenreduktion. Der nächste Voranzeiger des Fahrstreifenverlaufs steht in einer Entfernung von 200 m. Auf diese Weise orientieren sich die Fahrer über die Länge des Bereichs. Unmittelbar vor Beginn der Verziehung werden das Überholverbot und an dessen Ende dessen Aufhebung durch die entsprechenden Verkehrszeichen „Überholen verboten“ und „Überholverbot Ende“ angezeigt.

In den RAL betont man die Beschilderung der Wechselbereiche. Die Hauptaufgabe der Verkehrstafeln und Überholverbotszeichen ist es, die Markierung zu unterstützen, besonders bei Umständen wie Nässe, Dunkelheit und Schnee (Abb. 26a, b).

Eine gute Möglichkeit ist die Information der Fahrer in dem einstreifigen Abschnitt über den Beginn des folgenden zweistreifigen Abschnitts durch Verkehrsleittafeln in regelmäßigen Abständen, womit der psychologische Überholdruck minimiert wird. In RVS hält man den letzten Vorschlag auch für eine gute Lösung.

Die irischen und schwedischen Richtlinien für Beschilderung zeichnen sich durch das Fehlen von Überholverbotszeichen in den beiden Richtungen aus (Abb. 27, 28 und 32).

Abbildung 31 zeigt die Beschilderung gemäß FRA. Eine Verkehrstafel am Anfang des Überholstreifens informiert die Fahrer über dessen Länge. Eine Anordnung von Verkehrstafeln ist entlang der einstreifigen Anschnitte vorgesehen, womit die Fahrer noch im Voraus im Klaren sind, in welcher Entfernung ein sicherer Überholvorgang stattfinden kann.

- **Leitelemente und Rückhalteeinrichtungen**

Die vertikalen Leiteinrichtungen zeichnen sich durch eine spezielle Färbung (rot/weiß), Form, Abmessungen und Inhalt aus (Abb. 35). Diese Charakteristiken entsprechen ihren Hauptfunktionen – Warnen und Leiten. Die Anwesenheit von diesen Leiteinrichtungen ist ein Zeichen für eine kritische Stelle im Straßennetz, die mit erhöhter Aufmerksamkeit befahren werden soll. Die Leitelemente sollen den Fahrern die Information für bestimmte Fahrmanöver vermitteln.



**Abb. 35: Beispiel für Anordnung von vertikalen Leiteinrichtungen**

Rückhalteeinrichtungen sind nur in den irischen und schwedischen Richtlinien in Form von Sicherheitsbarriere („safety barriers,“) vorgesehen. In Finnland wird deren Anwendung immer noch diskutiert. Die Sicherheitsbarriere soll mit einer Breite von 0,25 m im „central reserve“ angeordnet werden [NRA, 2006]. Eine Lichtreflexion für die Gegenrichtung wird als eine Anforderung unterstrichen. Die Barriere ist so auszuführen, dass bei Ausnahmefällen Montieren und Demontieren ohne zusätzliche maschinelle Ausrüstung möglich sind.

In Schweden wird derzeit eine CEN N2 Kabelbarriere benutzt. Sie besteht aus drei oder vier Reihen von Kabeln. An den Wechselbereichen und in bestimmten Abständen entlang der Straße sind die entsprechenden Maßnahmen zum leichten und schnellen Demontieren der Kabelbarriere bei Unfällen vorgesehen (Abb. 36).



**Abb. 36: Kabelbarriere in Schweden [NCHRP, 2003]**

In Österreich ist die Gestaltung von Straßen mit 2+1-Querschnitt mit einer Trennung der Richtungsabschnitte mittels Betonleitwänden noch zu prüfen. Die Diskussion ist im Gange. Eine Möglichkeit zeigt Abbildung 5 (Kap. 2.2.2.1). Abbildung 37 zeigt ein Beispiel von einer 2+1-Straße mit Betonleitwand in Holland, über die allerdings keine weiteren Informationen vorliegen.



**Abb. 37: Gestaltung und Anordnung einer Betonleitwand**

---

## 3.6 Knoten

### 3.6.3 Grundsätzliches

Die Knoten werden in den RVS als ein entscheidendes Charakteristikum der Verkehrsqualität bezeichnet. Der Ausbau von planfreien bzw. gemischten Knoten wird besonders bei hohen Verkehrsmengen (über ca. 12 000 Kfz/24h laut RVS) empfohlen. In den österreichischen Normen gibt es eine spezielle Regelung für die Knotengestaltung bei 2+1-Straßen, die durch entsprechende Skizzen veranschaulicht wird. Im Gegensatz dazu ist in den deutschen Richtlinien nur theoretisch eine allgemeine Knotengestaltung beschrieben.

INRA enthält die Feststellung, dass die Anzahl der Knotenpunkte auf ein Minimum reduziert werden soll. Nach Möglichkeit sind die Wechselbereiche die beste Variante zum Errichten von Kreuzungen. Beim Entwerfen von 2+1-Straßen ist eine Vielfalt an Kreuzungstypen nicht sehr empfehlenswert. Das Planen soll keine Verwirrung und Unsicherheit unter den Fahrern zulassen, deshalb strebt man nach einer konsequenten und vereinheitlichten Kreuzungsgestaltung und nach einer geradlinigen Linienführung im Knotenbereich.

RVS empfiehlt dieselbe Strategie bei der Knotenanordnung und -gestaltung. Das soll das wesentliche Prinzip für die Auswahl von Knotenform – planfrei oder plangleich, mit oder ohne Lichtsignalanlage, Kreuzung oder Kreisverkehr und für die Ausbildung der Knoten – mit oder ohne Abbiegestreifen, zuführende Rampenfahrbahnen als Rechtsabbiegestreifen oder Fahrstreifenaddition, sein. Die Knotenanordnung ist innerhalb eines unkritischen Wechselbereichs vorzunehmen.

Weiters vermerken die österreichischen Richtlinien eine Beschränkung der Geschwindigkeit als eine zweckmäßige Maßnahme bei einem hohen Anteil landwirtschaftlicher Fahrzeuge im kreuzenden Verkehr.

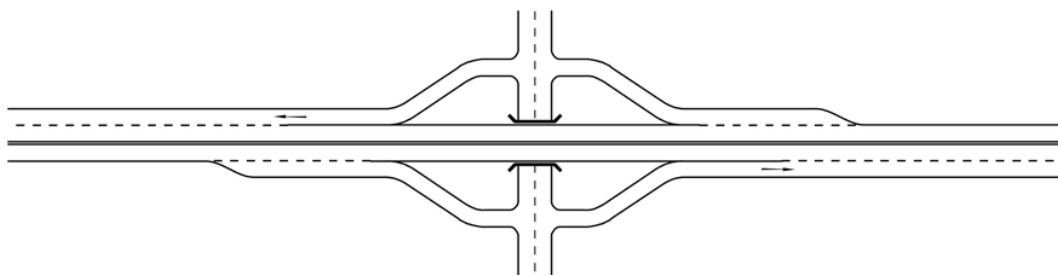
Bezüglich Einmündungen landwirtschaftlicher Wege und Zufahrten (z. B. Feldwegeeinmündungen bei Strecken ohne Verordnung zur Autostraße) empfiehlt die RVS, solche Abschnitte mit durchgängig dreistreifiger Markierung möglichst zu unterlassen. Sind solche unvermeidlich, ist jedenfalls ein Linksabbiegen in diesen zu unterbinden. Ein Kreuzen des dreistreifigen Querschnitts ist allenfalls bei nachgewiesenen ausreichenden Anfahrtsichtweiten für das kreuzende langsame Fahrzeug zulässig.

Auf den schon bestehenden 2+1-Straßen in Finnland sind nur planfreie Knoten zu treffen. Genaue Regelungen für Gestaltung von plangleichen Knoten fehlen. Im Gegensatz dazu finden die plangleichen Knoten eine Anwendung in Schweden.

### 3.6.4 Planfreie bzw. gemischte Knoten

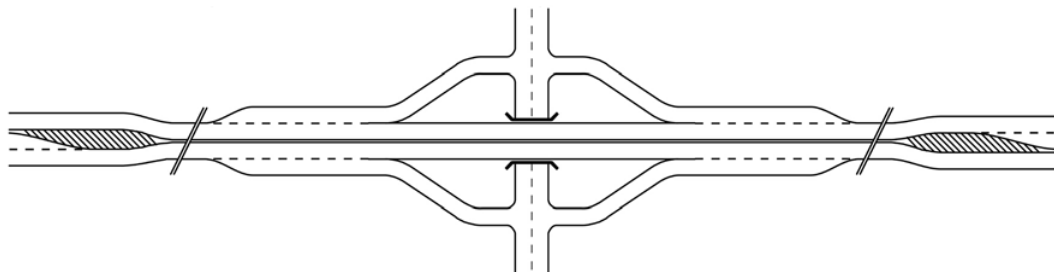
Die Anordnung von planfreien und gemischten Knoten ist im Detail in den RVS geregelt. Es gibt folgende Möglichkeiten für die Situierung des Knotens:

- Im unkritischen Wechselbereich – die beste Variante zur Knotenanordnung (Abb. 38), charakterisiert sich durch:
  - o Rechtsabbiegestreifen
  - o Fahrstreifenaddition aus der Fortführung der Rampenfahrbahn, zu deren Verdeutlichung gerade Richtungspfeile aus der Manöverstrecke dienen.
  - o Rechtseinbiegestreifen – falls das Letztere nicht auszuführen ist.



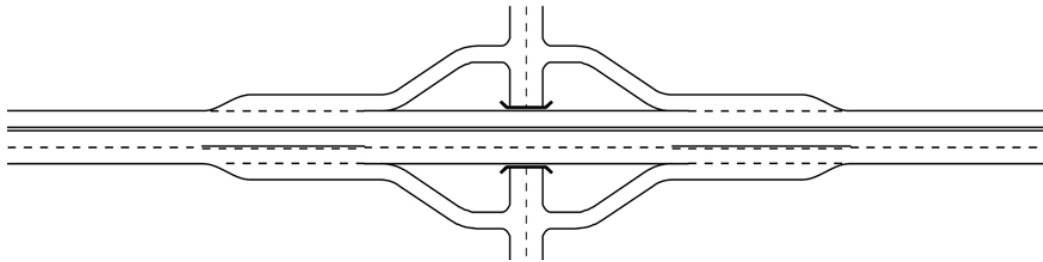
**Abb. 38: Systemskizze eines gemischten Knotens im unkritischen Wechselbereich [FSV, 2008]**

- Im kritischen Wechselbereich – die folgenden Merkmale sind zu beabsichtigen (Abb. 39):
  - o Abbau des Überholstreifens – Reduktion auf einen konventionellen zweistreifigen Querschnitt, in einem gewissen Abstand vor dem Knoten, damit ein Unterschied zwischen der Beschilderung vor dem Ende des Überholverbots und jener des Knotens erkennbar gemacht wird.
  - o Rechtsab- und Rechtseinbiegestreifen, Vermeiden von Fahrstreifenubtraktionen



**Abb. 39: Systemskizze eines gemischten Knotens im kritischen Wechselbereich [FSV, 2008]**

- Außerhalb eines Wechselbereichs – ist im Prinzip zu vermeiden, wenn dies nicht möglich ist, sind die folgenden Anforderungen geregelt (Abb. 40):
  - o Rechtsab- und Rechtseinbiegestreifen sind auszubilden
  - o Wechsel vom Überholstreifen auf den rechten Fahrstreifen im zweistreifigen Abschnitt im Bereich des Rechtsab- und Rechtseinbiegestreifens durch eine Sperrlinie, links neben der Leitlinie unterbinden.

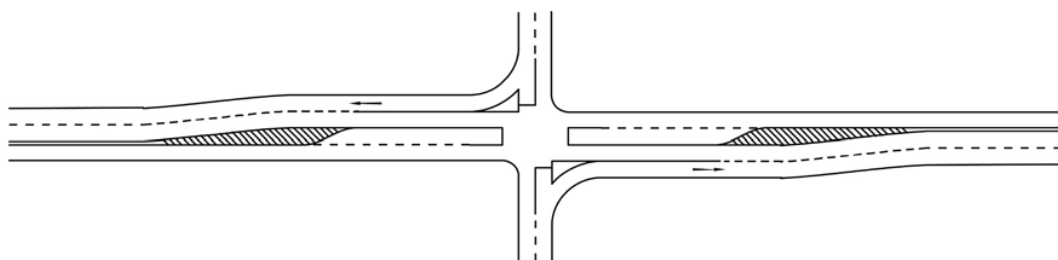


**Abb. 40: Systemskizze eines gemischten Knotens eines dreistreifigen Abschnitts [FSV, 2008]**

### 3.6.5 Plangleiche Knoten

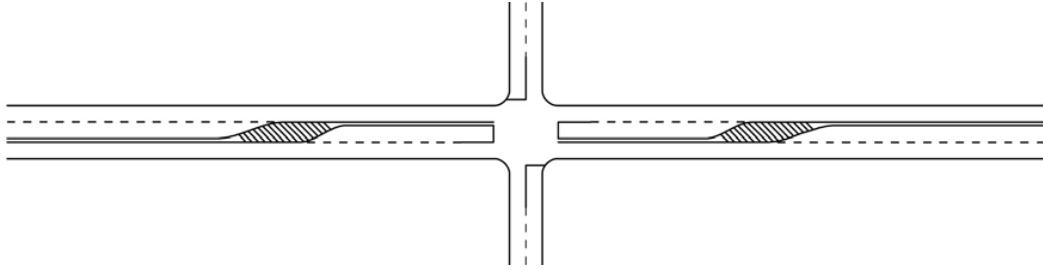
Die Normen empfehlen die Anordnung von plangleichen Knoten in unkritischen Wechselbereichen. Falls solche vorgesehen sind, sind sie mit Linksabbiegestreifen ausreichender Länge auszustatten.

Statt eines Fahrstreifenaufbaues nach dem Knoten ist es zweckmäßig, eine Fahrstreifenaddition aus der Fortführung des Rechtseinbiegestreifens zu erreichen. Zur Verdeutlichung der Fahrstreifenaddition sind gerade Richtungspfeile auf dem zugelegten Fahrstreifen anzuordnen (Abb. 41).



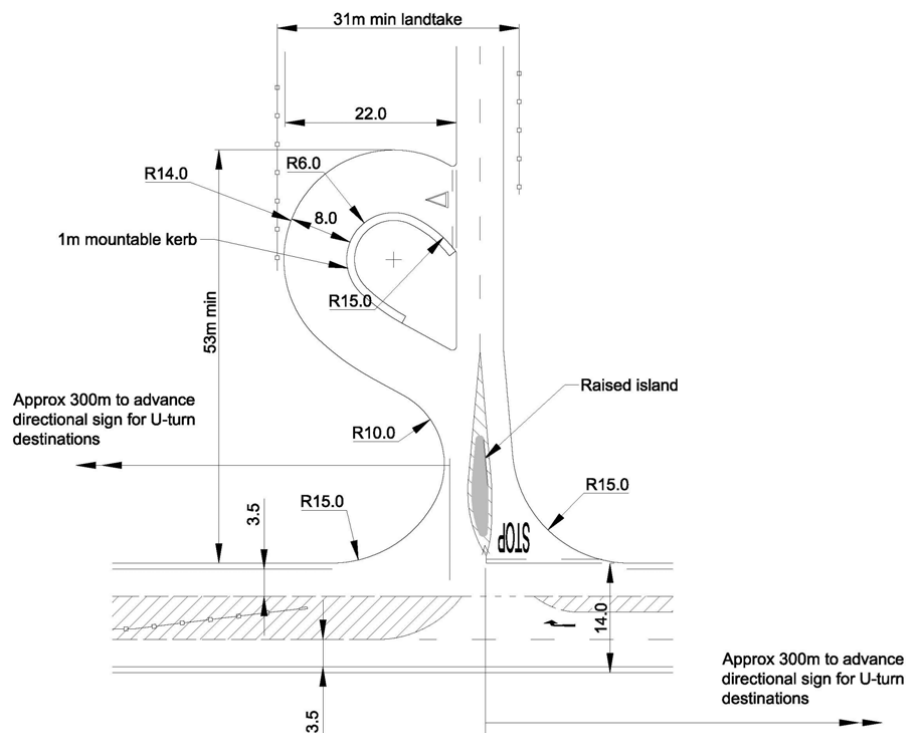
**Abb. 41: Systemskizze eines plangleichen Knotens im unkritischen Wechselbereich (aufwändigste aber anzustrebende Form der Ausführung mit Linksabbiegestreifen und Fahrstreifenadditionen) [FSV, 2008]**

Der Rechteinbiegestreifen stellt eine andere Möglichkeit dar, falls eine Fahrstreifenaddition nicht auszuführen ist. Die RVS erlauben bei untergeordneten Straßen, dass man auf diese verzichtet (Abb. 42).

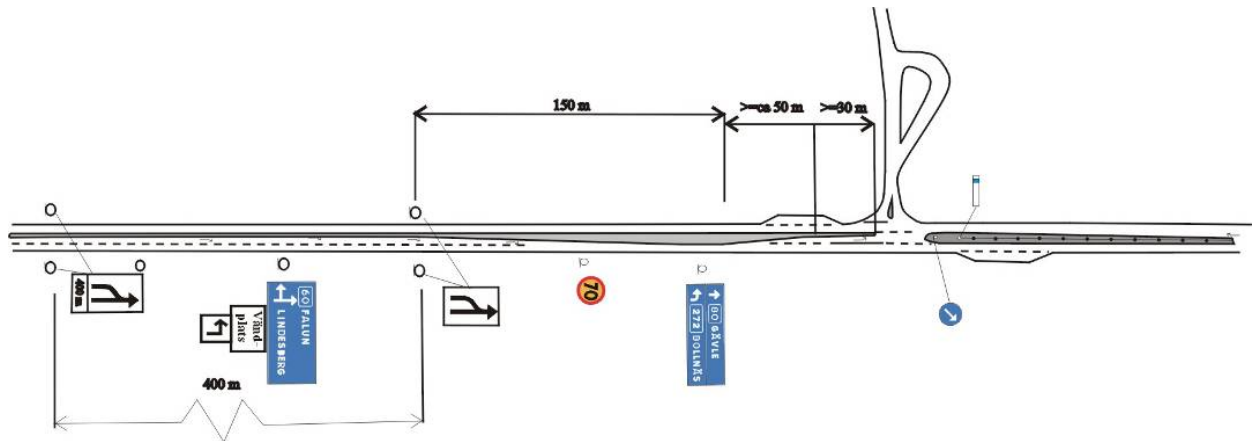


**Abb. 42: Systemskizze eines plangleichen Knotens im unkritischen Wechselbereich (einfachste Form der Ausführung nur mit Linksabbiegestreifen – lediglich für Knoten mit untergeordneter Bedeutung) [FSV, 2008]**

Einen sehr interessanten Vorschlag zum Ausführen von plangleichen Knoten findet man in den irischen und schwedischen Richtlinien – U-Turn. Die U-Turns ermöglichen ein sicheres Umkehren an Streckenabschnitten mit 2+1-Betriebsführung, welches nur für die T-Kreuzungen typisch ist. Es wird vorgeschlagen, dass diese Umdrehhilfen in Verbindung mit Kreuzungen im Wechselbereich positioniert werden. „U-Turn-Loop“ ermöglicht ein Umkehren in den beiden Richtungen (Abb. 43 und 44).

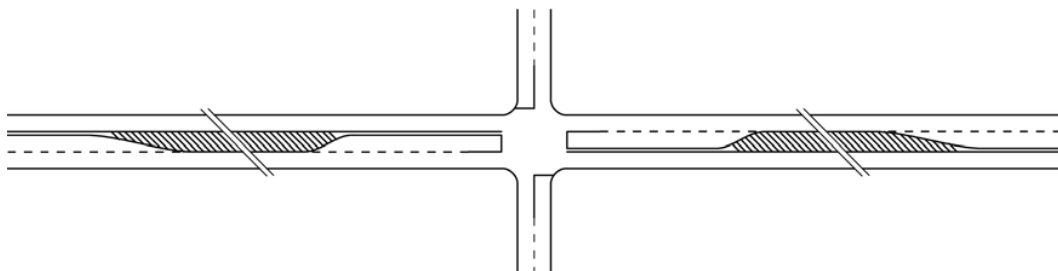


**Abb. 43: Systemskizze eines in einer Nebenstraße befindlichen U-Turns mit Rechtsabbiegestreifen (Anm.: Linksverkehr) [INRA, 2006]**



**Abb. 44: Systemskizze eines in einer Nebenstraße befindlichen U-Turns in Schweden [Bergh, Carlsson, Moberg, 2004]**

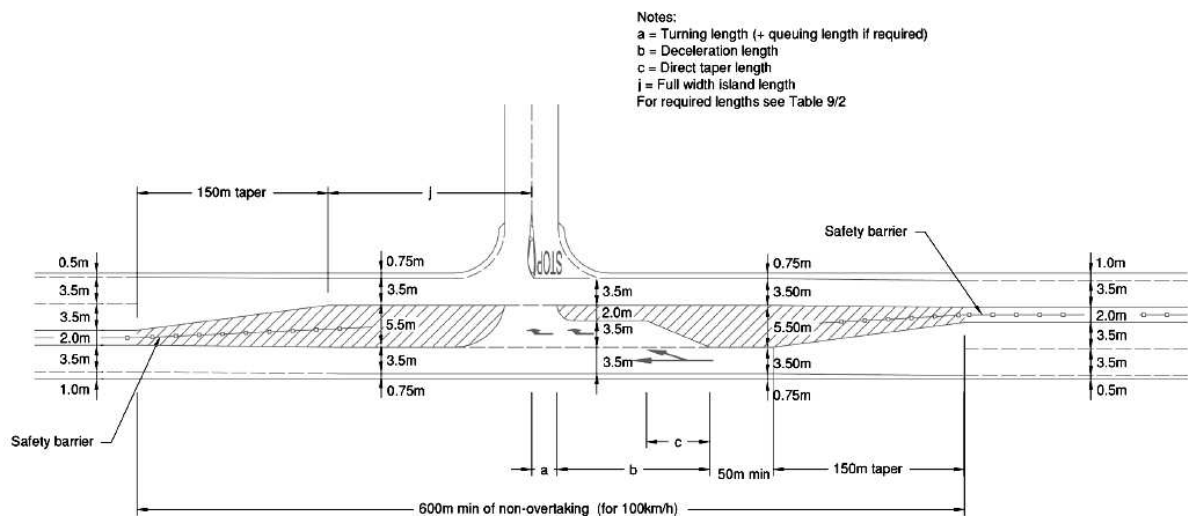
Wenn es keine andere Möglichkeit außer der Anordnung eines plangleichen Knotens im kritischen Wechselbereich gibt, regelt die RVS einen Abbau des Überholstreifens und Umwandlung des 2+1-Querschnitts in einen zweistreifigen Querschnitt. Eine klare Wahrnehmung der Beschilderung für das Ende des Überholfahrstreifens und die des folgenden Knotens sollen durch eine entsprechende Entfernung gewährleistet werden (Abb. 45).



**Abb. 45: Systemskizze eines plangleichen Knotens im kritischen Wechselbereich (einfachste Form der Ausführung nur mit Linksabbiegestreifen – lediglich für Knoten mit untergeordneter Bedeutung) [FSV, 2008]**

Die Fortsetzung eines der Fahrstreifen vom zweistreifigen Richtungsabschnitt als Links- oder Rechtsabbiegestreifen durch Fahrstreifensubtraktion wird nicht zugelassen. Die ideale Möglichkeit besteht in der Anordnung von Ein- und Abbiegestreifen für alle Relationen einer Straße mit 2+1-Querschnitt.

Eine ähnliche Lösung für Kreuzungen im Wechselbereich bietet die INRA. Die wesentliche Differenz besteht in der Anordnung einer 2,0 m breiten Sperrfläche zwischen dem Abbiegestreifen und dem entgegengerichteten Richtungstreifen (Abb. 46).



**Abb. 46: Systemskizze eines plangleichen Knotens im kritischen Wechselbereich mit vorrangigem Rechtsabbiegestreifen und Verkehrsinsel (Anm.: Linksverkehr) [NRA, 2006]**

Die meisten der Straßen mit einer 2+1-Betriebsform in Schweden sind keine Kraftfahrstraßen, sondern Straßen für den allgemeinen Verkehr. Diese Tatsache erklärt die Anordnung von plangleichen Knoten, die auch in den Wechselbereichen situiert sind (Abb. 47).



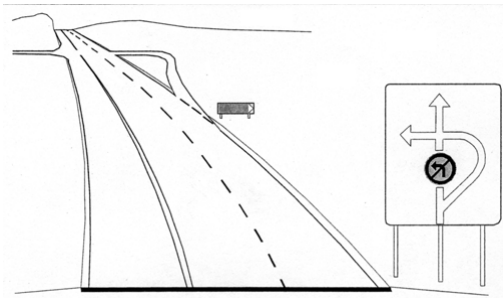
a. T- Kreuzung



b. plangleiche Überschneidung zweier Straßen

**Abb. 47: Typische plangleiche Knoten in Schweden [NCHRP, 2003]**

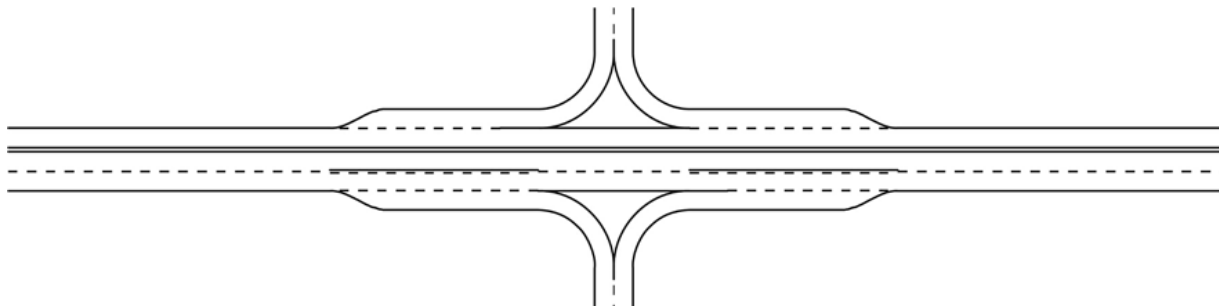
Ein interessantes Beispiel für plangleiche Knoten ist in Finnland zu treffen- „loop turn“ (Abb. 48). Es wird aber betont, dass diese Knotenform nur bei Straßen mit einer Verkehrsstärke von max. 100 Kfz/24h anzuordnen ist.



**Abb. 48: Beispiel für plangleiche Knoten in Finnland – „loop turn“ an Straßen mit einer niedrigen Verkehrsstärke [NCHRP, 2003]**

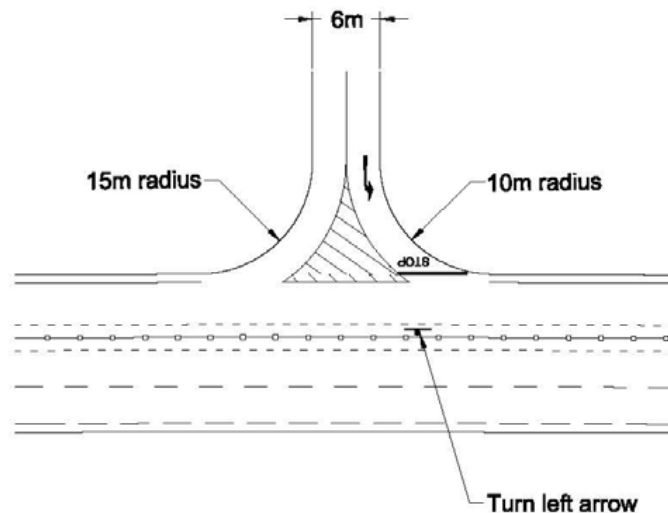
Im Prinzip gestattet die RVS keine Anordnung eines Knotens außerhalb der Wechselbereiche. Falls es aber erforderlich ist, soll er möglichst als planfreier bzw. gemischter Knoten ausgebildet werden.

Im dreistreifigen Abschnitt ist ein plangleicher Knoten im Ausnahmefall nur dann zulässig, wenn er als richtungsgebundener Knoten ausschließlich für Rechtsab- und Rechtseinbieger ausgebildet ist. Das Wesentliche in diesem Fall ist eine ausreichend große Dreieckinsel in der untergeordneten Straße, die das Linksabbiegen, Linkseinbiegen und Kreuzen verhindern soll. Rechtsein- und Rechtsabbiegestreifen sind jedenfalls vorgesehen. Im zweistreifigen Richtungsabschnitt ist es im Bereich des Rechtsab- und Rechtseinbiegestreifens günstig, einen Wechsel vom Überholstreifen auf den rechten Fahrstreifen durch links neben der Leitlinie angebrachte Sperrlinie zu unterbinden (Abb. 49).



**Abb. 49: Systemskizze eines plangleichen Knotens im dreistreifigen Abschnitt (nur im Ausnahmefall anzuordnen) [FSV, 2008]**

INRA lässt die Anordnung von Knoten im dreistreifigen Bereich zu, wenn nur Linksab- und Linkseinbiegestreifen erforderlich sind und die „central reserve“ d.h. die Mittelbarriere bzw. die Trennlinie nicht gekreuzt werden muss. Dieser Kreuzungstyp ist nur an wenig befahrenen Straßen oder Privatstraßen anzuwenden (Abb. 50).



**Abb. 50: Systemskizze eines plangleichen Knotens im dreistreifigen Abschnitt  
(nur für Neben- oder Privatstraßen)  
(Anm.: Linksverkehr) [NRA, 2006]**

Die irischen Richtlinien stellen fest, dass für große Kreuzungen der Kreisverkehr anzuordnen ist. Der zweistreifige Richtungsabschnitt kann sowohl direkt nach Verlassen einer Kreisverkehrsanlage beginnen als auch beim Eintritt in einen Kreisverkehr enden.

Die RVS enthält keine besondere Bemerkungen für die Anordnung von Kreisverkehren an Straßen mit 2+1-Querschnitt. Sie sind sinngemäß wie die anderen plangleichen Knoten auszuführen.

## 4. EINSATZBEREICHE UND EINSATZGRENZEN

### 4.1 Einsatzbereiche und Einsatzgrenzen gemäß den Richtlinien

#### 4.1.1 Allgemeines

Die 2+1-Betriebsform von Straßen findet gemäß RVS einen sinnvollen Einsatz beim Neubau von Hauptverkehrsstraßen, von Schnellstraßen und Autobahnen (Zwischenausbau mit geringen Prognoseverkehrsmengen) und bei der Umgestaltung von bestehenden Straßen durch Ummarkierung ohne oder mit Umbau (Verbreiterung).

In den deutschen Richtlinien gehören die dreistreifigen Straßen mit dem Regelquerschnitt RQ 15,5 zu den Straßen der Entwurfsklasse EKL 1. Eingangsgröße zur Bestimmung der Entwurfsklasse für Landstraßen ist die Straßenkategorie gemäß der Richtlinie für die integrierte Netzgestaltung – RIN (Tab. 5, 6).

**Tabelle 5: Entwurfsklassen für Landstraßen [RAL, 2007]**

| Straßenkategorie | Entwurfsklasse |
|------------------|----------------|
| LS I             | EKL 1          |
| LS II            | EKL 2          |
| LS III           | EKL 3          |
| LS IV            | EKL 4          |

**Tabelle 6: Straßenkategorien nach RIN und Geltungsbereich der RAL (fett umrandet) [RAL, 2007]**

| Kategoriengruppe          |     | Autobahnen | Landstraßen | anbaufreie Hauptverkehrsstraßen | angebaute Hauptverkehrsstraßen | Erschließungsstraßen |
|---------------------------|-----|------------|-------------|---------------------------------|--------------------------------|----------------------|
| Verbindungsfunktionsstufe |     | AS         | LS          | VS                              | HS                             | ES                   |
| kontinental               | 0   | AS 0       |             | -                               | -                              | -                    |
| großräumig                | I   | AS I       | LS I        |                                 | -                              | -                    |
| überregional              | II  | AS II      | LS II       | VS II                           |                                | -                    |
| regional                  | III | -          | LS III      | VS III                          | HS III                         |                      |
| nahräumig                 | IV  | -          | LS IV       | VS IV                           | HS IV                          | ES IV                |
| kleinräumig               | V   | -          | LS V        | -                               | -                              | ES V                 |

|      |                                            |
|------|--------------------------------------------|
| AS I | unproblematisch, Bezeichnung der Kategorie |
|      | problematisch                              |
| -    | nicht vertretbar oder nicht vorkommend     |

---

Der Regelquerschnitt RQ 15,5 zeichnet sich durch ein hohes Sicherheitsniveau aus, deshalb ist seine Anwendung nicht nur für den Neubau, sondern auch für den Umbau bzw. durch Ummarkierung oder Verbreiterung von bereits bestehenden Straßen geeignet. Die Ummarkierung ist bei Fahrbahnen mit überbreiten Fahrstreifen anzuwenden. Ergibt sich eine Unterschreitung der Regelwerte der Elemente des Straßenquerschnitts, soll als bauliche Maßnahme eine Verbreiterung der Fahrbahn ausgeführt werden.

Die INRA regeln auch die entsprechende Gestaltung der 2+1-Straßen bei Neubau („greenfield“) und Umbau („retrofit“) bereits bestehender Straßen.

#### **4.1.2 Entwurfs- und Betriebsmerkmale**

Die 2+1-Straßen sollen als Kraftfahrstraßen (Deutschland) bzw. Autostraßen (Österreich) betrieben werden. Diese Anforderung betonen die RVS, RAL und INRA. Ein entsprechendes Begleitwegenetz für die ausgeschlossenen Verkehrsarten soll vorgesehen werden.

Für die Anwendung werden gemäß RVS die Grenzen für die jahresdurchschnittliche tägliche Verkehrsstärke (JDTV): 7 000 Kfz/24h ÷ 18 000 Kfz/24h angegeben. Die untere Grenze beruht auf der Tatsache, dass das Überholverbot im einstreifigen Richtungsabschnitt sogar bei geringeren Verkehrsmengen nicht eingehalten wird. Die Erklärung für die Nichteinhaltung des Verbots wäre der selten auftretende Gegenverkehr. Die obere Grenze ist so ausgewählt, dass es zu keinen Verkehrsstockungen bei den kritischen Wechselbereichen kommt. Die RVS warnt, dass ab einer Verkehrsstärke von etwa 1 500 Kfz/h und Fahrtrichtung schon eine solche Gefahr besteht. Es ist empfehlenswert, ab einem JDTV-Wert von 18 000 Kfz/24h die zu erwartenden Tagesganglinien der Richtungsverkehre, insbesondere die Spitzenstundenwerte und die Verkehrszusammensetzung zu berücksichtigen.

Gemäß RAL kommt der Regelquerschnitt RQ 15,5 für Verkehrsbelastungen bis zu 20 000 Kfz/24h in Betracht. Bei der zweiten Möglichkeit für den dreistreifigen Fahrbahnquerschnitt – RQ 11,5+ – ist die Verkehrsbelastung mit 17 000 Kfz/24h begrenzt. Dieser Querschnitt wird für den allgemeinen Verkehr betrieben, Radverkehr auf der Fahrbahn ist grundsätzlich auszuschließen. Nur wenn ein geeignetes landwirtschaftliches Wegenetz vorhanden ist, sehen die RAL eine zweckmäßige Ausweisung als Kraftfahrstraße.

INRA begrenzt die Anwendung von 2+1-Querschnitten zwischen einem JDTV von ungefähr 11 000 und 17 000 Kfz/24h. Dieses Intervall der Verkehrsbelastung erweist sich als am meisten ökonomisch gegenüber anderen Querschnitten.

Ein wesentliches Entwurfsmerkmal ist die planerisch angemessene Geschwindigkeit, für die in RAL und INRA ein Wert von 100 km/h bestimmt wird. In RVS ist keine solche Begrenzung zu finden, allerdings gilt auf derartigen Straßen eine zulässige Höchstgeschwindigkeit von 100 km/h.

Die finnische Erfahrung zeigt eine Verkehrsstärke von 14 000 Kfz/24h, die von den beiden bestehenden Straßen mit der 2+1- Betriebsform aufgenommen wird. Sonntags werden sogar Spitzwerte im Rahmen von 20 000 – 25 000 Kfz/24h registriert, wobei aber schon Problemsituationen bei dem Verkehrsablauf auftreten.

In Schweden schwankt der JDTV auf den 2+1- Straßen von 4 000 Kfz/24h bis 20 000 Kfz/24h.

### 4.1.3 Linienführung

Für 2+1-Straßen wird eindeutig in allen betrachteten Richtlinien eine gestreckte Linienführung verlangt.

Bei der Trassierung von Straßen mit 2+1-Querschnitt wird in der RVS die Auswahl von großzügigen Elementen empfohlen. Die Bögen sollen Radien von mindestens 400 m aufweisen. Dies gilt besonders bei Rechtsbögen wegen der zu erwartenden Sichtprobleme beim Überholen.

Gemäß RAL sollen die Größen der Radien den Entwurfsklassen entsprechen, damit ein gleichmäßiges Fahren mit der angemessenen Geschwindigkeit ermöglicht wird. Bei der Auswahl soll auch die Topografie berücksichtigt werden. Für 2+1-Straßen empfiehlt die deutsche Richtlinie Radien größer als 500 m mit einer Mindestlänge des Kreisbogens von 70 m. Es steht zusätzlich, dass die Regelwerte in begründeten Ausnahmefällen um maximal 25 % unterschritten werden können. Weiters sind aus Gründen der Verkehrssicherheit im deutschen Regelwerk grafische Darstellungen der folgenden Zusammenhänge zu finden:

- zwischen Länge der Geraden und Kurvenradius (Abb. 51).

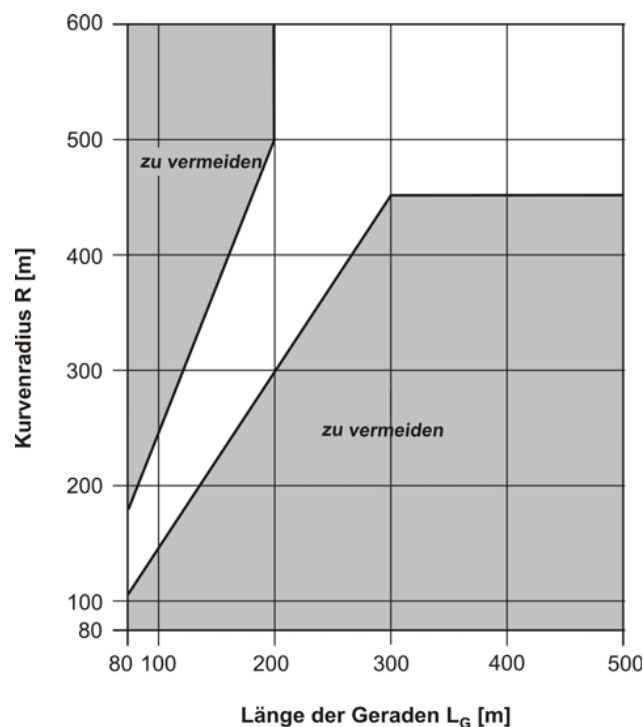
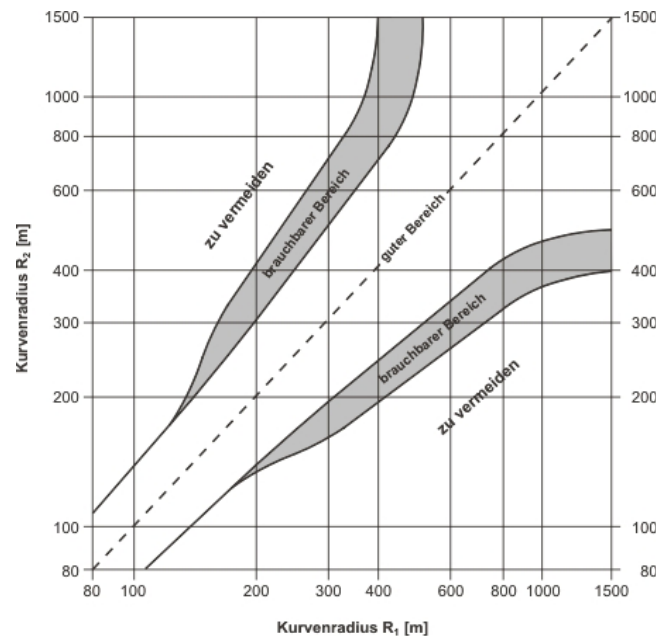


Abb. 51: Zulässiger Radienbereich im Anschluss an Geraden [RAL, 2007]

- zwischen aufeinander folgenden Radien (Abb. 52).



**Abb. 52: Verhältnis aufeinander folgender Radien [RAL, 2007]**

Die Längsneigung ist in der RVS mit höchstens 6 % begrenzt.

Die RAL sieht 4,5 % für Entwurfsklasse 1 als Höchstlängsneigung und 5,5 % für Entwurfsklasse 2 vor.

INRA macht bei den Grenzwerten der Längsneigung einen Unterschied zwischen Neu- und Umbau. Beim Neubau („on new alignments“) beträgt der zulässige Wert 4 %, im Gegensatz dazu steht 5 % als Höchstwert für den Umbau („on-line upgrading of existing roads“) von bestehenden Straßen.

RAL regelt auch Werte für Kuppen bzw. Wannenhalbmesser und Mindestlängen der Tangenten im Höhenplan (Tab. 7).

**Tabelle 7: Empfohlene Werte der Kuppen- und Wannenhalbmesser und Mindestlängen von Tangenten im Höhenplan [RAL, 2007]**

| Entwurfsklasse | empfohlene Kuppenhalbmesser $H_K$ [m] | empfohlene Wannenhalbmesser $H_W$ [m] | Mindestlänge der Tangenten min T [m] |
|----------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| EKL 1          | $\geq 8.000$                          | $\geq 4.000$                          | 100                                  |
| EKL 2          | $\geq 6.000$                          | $\geq 3.500$                          | 85                                   |
| EKL 3          | $\geq 5.000$                          | $\geq 3.000$                          | 70                                   |
| EKL 4          | $\geq 3.000$                          | $\geq 2.000$                          | 55                                   |

---

## 4.2 Grundlegende Untersuchungen zur 2+1- streifigen Verkehrsführung

### 4.2.1 Grundsätzliches

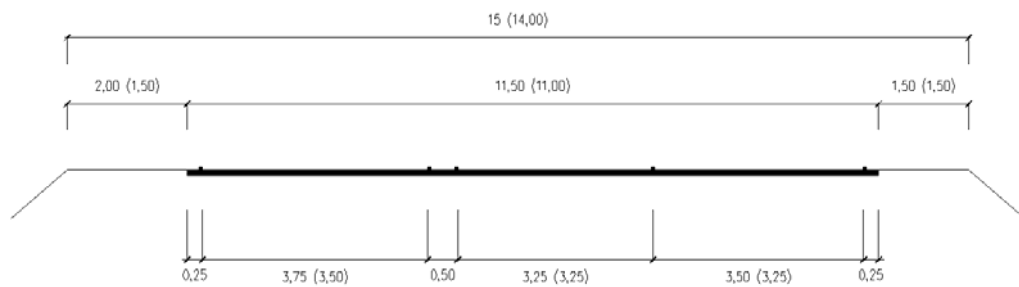
Die 2+1-Querschnitte sind ein Teil der Gruppe der sogenannten Zwischenquerschnitte, wie am Anfang erwähnt wurde. Die Idee zu einem solchen Typ von Straßenquerschnitten ergibt sich aus der Verkehrsentwicklung und den rasch anwachsenden Verkehrsströmen. Dabei ist ein zunehmender Bedarf an Hochleistungsstraßen außerhalb der Städte unterhalb von Autobahnen entstanden. Die Autobahnen einerseits kosten viel wegen des hohen Baustandards und treffen in den meisten Fällen den Widerstand der betroffenen Bevölkerung. Die einbahnigen Straßen andererseits mit einer befestigten Breite bis 8,00 m ermöglichen häufig keine angemessenen Reisegeschwindigkeiten und bieten bei hohen Verkehrsbelastungen zugleich ein zu geringes Verkehrssicherheitsniveau [Dilling, Hartkopf und Meewes, 1992].

Es wurde ein Mangel an Straßen erkannt, die als Verbindungen zwischen Autobahnen, als stärker belastete Autobahnzubringer, aber auch als Strecken mit überregionaler Bedeutung, bei denen Autobahnen wegen einer zu geringen Belastung (bis 20 000 Kfz/h) nicht angemessen sind, dienen sollen. Beim sogenannten Halbausbaue von Autobahnen und Schnellstraßen kann der 2+1-Querschnitt eine günstige Alternative darstellen. In solchen Fällen wird eine zweistufige Realisierung des Vollaubaues auf Grund der zu erwarteten Verkehrsbelastung durchgeführt. In der ersten Ausbaustufe soll ein dreistreifiger Querschnitt errichtet werden. Die Ausbauparameter werden solchernaßen konzipiert, dass eine Erweiterung jederzeit möglich ist.

Es werden Straßen mit einer hohen Verkehrsqualität gefordert. Dabei bezieht sich Verkehrsqualität nicht nur auf die Güte des Verkehrsablaufes, sondern auch auf die Verkehrssicherheit. Eine hohe Verkehrsqualität auf geringem Verkehrssicherheitsniveau ist nicht vertretbar. Dazu kommen noch der ökologische Standpunkt für einen sparsamen Flächenverbrauch und die Finanzierung mit der Suche nach immer kostengünstigen Lösungen.

Damit erklärt sich der Grund zur Beauftragung einer Projektgruppe der Bundesanstalt für Straßenwesen in Deutschland, 1984. Das Ziel war die Untersuchung von Ausbildung und Betrieb von außerörtlichen Hochleistungsstraßen „unterhalb der Autobahnen“ und „oberhalb der normalbreiten Landstraße“ – von sogenannten Zwischenquerschnitten. Querschnitte, die weniger Flächen verbrauchen sowie niedrigere Baukosten haben als reguläre zweibahnige Straßen, sollten erprobt werden. Die Aufgabe der Gruppe war der Beweis der höheren Verkehrsqualität dieser Querschnittstypen im Vergleich zu den herkömmlichen einbahnig zweistreifigen Straßen.

Nach den Behauptungen von Dilling, Hartkopf und Meewes [1992] wurde es dank dieser Untersuchung ermöglicht, bestimmte Details der Querschnittsausbildung, z. B. eine bauliche Mitteltrennung, Seitenstreifen, Anzahl der Fahrstreifen hinsichtlich ihrer Sicherheitswirkung abzuschätzen (Abb. 53).



**Abb. 53: Vorschlag für die Gestaltung vom Zwischenquerschnitt 2+1 (Mindestmaße in Klammern) [Dilling, Hartkopf und Meewes, 1992]**

Es wurden durch einen Vorher/Nachher- Vergleich für die Versuchsstrecken das Unfallgeschehen und der Verkehrsablauf unterschiedlicher Querschnittsformen gegenübergestellt (Abb. 1).

Im Zentrum wurde die Frage gestellt, ob und für welche Einsatzbereiche sogenannte 2+1-Querschnitte in Betracht kommen. Zur Bestimmung von Einsatzbedingungen wurde die komplizierte Zusammenwirkung von einigen Faktoren betrachtet:

- die Netzfunktion
- die Betriebsform (Kraftfahrstraße oder Straße für den allgemeinen Verkehr)
- die Verkehrsstärken (Anteil des Schwerverkehrs, zeitliche Verteilung der Verkehrsstärken)
- die Führung im Bereich von Knotenpunkten
- die Linienführung (Kurvigkeit, Längsneigung, Sichtweiten)
- verkehrsregelnde Eingriffe (zulässige Höchstgeschwindigkeiten, Überholverbote).

Unterschiedliche Kombinationen zwischen diesen Faktoren und auch der Einfluss eines von ihnen auf die anderen waren der Gegenstand von mehreren Forschungsprojekten, alle mit dem Ziel der Verbesserung der Verkehrsqualität durch Erhöhung der Verkehrssicherheit und Erleichterung des Verkehrsablaufs.

Diese umfassenden Untersuchungen und Forschungsergebnisse stellten schließlich die Grundlagen für die Festlegungen in den deutschen Richtlinien für 2+1-Straßen dar.

## 4.2.2 Untersuchungen zum Verkehrsablauf

### 4.2.2.1 Allgemeines

Zu der Beschreibung eines Verkehrsstroms werden nach Baselau [2005] geeignete Parameter benötigt, die durch Betrachtungen ermittelt werden können. Die Beobachtungen beziehen sich auf ein Weg-Zeit-System und können in Abhängigkeit von dem Ausgangspunkt in zwei Arten geteilt werden:

- *Lokale* Beobachtungen – erfolgen an einem festen Ort
- *Momentane* Beobachtungen – erfolgen zu einem bestimmten Zeitpunkt

---

Bei den lokalen Beobachtungen führt man die Begriffe – *Verkehrsstärke*  $q$  (die Anzahl der Fahrzeuge pro Zeitintervall) und *mittlere lokale Geschwindigkeit der Fahrzeuge*  $\overline{v_i}$  (aus Einzelgeschwindigkeiten bestimmt), ein. Diese Kenngrößen sind zu ermitteln. Die lokalen Beobachtungen sind in der Praxis leichter zu realisieren.

Bei den momentanen Beobachtungen sind die Begriffe – *Verkehrsdichte*  $k$  (die Anzahl der Fahrzeuge pro Streckenabschnitt) und *mittlere momentane Geschwindigkeit*  $\overline{v_m}$ , zu betrachten.

Der Zusammenhang zwischen lokalen und momentanen Parametern beschreibt man durch die Formel:

$$q = k \cdot \overline{v_m} \quad \text{Gleichung 1}$$

Diese Gleichung gilt unter der Annahme, dass die lokal betrachteten Kenngrößen entlang der Strecke und die momentan beobachteten Größen über die Zeit konstant bleiben. Auf diese Weise wird *ein stationärer Verkehrsstrom* definiert. Von besonderer Bedeutung ist hier die mittlere Reisegeschwindigkeit der Pkw  $\overline{v_{R,Pkw}}$  über einen längeren Streckenabschnitt, die von der mittleren momentanen Geschwindigkeit  $\overline{v_m}$  geschätzt werden kann.

Zur Ermittlung der Verkehrsdichte benutzt man die Gleichung 1, wo die anderen Parameter dank der lokalen Beobachtung bekannt sind. Einen so ermittelten Zusammenhang nennt man *makroskopisches Modell zur Beschreibung des Verkehrsablaufs*.

Befahren nur sehr wenige Fahrzeuge die Strecke ( $k \rightarrow 0$ ), so spricht man von *freiem Verkehr*. Die von ihnen frei gewählte Geschwindigkeit  $v_0$  wird als der Mittelwert  $\overline{v_m}$  bei ( $k \rightarrow 0$ ) definiert. Mit zunehmender Verkehrsstärke wächst der Grad der gegenseitigen Beeinflussung und die mittlere Geschwindigkeit der Fahrzeuge nimmt ab. Die maximal erreichbare Verkehrsstärke  $q_{\max}$  bezeichnet man als *Kapazität*  $C$ , d.h. bis zu diesem Wert ist die Verkehrsstärke steigerbar. Gemäß der Kapazität unterscheidet man *teilgebundenen* Verkehr und *gebundenen* Verkehr. Für die Dimensionierung von Verkehrsanlagen definiert man üblicherweise *zulässige Verkehrsstärken*, die unterhalb der Kapazität, also im Bereich des teilgebundenen Verkehrs liegen [Baseleu, 2005].

#### **4.2.2.2 Beschreibung des Verkehrsablaufs auf Strecken mit 2+1-Verkehrsführung**

Mehrere Untersuchungen beschäftigen sich mit der Erarbeitung neuer Erkenntnisse zum Verkehrsablauf auf 2+1-Strecken. Eine Vielzahl von empirischen Untersuchungen wurde durchgeführt, um allgemeine Aussagen bezüglich der Kapazität und des Geschwindigkeitsverhaltens zu ermitteln. Die Untersuchungen weisen darauf hin, dass die Kapazität von 2+1-Strecken gleich der von durchgängig zweistreifigen Landstraßenquerschnitten (RQ 10,5, RQ 9,5 gemäß RAL) ist. Gleichzeitig deuteten nur vereinzelte Messungen an, dass die Kapazität eines solchen Querschnitts höher liegen könnte als auf einem klassischen zweistreifigen Querschnitt. Eine Erhöhung der Kapazität durch den Einsatz des RQ 15,5 wurde bisher in der Praxis nicht beobachtet.

Im Rahmen des ersten deutschen Modellversuchs, der sogenannten Vorher- Nachher-Untersuchung innerhalb von 10 Jahren – 1982 bis 1992, wurden in 3 Bundes-

---

ländern: Bayern, Baden-Württemberg und Hessen, Straßen mit vorhandenen b2ü-Querschnitten zu 2+1-Querschnitten ummarkiert, bzw. umgebaut. Alle Strecken sind als überregionale Verbindungen großzügig mit einer Entwurfsgeschwindigkeit von 100 km/h trassiert.

Die Bundesstraße B 471, die im Nachher- Fall bei 12 m befestigter Fahrbahnbreite in vier alternierende 2+1-Abschnitte unterteilt wurde, wies einen DTV-Wert von ca. 26 600 Kfz/24h bei einem mittleren bis hohen Schwerverkehrsanteil (15 - 25%) auf. Bei hohen Verkehrsbelastungen während der Woche war eine ungefähr gleiche Belastung auf den Überhol- und den Fahrstreifen in den zweistreifigen Abschnitten zu merken. Bei 100 km/h zulässiger Höchstgeschwindigkeit wurden eine mittlere Geschwindigkeit auf den Fahrstreifen von ca. 95 km/h und eine  $V_{85}$ -Geschwindigkeit von 115 km/h registriert, wobei auf den Überholstreifen mit 10 bis 15 km/h schneller als auf dem Fahrstreifen gefahren wurde. Sonntags lagen die Geschwindigkeiten im Vergleich zu werktags auf den Fahrstreifen und auf den Überholstreifen um bis zu 5 km/h höher. Nachts wurde immer schneller gefahren, wobei ein Unterschied von 20 km/h zwischen den Werten der maßgebenden Geschwindigkeiten zu notieren war.

Eine ähnliche Situation mit Überschreitung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 100 km/h zeigte sich vor und nach der Umgestaltung auf der Bundesstraße B33. Ein Einfluss des Schwerverkehrs wurde fast ausschließlich im einstreifigen Abschnitt deutlich. Die Überholstreifen wurden aufgrund ihrer begrenzten Länge (ca. 1 km) tatsächlich nur zum Überholen benutzt. Es wurde zusammengefasst, dass keine auffällige Verminderung der Reisegeschwindigkeiten trotz der einstreifigen Abschnitte und des Schwerverkehrsanteils auftrat. Allgemein wurden bei 2+1-Verkehrsführung weniger riskante Fahrmanöver beobachtet als im Vorher-Zustand mit einem b2ü-Querschnitt. Bei geringen Verkehrsstärken wurde auf der 2+1-Strecke erheblich weniger überholt als im Vorher-Zustand. Mit einem gleichzeitigen Anstieg von Pkw- und Lkw-Verkehrsstärke nahm auch die Anzahl der Überholungen zu.

Die beiden Strecken in Hessen waren frei von Ortsdurchfahrten und nach der Ummarkierung als Kraftfahrstraße ausgewiesen. Die große Entflechtungsfunktion der 2+1-Betriebsform war sofort erkennbar, erstens wegen der 9 %- Abnahme des Anteils der behinderten Fahrzeuge und zweitens wegen des um die Hälfte reduzierten Anteils an Schwerverkehr als Pulkführer. Die Pulkauflösung war im Nachher-Zustand besser.

Eine andere deutsche Studie [Hartkopf, 1987] ergab, dass 2+1-Querschnitte dazu beitragen, den Überholdruck abzubauen und das Geschwindigkeitsverhalten zu homogenisieren.

Zu einer ähnlichen Schlussfolgerung ist auch Weber [2005] in seiner Untersuchung über den Ausbaustandard und das Überholverhalten auf 2+1-Strecken gekommen. Er weist darauf hin, dass die 2+1-Betriebsform die Möglichkeit bietet, die Qualität des Verkehrsablaufs zu verbessern und das Auflösen von Pulks bzw. das Überholen von langsamen Fahrzeugen oder Kolonnen zu erleichtern. Als maßgebende Einflussfaktoren auf die Qualität des Verkehrsablaufs werden im Wesentlichen die Länge der einstreifigen Abschnitte, die Gesamtlänge der 2+1-Strecke sowie die Verkehrsstärke genannt.

Trotz der zahlreichen Untersuchungen Mitte der achtziger Jahre gelang nach der Meinung von Bickelhaupt [1991] keine genaue Erläuterung, welche Rolle dem Schwerverkehr bzw. dem Schwerverkehrsanteil zukommt. Dessen Einfluss auf den Verkehrsablauf wurde im Prinzip hinsichtlich der Kriterien Leistungsfähigkeit und Verkehrsqualität un-

tersucht. Grundsätzlich wurde festgestellt, dass sich der Schwerverkehr negativ auf beide Kriterien auswirkt. Der Grund dazu ist in den wesentlich niedrigeren Geschwindigkeiten der SV-Fahrzeuge zu finden. Ausgehend von der Hauptidee des 2+1-Querschnitts, nämlich der Entflechtung des schnellen und langsamen Verkehrs, erzielte Bickelhaupt [1991] eine Klärung der Frage über den Einfluss des Schwerverkehrs (sh. unten). Darüber hinaus stellt der Schwerverkehrsanteil ein maßgebendes Bemessungskriterium bei der Festlegung eines Querschnittstyps bei Neu- oder Umbaumaßnahmen von Straßen dar.

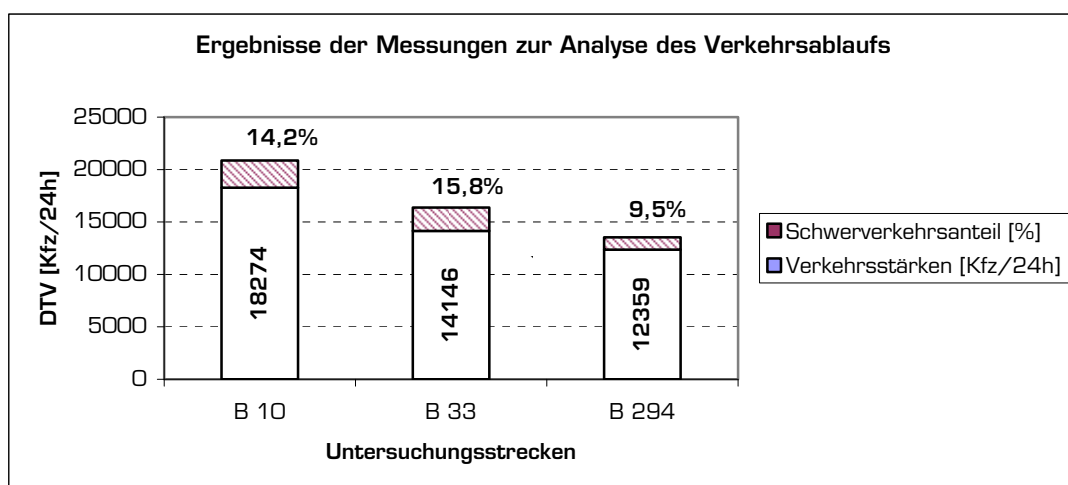
Der Einfluss langsamer Fahrzeuge auf 2+1-Strecken, die für den allgemeinen Verkehr freigegeben sind, wurde das Thema einer Untersuchung von Weber und Löhe [2003]. Auf insgesamt sieben Untersuchungsstrecken konnte allerdings kein wesentlicher Einfluss langsamer Fahrzeuge auf den Verkehrsablauf festgestellt werden. Im Hintergrund dieser Behauptung stehen eine rein quantitative Erfassung lokaler Geschwindigkeiten und die Abschätzung von Fahrzeugpuls während der Durchführung von Fahrzeug-Nachfahrten.

#### - **Verkehrsstärke und Verkehrszusammensetzung**

Eine wichtige Kenngröße zur Beschreibung des Verkehrsablaufs ist die Verkehrsstärke. Die Anzahl von Überholvorgängen sowie die Pulkbildung hängen maßgeblich von der Verkehrsstärke und der Verkehrszusammensetzung ab. Sie sind wichtige Beurteilungskriterien, die im Rahmen von den durchgeführten empirischen Untersuchungen sowohl für die Überholabschnitte als auch für die Vorlaufstrecken erhoben werden müssen.

In allen empirischen Untersuchungen wurde immer ein großes Verkehrsstärkenspektrum der Strecken erfasst. Durch Radarmessgeräte wurden die richtungsbezogenen Verkehrsstärken und die lokalen Geschwindigkeiten erhoben. Die Messdauer erstreckte sich jeweils über 24 Stunden, sodass als Ergebnis für jede Strecke ein vollständiger Tagesgang der gefahrenen Geschwindigkeiten sowie die Verkehrsstärke mit Ausweisung des Schwerverkehrsanteils vorlagen.

Im Rahmen der detaillierten Untersuchung des dreistreifigen Querschnittstyps 2+1 hat Bickelhaupt [1991] die Tagesbelastungen der Strecken und den entsprechenden SV-Anteil (Abb. 54) aufgenommen.



**Abb. 54: Verkehrsstärken auf den Untersuchungsstrecken mit dem entsprechenden SV – Anteil [Bickelhaupt, 1991]: Tagesbelastungen**

---

Die Werte der täglichen Verkehrsstärken auf den drei Untersuchungsstrecken schwankten zwischen 11 000 und 20 500 Kfz/24h, wobei die DTV-Werte zwischen ca. 12 360 und 18 270 Kfz/24h lagen. Diese Tatsache ermöglichte die Erfassung des gesamten gemäß den Richtlinien vorgesehenen Einsatzbereichs der 2+1-Querschnitte. Die Schwerverkehrsanteile unterschieden sich deutlich voneinander. Es wurde festgestellt, dass werktags die höchsten Schwerverkehrsanteile von ca. 20 % auf der B 33 auftraten. Im Gegensatz dazu wurden die niedrigsten SV-Anteile von knapp 11 % auf der B 294 registriert.

Die Auswertung der Verkehrsstärken fand auch für 1-Stunden-Intervalle statt, wodurch die Tagesganglinien der Verkehrsstärken ermittelt wurden. Für jede Untersuchungsstrecke wurden die stündlichen Verkehrsstärken im Wochenverlauf dargestellt:

- am Gesamtquerschnitt
- für jede Fahrtrichtung (einstreifiger Abschnitt, sowie Überholabschnitt)
- für beide Fahrstreifen des Überholabschnitts

Die Auswertung der Verkehrsstärken in 1-Stunden-Intervallen ergab Werte, die in den Grenzen der planerisch angestrebten Verkehrsbelastung in den Richtlinien lagen. Auf allen drei Strecken zeichneten sich an Werktagen ausgeprägte Morgen- und Abendspitzen ab, welche ausschließlich durch besonders hohes Pkw-Aufkommen hervorgerufen wurden, d.h. das Schwerverkehrsaufkommen blieb während der Tagesstunden relativ konstant. Es ist ebenfalls für alle Strecken festzustellen, dass der Überholstreifen von Pkw benutzt wurde. Daraus kam sofort die Schlussfolgerung, dass ein überdurchschnittlich hoher Schwerverkehrsanteil auf dem rechten Fahrstreifen des Überholabschnitts wahrgenommen wurde. Die Verkehrszusammensetzung auf den einzelnen Fahrstreifen eines 2+1-Querschnitts unterschied sich demnach stark voneinander.

Weiters wurde der Zusammenhang Verkehrsstärke – SV-Anteile im Detail betrachtet, nämlich welche Schwerverkehrsanteile bei welchen Verkehrsstärken auftreten. Dazu wurde das stündliche Richtungsverkehrsaufkommen in Klassen mit einer Klassenbreite von 50 Kfz/h unterteilt. Bezüglich des Schwerverkehrs erfolgte eine Abstufung in 5 %-Klassen, wobei die größte Klasse SV-Anteile von mehr als 25 % beinhaltete. Es wurden die folgenden Erkenntnisse abgeleitet:

- hohe Schwerverkehrsanteile von mehr als 25 % traten am häufigsten bei sehr niedrigen Verkehrsstärken, d.h. vor allem nachts, auf.
- bei hohem Verkehrsaufkommen, insbesondere bei Spitzenbelastungen, lagen die Schwerverkehrsanteile in der Regel unter 15 %.

Ausgehend von der Datenbasis der Verkehrsstärkenerhebungen in 1-Stunden-Intervallen vertiefte sich Bickelhaupt [1991] in die Untersuchung, welcher Anteil des Richtungsverkehrs den mittleren Fahrstreifen benutzte. Anschließend erfolgte die Auswertung der Fahrstreifenbelegung in Abhängigkeit des in dieser Fahrtrichtung auftretenden SV-Anteils, um einen möglichen Einfluss des Schwerverkehrs auf die Fahrstreifenwahl der übrigen Kraftfahrer abzuschätzen. Ein deutlicher Zusammenhang zwischen der Verkehrsstärke auf dem Überholstreifen und der Richtungsverkehrsstärke auf allen drei Untersuchungsstrecken kam heraus. Eine Zunahme der potenziellen Belegung des Überholstreifens mit steigender Richtungsverkehrsstärke zeigte sich, wobei für den Überholstreifen ein Sättigungsbeiwert von 40 % bis 50 % des Richtungsverkehrsaufkommens registriert wurde. Der Schwerverkehrsanteil beeinflusste die Be-

---

legung des Überholstreifens, wenn er einen Wert von 15 % überstieg. Ferner zeigte sich, dass ein Anstieg der Belegungsquote mit zunehmendem Schwerverkehrsanteil erst ab einer Richtungsverkehrsstärke von ca. 300 Kfz/h auftrat.

Zum Schluss fasste Bickelhaupt [1991] zusammen, dass aufgrund der Untersuchungsergebnisse die Eignung des 2+1-Querschnitts für Hochleistungsstraßen unterhalb des Autobahnniveaus in jeder Hinsicht, insbesondere auch bei hohen SV-Anteilen, bestätigt wurde. Die Entflechtung des langsamen und des schnellen Verkehrs ließ sich mit diesem Querschnittstyp hervorragend realisieren.

Eine Untersuchung von Weber und Löhe [2003] mit Schwerpunkt Verkehrsablauf auf 2+1-Strecken findet keine nachhaltige Beeinträchtigung des Verkehrsablaufs durch die Freigabe der Untersuchungsstrecken für den allgemeinen Verkehr. Diese Behauptung stützt sich auf der Analyse des Verkehrsablaufs auf sieben Untersuchungsstrecken durch Querschnittsmessungen.

#### **- *Geschwindigkeitsverhalten***

Die 2+1-Strecken weisen einen unsymmetrischen Querschnitt auf. Dieser Ausbildungstyp hat eine besondere Auswirkung auf die lokalen Geschwindigkeiten.

Bickelhaupt [1991] definiert das Geschwindigkeitsniveau auf 2+1-Strecken als „pulsierend“ und findet die Ursache dafür in dem stetigen Wechsel von ein- und zweistreifigen Abschnitten. Die drei Streifen einer 2+1-Strecke weisen typische Geschwindigkeitsverteilungskurven auf. Die sind die Ergebnisse aus dem Vorher/Nachher-Vergleich einer 24-stündigen Messung an den von Bickelhaupt [1991] gewählten Untersuchungsstrecken. Das Ziel war zu bestimmen, in welcher Weise sich die Querschnittsgestaltung auf die Geschwindigkeitsverteilung auf den einzelnen Fahrstreifen auswirkt. Die Geschwindigkeitsverteilungskurven stehen den recht gleichartigen Verteilungen der Geschwindigkeit im Tagesverlauf auf den beiden Streifen einer einbahnig zweistreifigen Straße gegenüber. Die höheren Geschwindigkeiten treten, wie auch zu erwarten ist, in den Überholabschnitten auf. In den einstreifigen Abschnitten, wo das Überholen nicht zulässig ist, wäre ein maßgebender Einfluss der langsamen Fahrzeuge (bei Kraftfahrstraßen entsprechen langsame Fahrzeuge dem Schwerverkehr) auf das allgemeine Geschwindigkeitsniveau keine Überraschung. Eine getrennte Analyse der Pkw- und SV-Geschwindigkeiten wurde für jede Untersuchungsstrecke durchgeführt. Die Resultate wurden als Basis für die Ermittlung des Einflusses des Schwerverkehrs auf das Geschwindigkeitsverhalten benutzt. Die durchgeführten Erhebungen wurden auch getrennt nach Werktagen und Sonntagen ausgewertet.

Trotz der völlig verschiedenen Pkw-Geschwindigkeitsverteilungskurven auf den Untersuchungsstrecken ist das höchste Geschwindigkeitsniveau auf dem Überholstreifen und das niedrigste im einstreifigen Abschnitt zu merken. Die Schwankungen der Werte auf den Untersuchungsstrecken sind im Rahmen von 20 km/h bis 30 km/h. Auffällig sind die Ergebnisse für die Überholabschnitte, wobei sonntags ein größerer Unterschied zwischen den Pkw-Geschwindigkeiten auf deren beiden Fahrstreifen als an Werktagen registriert wird. Eine deutliche Geschwindigkeitszunahme wird an Sonntagen in den einstreifigen Abschnitten festgestellt.

Die Schwerfahrzeuge werden in den beiden Richtungsabschnitten in ihrer Geschwindigkeitswahl von anderen Fahrzeugen nicht beeinflusst. Als Beweis dazu gelten die

---

gleichen Verteilungen für den rechten Fahrstreifen der Überholabschnitte und in den einstreifigen Abschnitten.

Bickelhaupt [1991] findet wegen der wesentlichen Rolle der Trassierung der Strecken und der Lage der Messstellen keinen direkten Zusammenhang zwischen durchschnittlichem SV-Anteil und allgemeinem Geschwindigkeitsniveau auf 2+1-Strecken anhand der von ihm abgeleiteten Ergebnisse. Es besteht aber kein Zweifel an dem dämpfenden Einfluss des Schwerverkehrs auf die Geschwindigkeiten in den einstreifigen Abschnitten.

Besonders augenfällig ist die geringe Einhaltung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 100 km/h pro Pkw auf allen drei Strecken. Auf dem Überholstreifen wird die zulässige Höchstgeschwindigkeit von 70 % bis 90 % aller Pkw-Fahrer, auf dem rechten Fahrstreifen des Überholabschnitts noch von 35 % bis 60 % aller Pkw-Fahrer überschritten. In den einstreifigen Abschnitten wird ein deutlich niedriger Anteil der Geschwindigkeitsübertretungen – 20 % bis 30 % festgestellt. Bickelhaupt [1991] macht aufmerksam darauf, dass ein Mittelwert dieser Ergebnisse für den Gesamtquerschnitt unrealistisch ist. Dessen Benutzung für Vergleichszwecke mit einbahnig zweistreifigen Querschnitten ist nicht empfehlenswert.

Zum Schluss ist noch anzumerken, dass sich die betrachteten Strecken durch eine ausgesprochen zügige Linienführung und eine große Fahrbahnbreite auszeichnen. Diese Merkmale entsprechend einer „Hochleistungsstraße unterhalb der Autobahn“ ermöglichen das Erreichen eines überdurchschnittlich hohen Geschwindigkeitsniveaus und damit auch einen hohen Anteil von Geschwindigkeiten größer als 100 km/h. Die extremen Geschwindigkeitsübertretungen sind auf die dreistreifige Markierung zurückzuführen und typisch für diese Betriebsform.

Weiters analysiert Bickelhaupt [1991] die mittlere Geschwindigkeit aller Kraftfahrzeuge einerseits und von Pkw und von SV separat, andererseits unter dem Einfluss der Verkehrsstärke und des SV-Anteils. Die höchsten mittleren Geschwindigkeiten aller Fahrzeuge werden zu Zeiten ermittelt, in denen die Verkehrsstärke relativ hoch ist und der SV-Anteil zwischen 5 % und 15 % beträgt. Bei einem Anstieg des SV-Anteils nimmt auch die mittlere Kfz-Geschwindigkeit wegen der größeren Anzahl der Überholungen leicht zu. Eine Zunahme der Verkehrsstärke und des SV-Anteils in den einstreifigen Abschnitten bewirkt einen Rückgang der mittleren Geschwindigkeiten. Bei einer separaten Analyse ist an erster Stelle die geringe Auswirkung derselben zwei Parameter auf die mittlere SV-Geschwindigkeiten festzustellen. Diese Aussage gilt sowohl auf den rechten Streifen der Überholabschnitte als auch in den einstreifigen Abschnitten. Ähnlich ist die Situation bei den mittleren Pkw-Geschwindigkeiten auf dem rechten Fahrstreifen in den zweistreifigen Abschnitten.

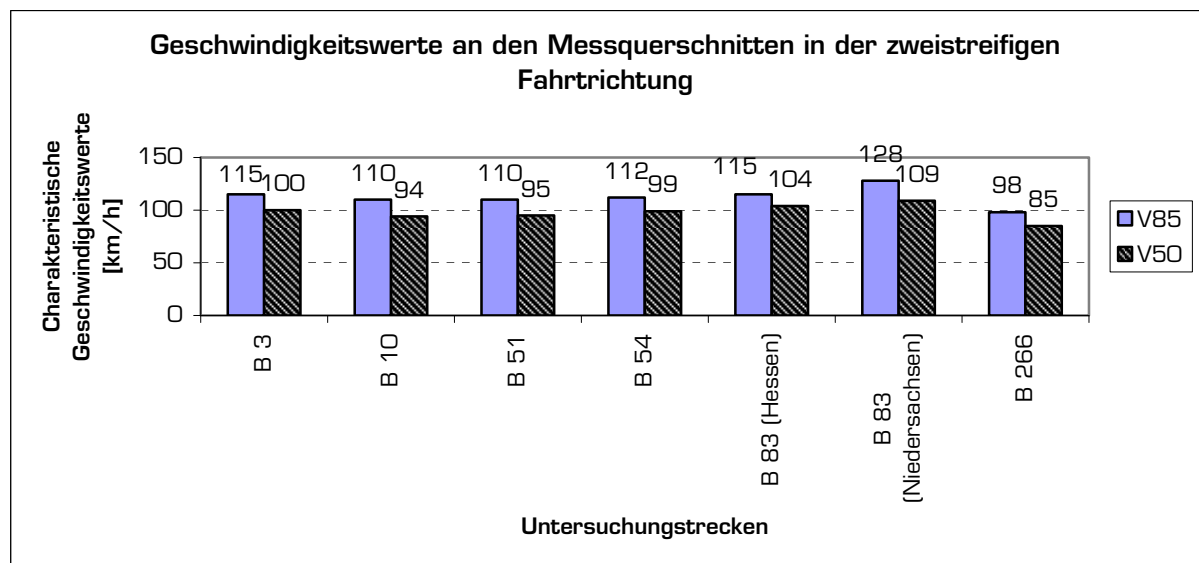
Zur Abschätzung des Geschwindigkeitsniveaus in Abhängigkeit von Streckenmerkmalen dienen die Geschwindigkeitsprofile. Sie sind eine Form zur Veranschaulichung der Werte von den mobilen Geschwindigkeitsmessungen. Deren Auswertung zusammen mit den stationären Erhebungen an entsprechenden Messquerschnitten ist die Basis zu den Schlussfolgerungen der Untersuchung des Verkehrsablaufs von Weber und Löhe [2003].

Die sieben ausgewählten Strecken mit überregionaler Bedeutung weisen eine zulässige Höchstgeschwindigkeit nicht weniger als 100 km/h auf. Hier wird auch der Einfluss der Knotenpunkte in Betracht genommen. Das Geschwindigkeitsverhalten an Knoten-

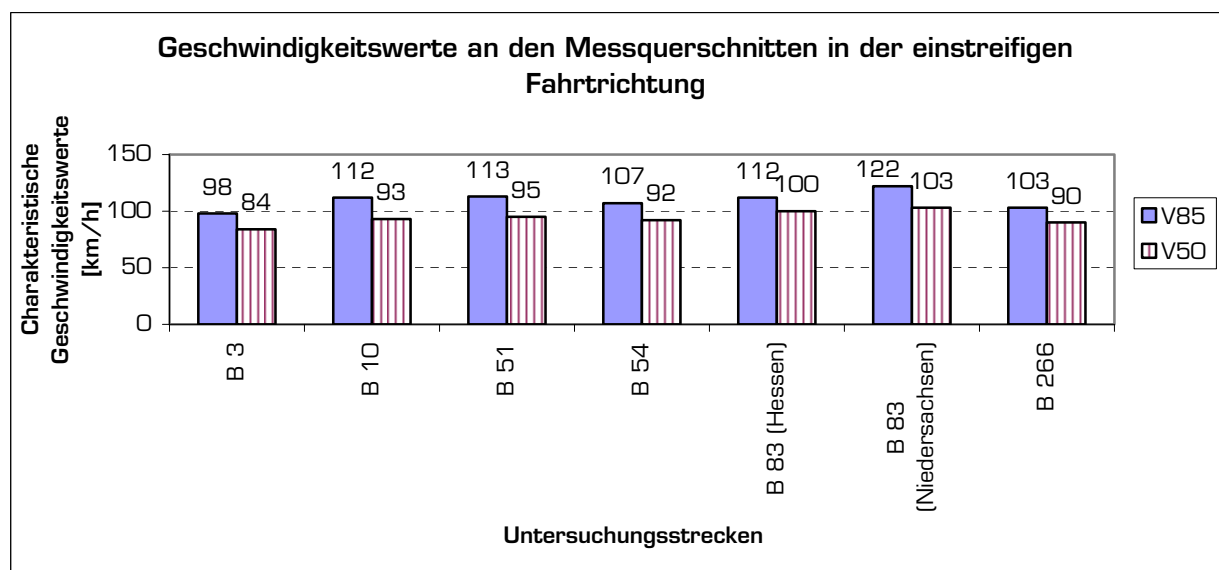
punkten mit unterschiedlichem Ausbaustandard (plangleich, planfrei, mit/ohne Lichtsignalanlage) wird untersucht.

Die Hauptparameter zur Analyse des Geschwindigkeitsniveaus –  $V_{85}$  und  $V_{50}$ , werden sowohl an den Messquerschnitten, als auch von den Geschwindigkeitsprofilen erhoben. Einen allgemeinen Überblick der erhaltenen Werte geben Abbildungen 55 und 56.

Die Abbildungen zeigen eine deutliche Überschreitung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf fast allen Strecken, besonders in den Überholabschnitten. Dieses Merkmal wurde auch bei der Untersuchung von Bickelhaupt [1991], als typisch definiert. Die ausgeprägt hohen Werte auf der Strecke B 83 erklären sich mit dem niedrigeren SV-Anteil.



**Abb. 55: Geschwindigkeitswerte an den Messquerschnitten in der zweistreifigen Fahrtrichtung [Weber und Löhe, 2003]**



**Abb. 56: Geschwindigkeitswerte an den Messquerschnitten in der einstreifigen Fahrtrichtung [Weber und Löhe, 2003]**

---

Bei der Analyse der Geschwindigkeitsprofile (ob sie stetig oder unstetig verlaufen) ist die Anwesenheit von Knoten, deren Grundform sowie die Führung von ein- und abbiegenden Verkehrsströmen zu erkennen. Erwartungsgemäß ist die geringste Beeinflussung der Geschwindigkeit an planfreien Knotenpunkten mit Fahrstreifenadditionen für die einbiegenden Verkehrsströme festzustellen. Eine deutliche Geschwindigkeitsreduzierung ist an plangleichen Knoten zu registrieren, und nämlich dort, wo die zulässige Geschwindigkeit begrenzt wird und deren Einhaltung durch Überwachungsanlagen überprüft wird. Eine Zunahme des SV-Anteils und der Abschnittslänge bewirkt den Anstieg des Geschwindigkeitsniveaus. Bei einer großzügigen Linienführung und weiten Knotenpunktabständen ist eine geringe Geschwindigkeitszunahme in den zweistreifigen Abschnitten zu merken.

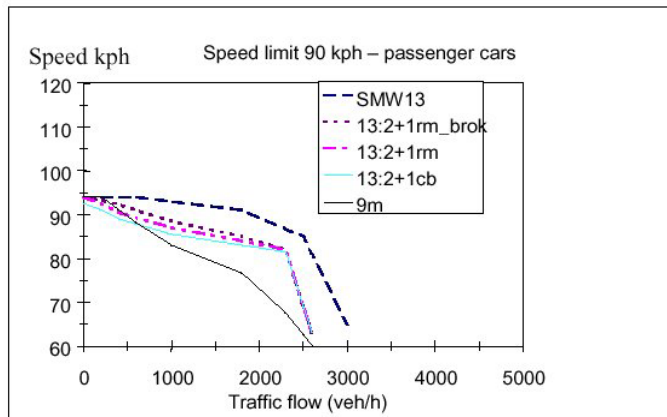
In Folge der positiven Erfahrung mit 2+1-Straßen von anderen europäischen Ländern wurden drei Straßen von überregionaler Bedeutung in Dänemark in diese Betriebsform im Jahr 1993 umgewandelt. Der 2+1-Querschnitt wurde durch teilweisen Umbau und Ummarkierung erzeugt. Die JDTV-Werte auf den drei Strecken sind im Rahmen von 7 000 Kfz/24h bis 14 000 Kfz/24h mit einem Schwerverkehrsanteil von 7 % bis 12 %. Eine Untersuchung [Herrstedt, 2001] beschäftigt sich mit dem Geschwindigkeitsverhalten auf diesen dreistreifigen Straßen. Es werden ähnliche Ergebnisse wie im Forschungsprojekt von Bickelhaupt [1991] registriert – eine Überschreitung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit, besonders hohe Werte der Geschwindigkeit im Überholstreifen, ein höheres Geschwindigkeitsniveau im zweistreifigen Abschnitt im Vergleich zu dem einstreifigen und eine merkwürdige Zunahme der Geschwindigkeit genau vor dem kritischen Wechselbereich.

Die österreichischen Erfahrungen zu dem Geschwindigkeitsverhalten auf 2+1-Querschnitten beruhen auf den Geschwindigkeitsmessungen auf der B 303, Waldviertler Straße. In der zweiten Jahreshälfte 1996 wurde auf der B 303 auf einer Strecke von rund 10 km eine 2+1-Markierung aufgebracht. Auf der vorhandenen Fahrbahnfläche von 11,00 m wurden drei Fahrstreifen mit jeweils einer Breite von 3,50 m (inkl. Markierung) und seitlich befestigten Seitenstreifen mit 0,25 m eingerichtet. Die Geschwindigkeit war auf 120 km/h beschränkt (seit 2005 gilt das Limit von 100 km/h). Die Längen der 6 Abschnittsbereiche ohne die Wechselstrecken liegen zwischen ca. 850 m und ca. 1900 m [Höretseder, 2007].

Die Ergebnisse von den Messungen im Jahr 2007 zeigten ein sehr hohes Geschwindigkeitsniveau. Die mittlere Geschwindigkeit lag in allen Messpunkten über den zulässigen 100 km/h. Im Überholabschnitt haben mehr als die Hälfte der Fahrer die zulässige Höchstgeschwindigkeit überschritten, wobei die höchsten Geschwindigkeiten (>130 km/h bis 150 km/h) ca. 200 m vor dem Beginn des kritischen Bereichs auftraten. Bei der Betrachtung der Geschwindigkeitsverteilung auf den beiden Fahrstreifen im zweistreifigen Abschnitt kam heraus, dass auf dem rechten Fahrstreifen die Grenzgeschwindigkeit von 49 % der Fahrer eingehalten wurde. Im Gegensatz dazu betrug dieser Anteil der Fahrer auf dem Überholstreifen 11 %. Besonders bemerkenswert ist der Anteil des Geschwindigkeitsbereichs von 130 km/h bis 150 km/h auf dem Überholstreifen – 40 %. Im einstreifigen Bereich bestand eine höhere Akzeptanz der zulässigen Geschwindigkeit (53 %). Die im Bau befindliche mittige Betonleitwand ist durch ihre geschwindigkeitsdämpfende Wirkung als eine Lösung zur Verbesserung der Situation vorgesehen [Höretseder, 2007].

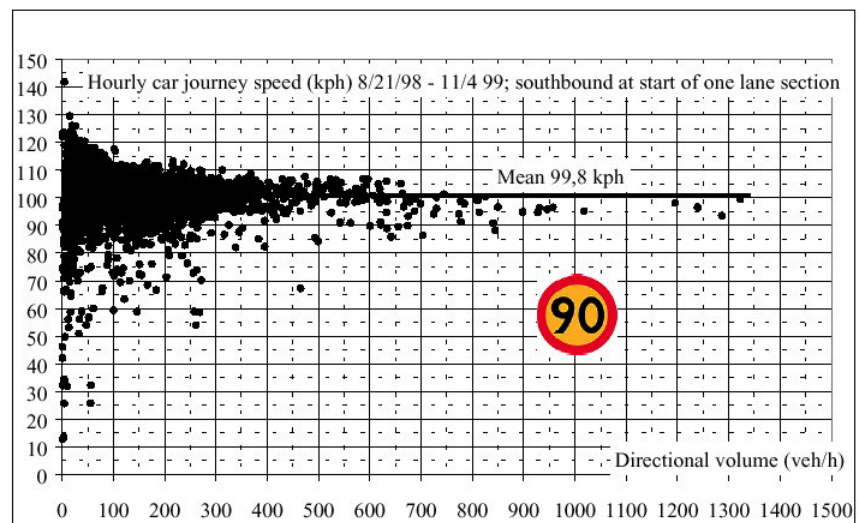
Niedrige lokale Geschwindigkeiten im ein- und zweistreifigen Abschnitt sind das Ergebnis von Erhebungen in Schweden [Bergh und Carlsson, 2000]. Die Werte werden auf

Strecken mit so genannten „cable barriers“ (13:2+1 cb) bei einem Vergleich zu Strecken mit Markierung (13:2+1 rm) und zu normalen Landstraßenquerschnitten (9m) registriert. Diese „cable barriers“ sind aus gespannten Stahlseilen und dienen als bauliche Mitteltrennung wegen Sicherheitsaspekten zwischen den beiden Fahrtrichtungen. Bei dem Vergleich werden q-v-Diagramme benutzt.



SMW=semi motorway (no at-grade intersections, full access control)

brok=broken centerline, otherwise solid for 13:2+1 rm



**Abb. 57:**

**q-v-Diagramm für unterschiedliche Querschnitte in Schweden – Gesamtquerschnitt (links), Messpunkte in 1-Std-Intervallen zu Beginn eines einstreifigen Abschnitts (rechts) [Berg und Carlsson, 2000]**

Auffallend im Bild rechts (Abb. 57) sind die beobachteten Verkehrsstärken von mehr als 1300 Kfz/(h\*Richtung) und die dabei ermittelte mittlere lokale Geschwindigkeit von ca. 100 km/h. Bei dem Vergleich der links angegebenen q-v-Kurven (Abb. 57) ist eine wesentliche Erhöhung der Reisegeschwindigkeit bei 2+1-Straßen mit Markierung zu erkennen. Auf dem Überholstreifen im zweistreifigen Abschnitt wurden sogar lokale Geschwindigkeiten bis zu 140 km/h gemessen (in Schweden gilt eine zulässige Höchstgeschwindigkeit von 90 km/h auf Landstraßen). Eine Erhöhung der Kapazität gegenüber den normalen Landstraßen ist nicht zu beobachten.

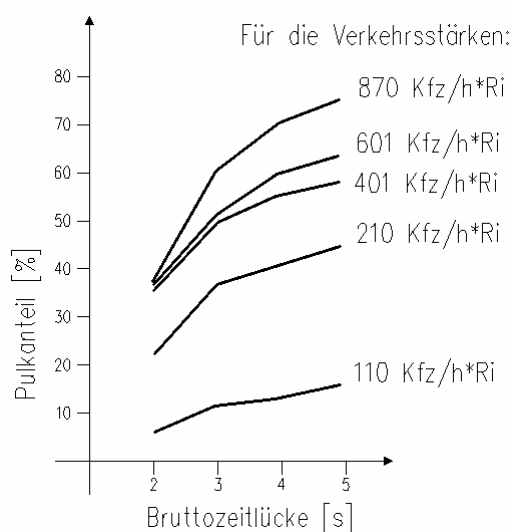
Es wird in Schweden eine Erhöhung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf 110 km/h auf Autostraßen diskutiert. Es ist noch in Frage, ob dieser Grenzwert auch für Straßen für den allgemeinen Verkehr gilt, oder die Begrenzung von 90 km/h in Kraft bleibt.

### - **Pulkverhalten**

Bei der Betrachtung des Verkehrsverlaufs beschreibt man auch das Fahrverhalten der einzelnen Fahrzeuge – ihre Geschwindigkeit, sowie die räumlichen und zeitlichen Abstände zwischen den vorausfahrenden und den folgenden Fahrzeugen. Zur Beschreibung dieses Fahrverhaltens wird der Begriff „Pulk“ eingeführt. Allgemein werden Pulk definiert als „Fahrzeuge einer Fahrzeugreihe, von denen jedes außer dem ersten in seinem Geschwindigkeitsverhalten durch mindestens ein vorausfahrendes Fahrzeug beeinflusst wird“ [FGSV, 1978].

In einer ausführlichen und umfangreichen Arbeit zum Pulkverhalten auf 2+1-Querschnitten fasst Roos [1989] die folgende Pulkdefinition zusammen: Ein Fahrzeug gehört zu einem Pulk, wenn die Bruttozeitlücke zu dem vor ihm fahrenden Fahrzeug im Pulk oder zum Pulkführer weniger als 3 Sekunden beträgt. Die Geschwindigkeit des Pulkführers darf dabei den Wert von 90 km/h nicht überschreiten. Der Pulkführer selbst gehört nicht zum Pulk.

Roos [1989] leitet diese Begriffsbestimmung ab aus dem Vergleich und der Bewertung von Kriterien zur Quantifizierung von Pulks – Zeitlücke, Weglücke und subjektive Aspekte, wobei als sinnvolles Kriterium für die Untersuchung der zeitliche Abstand festgestellt wird. Zusätzliche Beschränkungen über die Absolut- und die Differenzgeschwindigkeiten der betrachteten Fahrzeuge könnten auch gemacht werden. Roos beweist seine Behauptung durch die Abbildung 58, wo zweifellos der Zuwachs des Pulkanteils bei verschiedenen Verkehrsstärken mit zunehmender Zeitlücke als Kriterium dargestellt wird. Eine Veränderung des Pulkanteils bis zu 40 % kann bei hohen Verkehrsstärken in Abhängigkeit der gewählten Zeitlücke abgelesen werden. Deshalb empfiehlt Roos eine sorgfältige Prüfung, welche Zeitlücke zur Abgrenzung von Pulks geeignet erscheint – 3 Sekunden nach seiner Definition.



**Abb. 58: Pulkanteil in Abhängigkeit der als Pulkkriterium angegebenen Bruttozeitlücke [Roos, 1989]**

---

Roos [1989] betrachtet die Abschätzung der Erscheinung „Pulk“ als Zielgröße für die Bemessung dreistreifiger Straßen, besonders für günstige Längen für die ein- und zweistreifigen Streckenabschnitte. Zur Beschreibung des Pulkverhaltens werden einige Parameter eingeführt:

- **Pulkanteil** – die Anzahl der Fahrzeuge im Pulk bezogen auf das Gesamtkollektiv
- **Pulklänge** – die Anzahl der Fahrzeuge pro Pulk
- **Pulkzuwachs** – die Differenz zwischen Pulkanteil und Pulkängen am Anfang und am Ende eines einstreifigen Bereichs
- **Pulkauflösung** – die nach Möglichkeit vollständige Auflösung der Pulks im Überholabschnitt

Diese Parameter sind wichtige Maße für die Qualität des Verkehrsablaufs. Der Pulkanteil gibt die Vorstellung, wie viele Fahrzeuge ihre Geschwindigkeit frei wählen und was für ein Anteil der Fahrzeuge sich einem vorausfahrenden Fahrzeug anpassen muss. Deren eigene Wunschgeschwindigkeit erreichen die behinderten Fahrzeuge durch Überholen des Pulkführers. Es ist schon bekannt, dass bei den dreistreifigen Straßen nur in den zweistreifigen Abschnitten überholt werden kann. Diese Tatsache ist entscheidend bei der Bestimmung der Länge des einstreifigen Abschnitts, damit sich bei den Fahrern kein gesteigerter Überholdruck aufbaut. Das zweite Maß – Pulklänge – wird als Ausgangspunkt zur Bemessung der Länge des danach folgenden zweistreifigen Abschnitts benutzt. Ein Zusammenhang zwischen Pulkzuwachs, Länge des einstreifigen Abschnitts und Anfangspulkanteil ermöglicht die Ableitung von konkreten Aussagen über den zu erwartenden Pulkanteil und die Pulkängen am Ende der einstreifigen Abschnitte bei unterschiedlichen Verkehrsverhältnissen. Die Auflösung der in die Überholabschnitte einfahrenden Pulks ist das Beurteilungskriterium für den Abbau des Überholdrucks. Ein Pulk gilt als aufgelöst, wenn alle Fahrzeuge einer Fahrzeugschlange den Pulkführer überholt haben [Weber, 2005].

Die wesentlichen Einflussgrößen sind die Verkehrsstärke, die Verkehrszusammensetzung (SV-Anteil) und die Abschnittslängen. Der dominierende Einfluss der Verkehrsstärke auf die Verkehrsabwicklung auf Landstraßen wurde schon im Detail betrachtet und bewiesen. Sie bestimmt die Pulkbildung, die Pulkauflösung und die Geschwindigkeiten, mit denen die Strecken befahren werden. Der Schwerverkehr mit seiner niedrigen Geschwindigkeit und geringem Beschleunigungsvermögen ist eine der Hauptursachen zur Pulkbildung. Für die Untersuchung wählt Roos [1989] Streckenabschnitte mit unterschiedlicher Länge, um deren Einfluss auf die Pulkauflösung zu quantifizieren. Weiters wird die Bedeutung des Ausscherverhaltens der Pulkfahrzeuge am Beginn der zweistreifigen Abschnitte und der Geschwindigkeiten der Überholer und der Pulkführer für die Pulkauflösung unterstrichen.

Die beiden von Roos [1989], betrachteten Teilstrecken (Bundesstraße 7a und Bundesstraße 49) wurden 1987 zur dreistreifigen Betriebsform 2+1 ummarkiert. Die Straßen dienen als überregionale Verbindungen und zeichnen sich durch eine zügige Trassierung mit Entwurfsgeschwindigkeit 100 km/h aus. Bemerkenswert sind die Werte der Längsneigungen auf Teil der Strecke B 7a – zwischen 3,5 % und 5 %, sonst sind keine nennenswerten Längsneigungen zu merken, sie liegen zwischen 0 % und 2 %. Unterschiede zeigen sich in den Werten der Verkehrsbelastung und des SV-Anteils der beiden Strecken. Während die Verkehrsbelastung auf B 7a ca. 12 000 Kfz/24h liegt, ist auf B 49 eine Wert von ca. 15 000 Kfz/24h zu registrieren. Der

---

Schwerverkehrsanteil auf B 7a beträgt 10 % des Gesamtverkehrs, der aber durch eine ungleiche Verteilung und einen zeitweisen Anstieg auf über 20 % charakterisiert wird. Im Gegensatz dazu ist der Anteil des Schwerverkehrs auf B 49 gleich bleibend und knapp unter 10 % liegend. Ein letzter Unterschied ist bei der Breite des Überholstreifens zu finden. Ausgehend von verschiedenen Regelquerschnitten (B 7a – RQ15 und B 49 – RQ14, gemäß den damaligen RAS-Q) wurde bei der B 7a dem Überholstreifen eine Breite von 3,50 m zugeordnet, während bei der B 49 3,25 m für den Überholstreifen zur Verfügung standen.

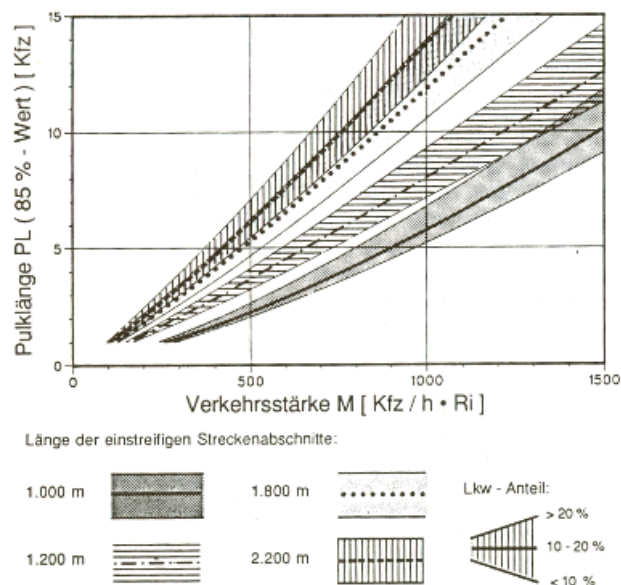
Auf den beiden Messstrecken untersuchte Roos [1989] sechs unterschiedlich lange einstreifige Streckenabschnitte. Daraus wurde eine analoge Abhängigkeit zwischen dem Pulkanteil und der Verkehrsstärke abgeleitet: bei einer Zunahme der Verkehrsstärke bis zu 500 Kfz/(h\*Richtung) wurde eine schnelle Erhöhung des Pulkanteils (40 % bis 60 %) betrachtet, bei immer weiterer Erhöhung der Verkehrsstärke wächst der Pulkanteil wesentlich langsamer. Mittels berechneten Regressionskoeffizienten und den daraus gezeichneten Korrelationskurven fasst Roos die Ergebnisse zu dem erwartenden Pulkanteil am Ende der unterschiedlich langen einstreifigen Streckenabschnitte zusammen. Die meisten Pulks bilden sich auf den ersten 1 000 m bis 1 200 m der einstreifigen Abschnitte und der Pulkzuwachs ist bei längeren Abschnitten wesentlich geringer ausgeprägt.

Bezogen auf den Pulkzuwachs kommt Roos zu der Schlussfolgerung, dass unabhängig von der jeweiligen Verkehrsstärke der Pulkzuwachs mit zunehmendem Pulkanteil am Beginn der einstreifigen Streckenabschnitte deutlich abnimmt. Die Erklärung dafür ist folgende:

- Ein geringer Anfangspulkanteil bedeutet Fahren mit höheren Geschwindigkeiten von vielen Fahrzeugen. Die Folge davon ist ihre schnelle und häufigere Behinderung durch langsame Fahrzeuge im einstreifigen Abschnitt. Bei einem schon hohen Anfangspulkanteil fahren wenig Fahrzeuge frei, folglich wird ihre Wunschgeschwindigkeit im einstreifigen Abschnitt nicht so stark beeinflusst und der Pulkzuwachs kann nicht so groß sein.

Weiters betrachtet Roos [1989] in seiner Untersuchung die Abhängigkeit zwischen den Parametern zur Beschreibung des Pulkverhaltens selbst und das Verhältnis zwischen SV-Anteil und Pulkbildung. Aufgrund der Vermutung, dass sich mit zunehmendem Pulkanteil auch die Pulkängen vergrößern, wurde ein Geltungsbereich der Pulkängen zwischen 1 und 15 Fahrzeuge am Ende der einstreifigen Abschnitte definiert. Zur Ermittlung des Pulkanteils am Ende der einstreifigen Abschnitte in Abhängigkeit vom SV-Anteil wurde der SV-Anteil in drei Stufen geteilt – gering (0 bis 10 %), mittel (10 bis 20 %) und hoch (über 20 %). Die Ergebnisse bestätigen, dass bei gleicher Verkehrsstärke die Pulkbildung bei einem hohen SV-Anteil stärker ist als bei einem geringen SV-Anteil.

Endlich schlägt Roos ein Diagramm vor, über welches abgeschätzt werden kann, welche Pulkängen bei einer vorgegebenen Verkehrsstärke und Verkehrszusammensetzung am Ende von unterschiedlich langen einstreifigen Streckenabschnitten auftreten wird (Abb. 59).



**Abb. 59: Pulklängen bei unterschiedlich langen einstreifigen Streckenabschnitten in Abhängigkeit vom SV-Anteil [Roos, 1989]**

Auf dem Diagramm sind Spannbreiten für die einzelnen Abschnittslängen zu sehen, die mit verschiedenen Signaturen gefüllt sind. Sie entsprechen dem SV-Anteil. Die Begrenzungslinien von unten (geringer SV-Anteil  $\leq 10\%$ ) und von oben (hoher SV-Anteil  $\geq 20\%$ ) beschreiben die zu erwartenden Pulklänge. Die fett gezeichneten Linien sind für den mittleren Bereich von SV-Anteil (10 % bis 20 %).

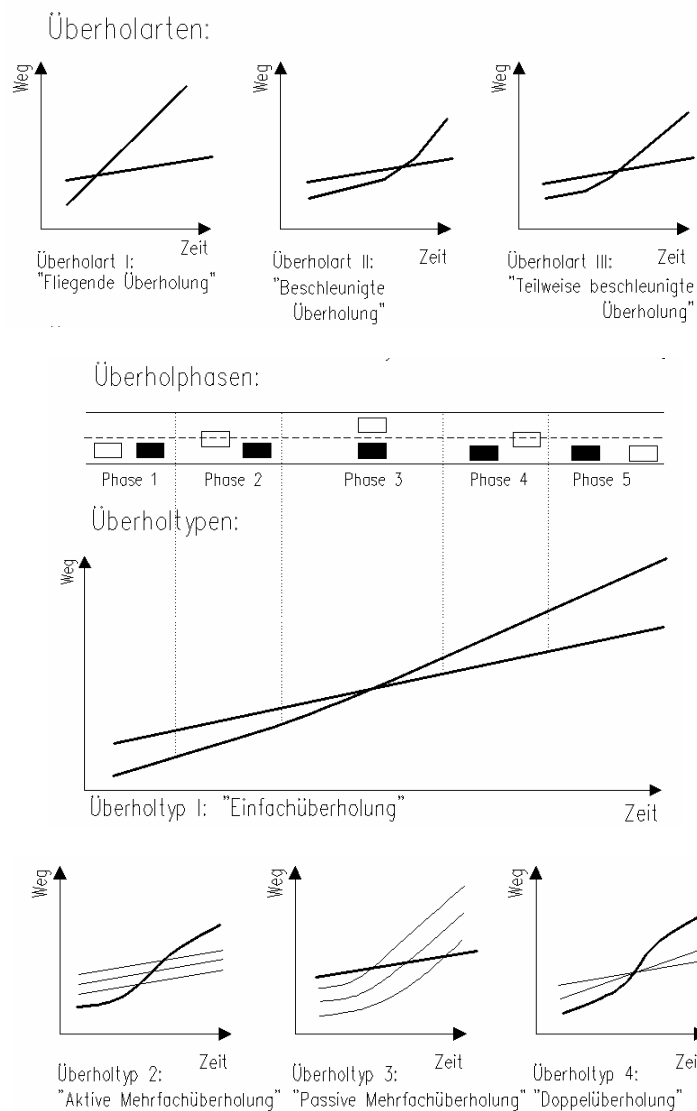
Ein einfaches Beispiel zur Anwendung des Diagramms soll zur Veranschaulichung dienen:

- Gegeben: maßgebende Verkehrsstärke 1 000 Kfz/(h\*Richtung)  
mittlerer SV-Anteil;
- I. 1 000 m – Länge des einstreifigen Abschnitts  $\Rightarrow$  Pulklänge von 6 Fahrzeugen
- II. 2 200 m – Länge des einstreifigen Abschnitts  $\Rightarrow$  Pulklänge von 14 Fahrzeugen

Dank seiner Untersuchungsergebnisse ist Roos [1989] im Stande, den Zusammenhang zwischen der Pulkbildung und der Länge eines einstreifigen Abschnitts zu beschreiben und zu quantifizieren. Im Fokus seiner Arbeit steht als nächstes die Ermittlung der erforderlichen Länge eines Überholabschnitts.

Der Hauptzweck des zweistreifigen Abschnitts ist die geregelte Überholmöglichkeit von langsamen Fahrzeugen. In diesem Bereich verläuft die Pulkauflösung. Zu deren Beschreibung entwickelt Roos [1989] ein Überholmodell für dreistreifige Straßen. Basierend auf schon bestehenden Überholmodellen werden Einflussgrößen, die einen Überholvorgang auf einer dreistreifigen Straße maßgeblich charakterisieren, bestimmt und eingesetzt.

Der Überholvorgang wird als Kreuzung von Zeit-Weg-Linien beschrieben. Alle Phasen während einer Überholung sind in der Abbildung 60 systematisiert.



**Abb. 60: Zeit – Weg – Diagramme der Überholarten und Überholtypen [Roos, 1989]**

Zum Realisieren einer Überholung sind einige Faktoren zu berücksichtigen:

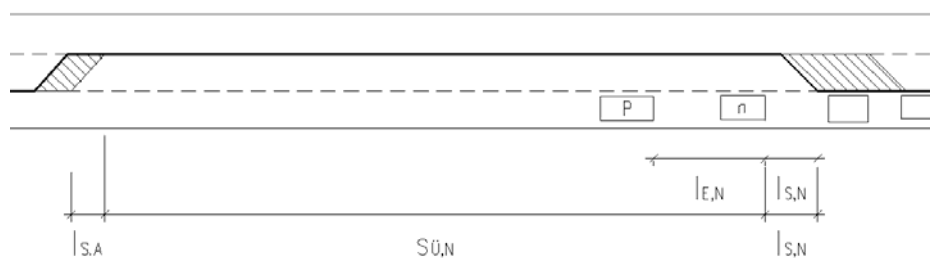
- die ausreichende Überholsichtweite
- die Verkehrsstärke in der Gegenrichtung
- psycho- physische Wahrnehmungsmöglichkeiten des Verkehrsteilnehmers

Bei einer dreistreifigen Straße mit der Betriebsform 2+1 ist für die Überholentscheidung die Verkehrsstärke der Gegenrichtung bedeutungslos. Der Einfluss der Sichtweite begrenzt sich bis zu der Gewährleistung einer ausreichenden Haltesichtweite. Durch die entsprechende Markierung und Beschilderung wird der Verkehrsteilnehmer noch frühzeitig auf den nächsten zweistreifigen Streckenabschnitt hingewiesen, wo er sicher ohne Beachtung des Gegenverkehrs überholen kann. Die Sicherheit während des Überholvorgangs verstärkt sich dank der ausreichenden Länge des zweistreifigen Abschnitts, worüber der Fahrer schon im Klaren ist. Der Überhol-

vorgang wird auch wegen der Tatsache erleichtert, dass vor allem die schwächer motorisierten Fahrzeuge überholt werden, die eine geringere Beschleunigung haben. Eine Konzentration des Fahrers wäre nur am Beginn des Überholabschnitts notwendig. Auf diese Weise reduziert man die eine Überholentscheidung beeinflussenden Faktoren auf Beurteilung der Differenzgeschwindigkeit zwischen dem schnelleren und dem langsamen Fahrzeug.

Roos [1989] bestimmt für die Bemessung der dreistreifigen Straßen den Überholtyp 3 „passive Mehrfachüberholung“ als maßgebende (Abb. 60). Die Länge eines zweistreifigen Streckenabschnitts  $l_{ZW,N}$  wird als eine Zusammensetzung aus drei Teilstrecken betrachtet:

- $l_{S,A}$  - Abstand zwischen dem Ende der unkritischen Sperrfläche und der Vorderkante des ersten Pulkfahrzeugs, wenn dieses mit dem Überholvorgang beginnt
- $s_{Ü,N}$  - Erforderlicher Überholweg für das n-te Pulkfahrzeug
- $l_{S,N}$  - Abstand zwischen der Vorderkante des n-ten Pulkfahrzeugs, wenn dieses den Überholvorgang beendet hat, und dem Beginn der kritischen Sperrfläche (Abb. 61) [Roos, 1989].



**Abb. 61: Ermittlung der Länge eines zweistreifigen Streckenquerschnitts [Roos, 1989]**

Die Werte dieser Größen werden einerseits dank Beobachtungen, andererseits in Abhängigkeit von mehreren Variablen abgeleitet. Es wird auch die Annahme getroffen, dass die Geschwindigkeit des Pulkführers während des Überholvorgangs konstant bleibt.

Zum Schluss gibt Roos die folgende Gleichung zur Bestimmung der Länge eines zweistreifigen Streckenabschnitts:

$$l_{ZW,N} = l_{S,A} + s_{Ü,N} + l_{S,N} \quad \text{Gleichung 2}$$

Der Abstand  $l_{S,A}$  ist unmittelbar mit dem Ausscherverhalten am Beginn des zweistreifigen Bereichs verbunden. Aufgrund der Videobeobachtungen wurde festgestellt, dass innerhalb der ersten 10 m nach der unkritischen Sperrfläche die meisten der ersten Pulkfahrzeuge ausschieren. Deshalb wurde  $l_{S,A}$  als konstante Größe festgelegt mit:  $l_{S,A} = 10m$

Der Überholweg  $s_{Ü,N}$  berücksichtigt den Aufholabstand  $l_{A,N}$ , den Einscherabstand am Ende der Überholung  $l_{E,N}$ , die Geschwindigkeit der Überholer  $V_N$ , die Geschwindigkeit des Pulkführers  $V_P$  und die Beschleunigung des Überholers  $b$ .

---

Die Aufholabstände  $I_{A,N}$  werden im Zusammenhang mit der Geschwindigkeit des Pulkführers  $V_P$  gesehen. Je schneller der Pulkführer fährt, desto größer werden die Aufholabstände. Sie werden in vier Geschwindigkeitsklassen der Pulkführer zwischen 50 km/h und 90 km/h ermittelt. Die Beschleunigungswerte des Überholers  $b$  werden auch in den einzelnen Geschwindigkeitsklassen angesehen (der 50 %- Wert) und weiter als konstant angenommen. Die Bemessungen für die Geschwindigkeit beim Überholen haben eine deutliche Überschreitung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit gezeigt. Deshalb wird als maßgebende Geschwindigkeit der Überholer  $V_N$  der Wert von 100 km/h bestimmt. Letztens soll auch der Einscherabstand definiert werden. Anhand einer ausführlichen Analyse der bereits bestehenden Betrachtungen des Überholvorgangs legt Roos einen konstanten Wert -  $I_{E,N} = 30 \text{ m}$  fest.

Die letzte Teilstrecke des Überholwegs nach Roos  $I_{S,N}$  wird aufgrund des in den Richtlinien genannten Sicherheitsabstands bis zur Sperrfläche bestimmt, d.h.  $I_{S,N} = 40 \text{ m}$ .

Nachdem alle Eingangsgrößen zur Ermittlung bestimmt werden, wird die Länge eines zweistreifigen Streckenabschnitts zur Auflösung von Pulks mit N Fahrzeugen berechnet. Roos [1989] schlägt Nomogramme vor, mit denen die Länge des Überholabschnitts in Abhängigkeit von der Pulklänge und der Geschwindigkeit des Pulkführers ermittelt werden kann.

Mit dem Pulkverhalten beschäftigt sich auch Bickelhaupt [1991] besonders unter der Berücksichtigung des Schwerverkehrs. Er begrenzt die Bruttozeitlücke für die im Pulk fahrenden Fahrzeuge auf 2 Sekunden. In diesem Forschungsprojekt wird auch die Verkehrsstärke als maßgebende Einflussgröße auf die Anzahl der Pulks definiert. Zwei lineare Zusammenhänge werden abgeleitet:

- Verkehrsstärke und Anzahl der Pulks
- Verkehrsstärke und Anzahl der Fahrzeuge in Pulks

Die Abhängigkeit zwischen den Eingangsgrößen wird bis zu einer gewissen Verkehrsstärke (ca. 700 Kfz/h) als proportional definiert.

Bickelhaupt [1991] stellt nur einen deutlichen Einfluss des Schwerverkehrs als Pulkführer auf das Pulkverhalten und keinen solchen auf die Anzahl der Pulks oder auf die Pulkgrößen fest. Mit zunehmendem SV-Anteil steigt auch der Anteil des Schwerverkehrs als Pulkführer an.

Ein weiterer Ansatz zur Beschreibung des Pulkverhaltens wird von Weber [2005] vorgeschlagen. Während sich die empirischen Untersuchungen von Roos [1989] auf Beobachtungen am Beginn von Überholabschnitten beschränken, werden im Forschungsprojekt von Weber die Anwesenheit von Knotenpunkten und die Vorlaufstrecken in Betracht gezogen. Eine Vorlaufstrecke definiert Weber als den einstreifigen Abschnitt vor einem Überholabschnitt, innerhalb oder außerhalb der 2+1-Strecke liegend. Zur Bemessung der einzelnen Abschnitte einer dreistreifigen Straße wird der 85 %-Wert genommen:

- bei günstigen Randbedingungen kann für Vorlaufstrecken, die zwischen 1 000 m und 1 200 m lang sind und bei denen der SV-Anteil unter 5 % liegt, die Pulklänge bestimmt werden, die von 85 % der Pulks unterschritten wird.
- Der erforderliche Weg zur Pulkauflösung erfolgt mittels des Wertes, der von 85 % aller Pulks einer bestimmten Länge zur Auflösung benötigt wird.

Dieses Verfahren wird als praxisorientiert bezeichnet, der Vorteil besteht darin, dass keine Kenntnisse der Geschwindigkeiten für Pulkführer und überholende Fahrzeuge notwendig sind (sh. S. 71).

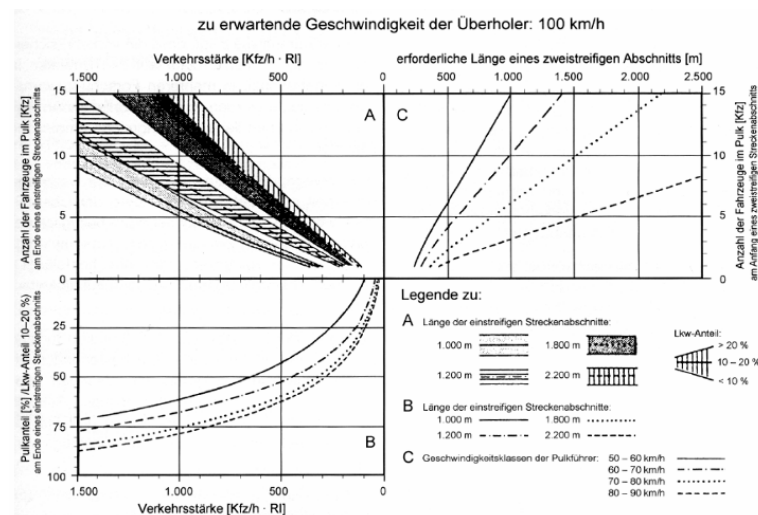
### - **Ansätze zu Längenbemessungsverfahren**

Die in unterschiedlichen Forschungsprojekten abgeleiteten Verfahren zur Bestimmung der Längen der ein- und zweistreifigen Abschnitte auf den 2+1-Straßen beruhen auf Beobachtungen und Untersuchungsergebnissen auf von dem entsprechenden Autor ausgewählten Strecken.

Roos [1989] betrachtet zwei Bundesstraßen charakterisiert durch eine Reihe von Gemeinsamkeiten bezogen auf die Trassierungselemente, auf die Linienführung und auf die Verkehrszusammensetzung. Davon ausgehend könnte sein Bemessungsverfahren eine gute Anwendung bei der Einrichtung einer dreistreifigen Betriebsform auf ähnlichen Strecken finden. Kommt aber eine geschwungene Linienführung in Frage, die auf einer geringen Entwurfsgeschwindigkeit basiert, sollen einige Kriterien und Eingangsgrößen verändert werden. Der komplizierte Zusammenhang zwischen den das Pulkverhalten beschreibenden Faktoren wird in Form von Nomogramme dargestellt (Abb. 62). Die Pulkbildung wird bei Strecken mit unterschiedlicher Streckencharakteristik als gleich ausgeprägt angenommen. Die Nomogramme unterscheiden sich nur in dem Teil, der die Pulklösung beschreibt.

Eingangsgrößen:

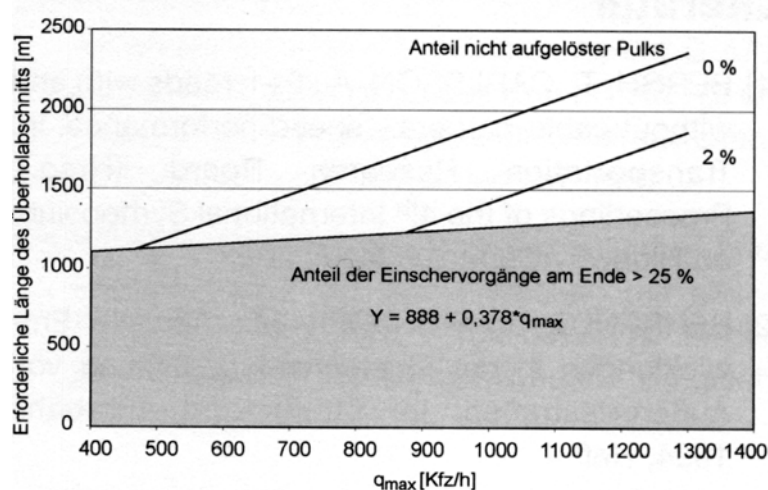
- maßgebende Verkehrsstärke – DTV (bei Neubau soll die erwartende Verkehrsbelastung bestimmt werden), die richtungsbezogene Verkehrsstärke
- maßgebender SV-Anteil – bei Neubau aufgrund zu erwartenden Verkehrsaufkommens geschätzt werden, Bestimmen des Anteils nach den geregelten SV-Anteilklassen
- zu erwartende Geschwindigkeit der Überholer
- zu erwartende Geschwindigkeit der Pulkführer



**Abb. 62: Nomogramm zur Abschätzung der erforderlichen Längen eines Überholabschnitts von 2+1-Strecken für eine zu erwartende Geschwindigkeit der Überholer von 100 km/h [Roos, 1989]**

Weber [2005] entwickelt ein praxisorientiertes Verfahren zur Ermittlung der erforderlichen Länge eines Überholabschnitts durch die Festlegung eines Qualitätsmaßstabs für den Anteil an nicht aufgelösten Pulks (Abb. 63). Die einzige Ausgangsinformation für die Verkehrsplaner ist die zu erwartende Verkehrsstärke, wobei ein Anspruchsniveau für den Anteil an nicht aufgelösten Pulks definiert wird.

Dieses Verfahren enthält einen möglichen Ansatz für die Festlegung einer minimalen Abschnittslänge. Dieser Ansatz basiert auf der Anzahl von Sperrflächenüberfahrten und dem Anteil an Einschervorgängen auf den letzten 200 m eines Überholabschnitts bezogen auf die Anzahl aller Überholvorgänge [Weber, 2005].



**Abb. 63: Ermittlung der erforderlichen Länge von Überholabschnitten [Weber, 2005]**

Ein speziell für die Strecken mit 2+1-Verkehrsführung entwickeltes Programm LASI2+1 veranschaulicht durch Simulation den Verkehrsablauf auf diesen Strecken [Brannolte, Baselau und Dong, 2004]. LASI2+1 basiert auf Modellen mit dem Ziel der Simulation des Verkehrsablaufs auf Richtungsfahrbahnen bzw. auf Landstraßen, die innerhalb von unterschiedlichen Forschungsprojekten entwickelt wurden. LASI2+1 stellt damit den aktuellen Stand der Technik auf dem Gebiet der mikroskopischen Verkehrsflusssimulation dar. Die Erhebungen des Verkehrsablaufs an insgesamt sechs Landstraßen bezogen auf Reisegeschwindigkeit und lokale Parameter wiesen eine individuelle Darstellung der Strecken auf. Dies ist auf die Vielzahl der Kombinationsmöglichkeiten der Trassierungsparameter zurückzuführen. Die zügige Trassierung im Lageplan war die allgemeine Charakteristik der Strecken, womit der Einfluss der Kurvigkeit bei der Untersuchung ausgeschlossen wurde. Das Modell LASI2+1 ermöglicht die hinreichend genaue Vorgabe der zu untersuchenden Strecken durch Eingabe der Trassierungsparameter aus Lage- und Höheplan. Als Ergebnis werden Wertepaare geliefert, die sich aus Verkehrsstärken [Kfz/h] und den erreichbaren Pkw-Reisegeschwindigkeiten [km/h] zusammensetzen. Es wurden q-v-Diagramme getrennt für ein- und zweistreifige Abschnitte hergeleitet. Längsneigung und SV-Anteile wurden direkt in Diagrammen berücksichtigt, wobei der Einfluss der Längen der Teilabschnitte und deren Anzahl durch Korrekturfaktoren berücksichtigt wurden. Das Modell LASI2+1 ermöglicht eine Nachweisführung der Verkehrsqualität über umfangreiche Ein- und Ausgaberouten direkt durch Simulation, wobei als Resultat genaue Daten zu registrieren sind.

---

## 4.2.3 Untersuchungen zur Verkehrssicherheit

### 4.2.3.1 Allgemeines

Die Verkehrssicherheit ist eines der wichtigsten Kriterien bei der Beurteilung von Straßen und für die Anwendung des Zwischenquerschnittstyps 2+1 von besonderer Bedeutung. Die Verkehrssicherheit von Straßen bei richtliniengerechtem Ausbau hängt im starken Maße von der Querschnittsgestaltung ab. Weitere wichtige Einflüsse folgen aus der Knotenpunktgestaltung und der Verkehrsstärke. Die Einflüsse der Linienführung auf die Verkehrssicherheit sind insbesondere bei einer Relationstrassierung von geringerer Bedeutung. Die Verkehrssicherheit wird durch Zahl und Schwere der Straßenverkehrsunfälle, bezogen auf die Fahrleistung, beschrieben [RAS-Q, 1996]. Das passiert durch die Auswertung der Durchschriften aller Verkehrsunfallanzeigen eines bestimmten Zeitraums.

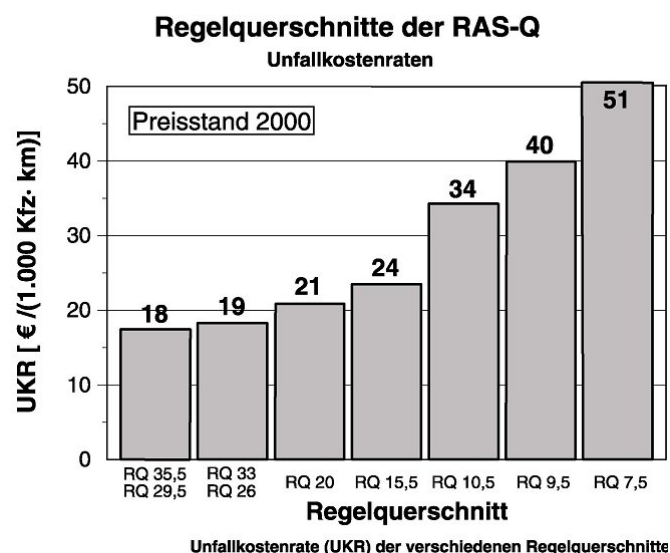
In der vorliegenden Diplomarbeit werden dieselben Bezeichnungen zu den Unfallangaben wie in den deutschen Untersuchungen benutzt [Bickelhaupt, 1991]:

- **Unfallfolgen** – Erfassen durch Anzahl der Getöteten, Schwerverletzten, Leichtverletzten und durch Höhe des Gesamtschadens gemäß der polizeilichen Abschätzung.
- **Unfallkategorie** – 4 Gruppen sind zu unterscheiden:
  1. **SP** – Unfall mit schwerem Personenschaden (Unfall mit Schwerverletzten oder mit Getöteten als schwerste Unfallfolge)
  2. **LP** – Unfall mit leichtem Personenschaden (Unfall mit Leichtverletzten als schwerste Unfallfolge)
  3. **SS** – Unfall mit schwerem Sachschaden
  4. **LS** – Unfall mit leichtem Sachschaden

Bei den Unfallkategorien SS und LS sind keine Personenschäden vorhanden. Die Grenze zwischen den beiden Kategorien besteht in der Überschreitung eines Geldbetrags bei der Abschätzung des Sachschadens.
- **Unfalltyp** – bezeichnet die Konfliktsituation, woraus der Unfall entstanden ist:
  1. **Typ 1** – Fahr Unfall
  2. **Typ 2** – Abbiege – Unfall
  3. **Typ 3** – Einbiegen/Kreuzen – Unfall
  4. **Typ 4** – Überschreiten – Unfall (Unfall zwischen einem Fahrzeug und einem Fußgänger auf der Fahrbahn)
  5. **Typ 5** – Unfall durch ruhenden Verkehr
  6. **Typ 6** – Unfall im Längsverkehr
  7. **Typ 7** – sonstiger Unfall
- **Lichtverhältnisse** – Helligkeit, Dämmerung, Dunkelheit

- **Straßenzustand** – trocken, nass, winterglatt
- **Fahrtrichtung, Station** – 5 charakteristische Bereiche werden definiert:
  1. **Kleine Sperrfläche** – Übergang vom einstreifigen in den zweistreifigen Abschnitt; Länge 100 m, wobei 50 m vor und hinter der Sperrflächenmitte.
  2. **Große Sperrfläche** – Übergang vom zweistreifigen in den einstreifigen Abschnitt; Länge 300 m, wobei 200 m vor und 100 m hinter der Sperrflächenmitte.
  3. **Knotenpunktbereich** – bei plangleichen Knoten: 100 m vor und hinter der Einmündung der untergeordneten Straße; bei planfreien Knoten – Länge des Einfahrbereiches.
  4. **Einstreifiger Abschnitt** – zwischen den oben genannten Sperrflächen- bzw. Knotenpunktbereichen liegend.
  5. **Überholabschnitt** – zwischen den oben genannten Sperrflächen- bzw. Knotenpunktbereichen liegend.
- **Art der Unfallbeteiligten** – Unterscheidung zwischen Personenkraftwagen (Pkw) und Fahrzeugen des Schwerverkehrs (SV).

Zahl und Schwere von Straßenverkehrsunfällen werden durch die volkswirtschaftlichen Verluste – die Unfallkosten – gemessen. Da mit zunehmender Länge eines Straßenabschnitts und mit zunehmender Verkehrsstärke die Unfallkosten ansteigen, dient als Maß zur Beurteilung der Verkehrssicherheit die Unfallkostenrate (UKR [€/1000 Kfz·km]) [RAS-Q, 1996]. Die mittleren Unfallkostenraten UKR für Streckenabschnitte mit Regelquerschnitten gemäß RAS-Q, 1996, sind in Abbildung 64 zu sehen. Die Beiträge aus Abbiege – und Einbiegen-Kreuzen-Unfällen (AB und EK) sind dabei nicht zu beachten. Diese für die Knotenpunkte typischen Unfälle hängen im Wesentlichen von der Gestaltung des Knotens und der Verkehrsregelung ab.



**Abb. 64: Unfallkostenrate (UKR) der verschiedenen Regelquerschnitte (Preisstand 2000) gemäß RAS-Q (Anm.: 2+1-Querschnitt = RQ 15,5) [modifiziert von Höretseder, 2007]**

Bickelhaupt [1991] benutzt für die Bewertung der Verkehrssicherheit auf jeder einzelnen Strecke die relativen Unfallkenngrößen:

- Unfallrate –

$$UR = \frac{10^6 \cdot U}{365 \cdot DTV \cdot L \cdot T} \quad [\text{Unfälle}/10^6 \text{Kfz} \cdot \text{km}] \quad \text{Gleichung 3}$$

- Unfallkostenrate –

$$UKR = \frac{10^3 \cdot S}{365 \cdot DTV \cdot L \cdot T} \quad [€ / 10^3 \text{Kfz} \cdot \text{km}] \quad \text{Gleichung 4}$$

Hierbei bedeuten:

U – Anzahl der Unfälle im Untersuchungszeitraum [-]

DTV – Durchschnittlicher täglicher Verkehr im Untersuchungszeitraum [Kfz/24h]

L – Länge des Untersuchungsabschnitts [km]

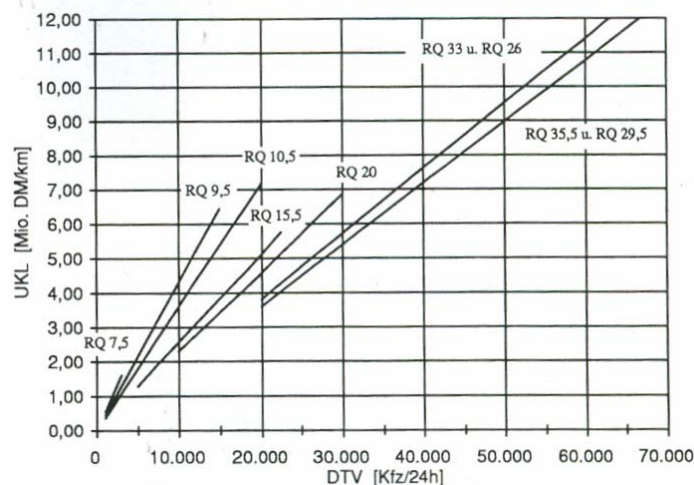
T – Dauer des Untersuchungszeitraums in Jahren [a]

S – Summe der monetär quantifizierten Unfallfolgen [€]

Aus den Unfallkostenraten UKR und der Prognosenbelastung DTV einer Straße lassen sich die jährlichen längenbezogenen Unfallkosten (Unfallkostendichten) UKD berechnen [RAS-Q, 1996]:

$$UKD = 365 \cdot 10^{-6} \cdot UKR(RQ) \cdot DTV \quad [1000 \text{ €} / (\text{km} \cdot \text{a})] \quad \text{Gleichung 6}$$

Abbildung 65 zeigt mittleren längenbezogenen Unfallkosten UKL in Abhängigkeit vom DTV für jeden Regelquerschnitt.



**Abb. 65: Barwerte der längenbezogenen Unfallkosten UKL der verschiedenen Regelquerschnitte in Abhängigkeit des DTV für Streckenabschnitte**  
 (Preisstand 1995, Angaben in DM)  
 (Anm.: 2+1-Querschnitt = RQ 15,5)  
 [RAS-Q, 1996]

---

#### **4.2.3.2 Verkehrssicherheit auf Strecken mit 2+1-Verkehrsführung**

##### **- Allgemeiner Überblick**

Die Verkehrssicherheit auf den 2+1-Strecken wird auf Grund von Unfallanalysen und Unfallkennziffern – Unfalldichte, Unfallrate, Unfallkostenrate – beurteilt.

Ausgehend von der Hauptidee der 2+1-Querschnitte mit alternierenden ein- und zweistreifigen Abschnitten wurden als gefährlich der Übergang von zwei auf einen Fahrstreifen und die Missachtung des Überholverbotes im einstreifigen Abschnitt angesehen. Vertiefende Untersuchungen in dieser Richtung hatten als Ergebnis eine erhebliche Anzahl von Sperrflächenüberfahrten, wobei von manchen Fahrern sogar die gesamte Sperrfläche überfahren wurde. Die Mehrzahl der Überfahrten fand häufiger am Anfang als am Ende der Sperrfläche statt. Zum Glück wurde in dem Überfahren der Sperrfläche keine kritische Annäherung an den entgegenkommenden Verkehr festgestellt, weil die riskanten Überholmanöver nur bei fehlendem Gegenverkehr unternommen wurden [Hartkopf 1987, Bickelhaupt 1991].

Die Sperrflächenüberfahrten sind zum Großteil auf die Art der Ausführung der Sperrfläche zurückzuführen. Durch die lange Verziehung wird offensichtlich die Vorstellung auf einen fließenden Übergang vom zweistreifigen in den einstreifigen Abschnitt vermittelt. Dieser Wahrnehmung gegenüber steht die optische Barrierenwirkung einer kurzen Verziehung der Sperrfläche. Einen weiteren Einfluss üben die Trassierungselemente auf Sperrflächenüberfahrten aus – die Sperrflächenüberfahrten treten in derjenigen Fahrtrichtung, für welche die Sperrfläche in einem Linksbogen liegt, mehr als doppelt so häufig auf als in der Gegenrichtung. Diese Erscheinung erklärt sich durch die weitgehend freie Sicht auf den Gegenverkehr bei einem Linksbogen, die bei einem Rechtsbogen von dem zu überholenden Fahrzeug behindert wird [Bickelhaupt 1991].

Im Rahmen einer Untersuchung in Dänemark auf drei 2+1-Straßen werden die Sperrflächenüberfahrten als prozentuelle Werte registriert. 2 % bis 6 % der Fahrer überholen in den letzten 100 m des Überholstreifens. Eine Zunahme der Verkehrsstärke könnte dabei zur Erhöhung der Anzahl von diesen gefährlichen Manövern führen. Auf den beiden Strecken mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 80 km/h ist der prozentuelle Anteil der Sperrflächenüberfahrten doppelt so groß wie auf der Strecke mit 90 km/h zulässiger Höchstgeschwindigkeit. Eine andere Ursache dafür ist die Länge des Überholstreifens. Während auf den ersten zwei Strecken die Mindestlänge der Überholstreifen 400 m ist, beträgt die minimale Länge der zweistreifigen Abschnitte auf der dritten Strecke 900 m. Bei Spitzenwerten der Verkehrsstärke sind die Fahrzeuge im Überholstreifen gezwungen zu stoppen und auf eine Einschermöglichkeit zu warten [NCHRP, 2003].

Beim Entwurf der kritischen Wechselbereiche soll auf eine Anordnung in einem übersichtlichen Streckenabschnitt geachtet werden, damit der Fahrer schon frühzeitig das Ende des Überholabschnitts erkennen kann. Zur Erhöhung der Sicherheit dienen in diesen Bereichen die sorgfältige Beschilderung und die verbesserte optische Spürführung (Markierung von Pfeilen). Trotz dieser Maßnahmen treten regelwidrige Sperrflächenüberfahrten am Ende des zweistreifigen Abschnitts auf, wobei die Sperrfläche nur angeschnitten und nicht mit der vollen Fahrzeugbreite überfahren wird. Bei diesen Überholmanövern zählt die Hälfte der Überholten zum Schwerverkehr [Bickelhaupt, 1991]. Es wird beobachtet, dass die Fahrzeugführer mit niedriger Geschwindigkeit auf den Sperrflächen fahren, bis ihnen die Gelegenheit zum Wiedereinordnen nach rechts eingeräumt wird. Ein Vorschlag zur Verhinderung von Sperrflächenüberfahrten bis zum

---

Ende ist die Verwendung von Leitschwellen und – baken auf der Sperrfläche, wodurch die Sperrfläche im schwersten Fall nur noch bis zur Mitte ausgenutzt wird.

Regelwidrige Überholungen im einstreifigen Abschnitt werden in Deutschland auch registriert. Das Überholverbot wird hauptsächlich von Zweiradkraftfahrer missachtet, in Fällen, wenn in der zweistreifigen Gegenrichtung nicht überholt wird und kein Verkehr entgegen kommt. Sie haben aber auf Grund ihrer Abmessungen die Möglichkeit, den eigenen Fahrstreifen teilweise noch mitzubenutzen [Bickelhaupt, 1991].

Eine bauliche Mitteltrennung wäre eine gute Lösung gegen regelwidrige Überholungen. Kabelbarrieren finden bereits eine Anwendung in Schweden und Irland. SNRA empfiehlt sogar bei Umbau von bestehenden Straßen eine Anordnung der Kabelbarriere an der Außenseite der Straße (Abb. 66).



**Abb. 66: Beispiel zur Anordnung der Kabelbarriere in einer Waldregion  
[Bergh, Carlsson und Moberg, 2004]**

In einem Abstand von 3 bis 5 km sind Öffnungen in der Kabelbarriere vorgesehen. Sie werden von den Fahrzeugen im dringenden Fällen zum Umkehren („U - turns“) verwendet.

Zur Erhöhung der Verkehrssicherheit und zur Verbesserung der Verkehrsqualität strebt man auch nach Minimierung der Pulkfahrten, die sich durch langsam fahrende Fahrzeuge und ungenügende Überholmöglichkeiten bilden. Die bereits entstandenen Pults sollen so schnell wie möglich wieder aufgelöst werden.

Ein höheres Geschwindigkeitsniveau erweist sich als typisch für die 2+1-Betriebsform. Der dritte Fahrstreifen verbessert die Überholssituation im Vergleich zum normalbreiten Querschnitt, wo ein sicheres Überholen nur bei ausreichenden Überholssichtweiten und Lücken im Gegenverkehr möglich ist. Was noch als augenfällig für die 2+1-Straßen definiert werden kann, sind die unterschiedlichen Geschwindigkeiten auf den Richtungs-fahrstreifen. Eine starke Abhängigkeit existiert zwischen mittleren Pkw-Geschwindigkeiten im einstreifigen Abschnitt, der Richtungsverkehrsstärke und dem Schwerverkehrsanteil. Nimmt der Anteil der Richtungsverkehrsstärke zu, dann nähern sich die mittleren Pkw- und SV-Geschwindigkeiten an. Ein hoher Schwerverkehrsanteil hat auch als Folge auf den Einzelfahrstreifen kritische Zeitlücken von wenigen als 0,5 s. Ein dichtes Auffahren nachfolgender Fahrzeuge tritt auf, wobei die mittleren Geschwindigkeiten auf diesem Fahrstreifen deutlich unterhalb der zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 100 km/h liegen. Im zweistreifigen Abschnitt wird wesentlich schneller gefahren: mehr als 40 % der Pkw-Fahrer fahren schneller als die gesetzlich vorgeschriebenen 100 km/h, ihr Anteil wächst auf dem Überholstreifen auf 60 % an.

---

Hier weisen die Richtungsverkehrsstärke und der SV-Anteil keinen Einfluss auf [Bickelhaupt, 1991]. Die Überschreitung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit verstärkt sich noch durch eine zügige Trassierung. Eine Erklärung dafür wäre, dass Kraftfahrer auf das straßenseitige Angebot von zwei nebeneinanderliegenden Fahrstreifen mit einem autobahnähnlichen Fahrverhalten reagieren [Hartkopf, 1987]. Eine Reduzierung bzw. Vermeidung von Geschwindigkeitsspitzen kann bei Neubaumaßnahmen dadurch erreicht werden, dass beim Entwurf die Einflussgröße Kurvigkeit erhöht wird. Bei einer größeren Kurvigkeit der Strecke nimmt gleichzeitig die Geschwindigkeit  $V_{85}$  ab. Roos [1989] findet diese Lösung für den Querschnitt der Form 2+1 empfehlenswert. Bickelhaupt [1991] stellt sich gegen eine zügige Trassierung von 2+1-Strecken wegen der negativen Auswirkungen des hohen Geschwindigkeitsniveaus auf das Unfallgeschehen der entsprechenden Strecke.

Eine besondere Betrachtung von Unfällen (sogenannte 2+1-Unfälle), die ursächlich auf die dreistreifige Verkehrsführung zurückgeführt werden können, ist in dem Forschungsprojekt von Weber und Löhe [2003] zu finden.

Nachfolgend werden die Ergebnisse der genannten Untersuchungen kurz zusammengefasst.

#### **- *Unfallanalyse nach Unfallangaben und Unfallkennzahlen***

Die Grundlagen von allen Forschungsarbeiten sind die polizeilich registrierten Unfälle und die polizeilich geschätzten Sachschäden. Sie dienen als Basis für alle Auswertungen in den verschiedenen Untersuchungen.

Die österreichischen Erfahrungen zu Auswirkungen von Straßen mit 2+1-Querschnitten auf die Verkehrssicherheit beruhen auf der Analyse des Unfallgeschehens der B303 Walddörfer Straße, die schon im Kapitel 4.2.2.2 beschrieben wurde.

Unter Berücksichtigung eines Vorher- und Nachher – Zeitraums von fünf Jahren wurden bezüglich des Unfallgeschehens manche Veränderungen festgestellt (Tab. 8).

Die Anzahl der Unfälle mit Personenschaden ist um 37 % zurückgegangen, die der verunglückten Personen um 45 %. Bei den tödlich verunglückten Personen hat sich die Zahl im Nachher – Zeitraum um 2 Getötete gegenüber dem Vorher – Zeitraum erhöht. Bei den Schwerverletzten und unbestimmten Grades Verletzten ist ein Rückgang von 57 % zu verzeichnen.

Betrachtet man die Unfallrate im Nachher – Zeitraum, so ergibt sich ein Wert von 0,19 Unfällen mit Personenschaden pro Million Kfz-km. Es liegt damit die Unfallrate im Streckenabschnitt mit 2+1-Markierung um ein Drittel unter dem Wert vor der Ummarkierung. Erwähnenswert ist auch, dass trotz der Zunahme der Zahl der Getöteten die volkswirtschaftlichen Unfallfolgekosten nahezu unverändert geblieben sind [Höretseder, 2007].

**Tabelle 8: Unfallgeschehen des 10 km langen Abschnitts der B 303 vor und nach der Ummarkierung von einem überbreiten zweistreifigen in einen 2+1-Querschnitt [Höretseder, 2007]**

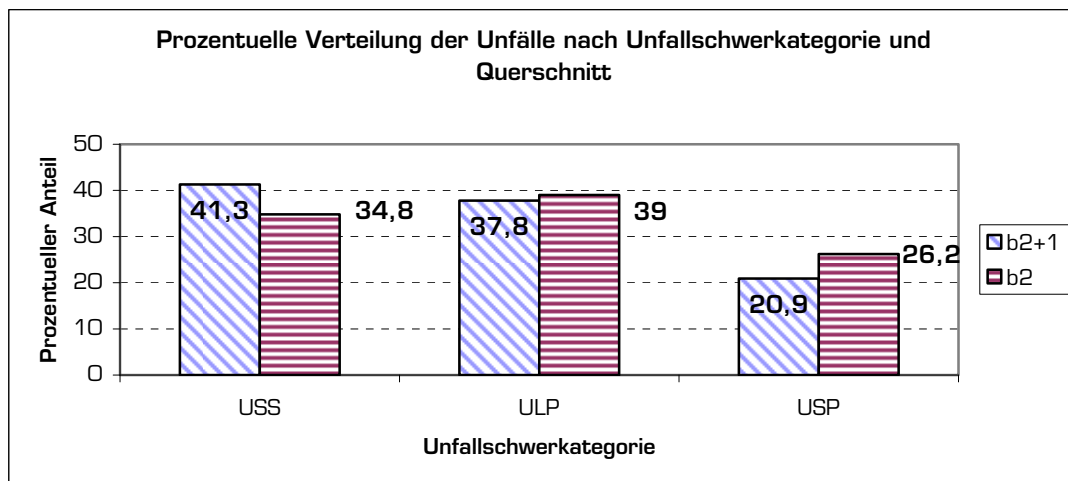
| Je 5 Jahre - 10 km                                          | Überbreiter zwei-<br>streifiger Querschnitt | 2+1-Querschnitt                 | Differenz                           |
|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|
| Unfälle mit Personenschaden<br>(UPS)                        | 62<br>1,2/km,Jahr                           | 39<br>0,8/km,Jahr               | - 37 %                              |
| Unfallrate [UPS/Mio.Kfz-km]                                 | 0,3                                         | 0,19                            | - 36 %                              |
| Alleinunfälle                                               | 21                                          | 15                              | - 29 %                              |
| Unfälle im Richtungsverkehr                                 | 10                                          | 8                               | - 20 %                              |
| Unfälle im Begegnungsverkehr                                | 21                                          | 12                              | - 43 %                              |
| Verunglückte Personen                                       | 130                                         | 72                              | - 45 %                              |
|                                                             | 10 tot                                      | 12 tot                          | + 20 %                              |
|                                                             | 67 svl+unbest.                              | 29 svl.+unbest.                 | - 57 %                              |
|                                                             | 53 lvl.                                     | 31 lvl.                         | - 42 %                              |
| Unfallkosten verunglückter<br>Personen<br>(Preisbasis 2003) | 13,36 Mio €<br>265,00 €/Jahr,km             | 13,22 Mio €<br>262,00 €/Jahr,km | - 1,1 %<br>trotz 2 Tote mehr<br>(!) |

svl ..... schwer verletzt

lvl ..... leicht verletzt

unbest ..... unbestimmten Grades verletzt

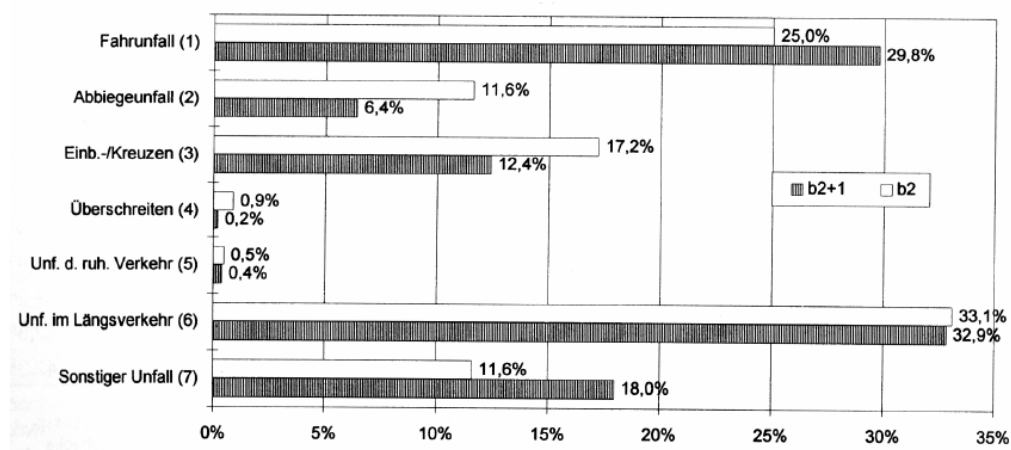
In Deutschland sind viele Studien bezogen auf die Verkehrssicherheit auf den 2+1-Straßen durchgeführt. Das Ziel eines Forschungsprojekts von Palm und Schmidt [1999] ist genau die detaillierte Untersuchung der Auswirkung unterschiedlicher Querschnittsbreiten zweistreifiger Straßen auf die Verkehrssicherheit. Straßen mit 2+1-Querschnitten wurden auch in die Untersuchung einbezogen. Im Fokus steht die Analyse des Sicherheitsniveaus auf den 2+1- und b2-Strecken (b2-Querschnitt - zweistreifiger Querschnitt mit einer Kronenbreite von 12,00 m). Zunächst machen die Straßen mit 2+1-Querschnitten einen positiven Eindruck hinsichtlich der Verteilung der prozentuellen Anteile nach Schweregraden bei 2+1- und b2- Querschnitten. Der Anteil der schweren Personenschadenunfälle ist um 5 Prozentpunkte geringer. Allerdings ist der Anteil der schweren Sachschadensunfälle auf 2+1-Querschnitten größer (Abb. 67).



**Abb. 67: Unfallanalyse auf den Untersuchungsstrecken: prozentuelle Verteilung der Unfälle nach Unfallschwerkategorie und Querschnitt [Palm und Schmidt, 1999]**

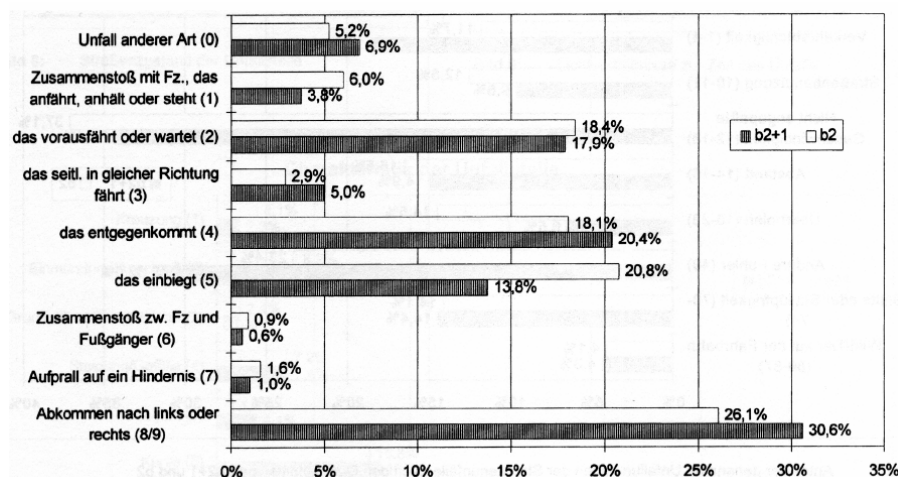
Bei der Analyse der Unfalltypen weisen die Fahrunfälle und die Unfälle im Längsverkehr den größten Anteil bei beiden Arten von Querschnitten auf. Der Anteil der Fahrunfälle auf 2+1- Strecken ist höher als jener auf den b2- Strecken. Die höhere Ausbaupqualität der 2+1-Strecken mit einer geringeren Anzahl an plangleichen Knotenpunkten spiegelt sich wieder. Im Vergleich zu den b2- Querschnitten ist der Anteil der „Abbiege“ – und „Einbiegen/Kreuzen“ – Unfälle wesentlich geringer. Eine Abnahme der Unfälle mit Gegenverkehr auf 2+1-Querschnitten wird auch festgestellt (Abb. 68).

Überholunfälle werden als Teil der Unfälle im Längsverkehr betrachtet. Es wurde registriert, dass diese Unfälle auf den dreistreifigen Straßen öfter als auf den zweistreifigen auftraten. Dies bedeutet nicht, dass die Überholvorgänge an 2+1-Straßen gefährlicher sind. Die Summe der Überholvorgänge ist dort wesentlich höher bzw. der Anteil der Überholungen mit Unfallfolgen deutlich geringer.



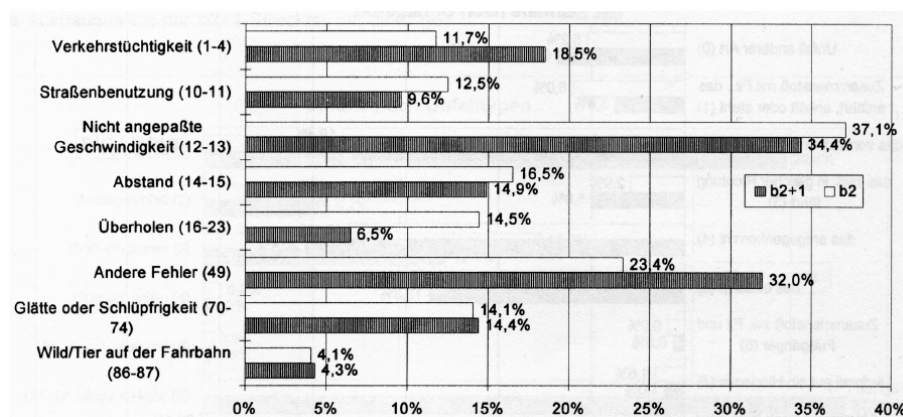
**Abb. 68: Unfallanalyse auf den Untersuchungsstrecken: Verteilung der insgesamt 393 Unfälle auf dreistreifigen (2+1) und zweistreifigen (b2) Querschnitten nach Unfalltypen [Palm und Schmidt, 1999]**

Der Kollision – und Unfallvorgang wird durch die Unfallart (Abb. 69) definiert und ist in 9 Merkmale gegliedert. Die Unfallarten „Abkommen von der Fahrbahn“ (Unfallart 8/9) und „Zusammenstoß mit einem Fahrzeug, das entgegenkommt“ (Unfallart 4) kommen bei 2+1-Querschnitten häufiger vor als bei b2-Querschnitten. Jedoch berücksichtigen diese Unfallarten auch Knotenpunkturnfälle.



**Abb. 69: Unfallanalyse auf den Untersuchungsstrecken: Unfallarten der insgesamt 393 Unfälle auf dreistreifigen (2+1) und zweistreifigen (b2) Querschnitten [Palm und Schmidt, 1999]**

Palm und Schmidt [1999] analysieren noch die Unfallursachen (Abb. 70). Dabei zeigt sich die „Nicht angepasste Geschwindigkeit“ beim Querschnittstyp 2+1 als die häufigste Ursache, genauso wie bei b2- Strecken, aber mit einem leicht höheren Anteil. Als weitere Unfallursachen werden „Andere Fehler beim Fahrzeugführer“, „Verkehrstüchtigkeit“ (z. B. Alkohol) und „Abstand“ für die beiden Querschnittstypen erwähnt. Die Ursache „Überholen“ (unzulässig oder trotz Gegenverkehr) ist auf 2+1-Querschnitten nur mit einem kleineren Anteil vertreten (ca. 7 %) und halb so oft genannt wie bei den b2- Straßen (ca. 15%). Diese Tatsache erklärt sich mit der geordneten Überholmöglichkeit auf den 2+1-Straßen.



**Abb. 70: Unfallanalyse auf den Untersuchungsstrecken: Genannte Unfallursachen der insgesamt 393 Unfälle auf dreistreifigen (2+1) und zweistreifigen (b2) Querschnitten [Palm und Schmidt, 1999]**

---

Andere Unfallangaben, wie Straßenzustand und Lichtverhältnisse, werden unter dem Begriff sonstige Einflussgrößen zusammengefasst. Bei der Unfallverteilung im Hinblick auf den Fahrbahnzustand sind auf den beiden Betriebsformen keine besondere Unterschiede zu sehen. Mehr als die Hälfte der Unfälle sind beim trockenen Straßenzustand registriert. Bei den Lichtverhältnissen zur Zeit des Unfalls ist dagegen ein Unterschied feststellbar. Während sich auf 2+1- Querschnitten bei Tageslicht 59 % aller Unfälle ereigneten und 34 % bei Dunkelheit, ist der Anteil der Unfälle tagsüber auf b2- Querschnitten mit 53 % um 6 Prozentpunkte geringer und dementsprechend bei Dunkelheit um 6 Prozentpunkte höher. Die verhältnismäßig geringere Unfallhäufigkeit bei Dunkelheit auf 2+1-Strecken ist mit dem zügigeren Streckenverlauf und der höheren Ausbaugqualität auf dreistreifigen Straßen zu erklären [Palm und Schmidt, 1999].

Die weitere Analyse der Unfallkenngrößen hat gezeigt, dass die Unfallrate, die Unfallkostenrate und die durchschnittlichen Unfallkosten sowohl bei den Streckenunfällen als auch bei allen Unfällen auf b2- Querschnitten höher als auf den 2+1-Querschnitten sind. Besonders die Unfallkostenraten liegen dabei deutlich über dem Niveau der 2+1-Straßen. Auf den dreistreifigen Abschnitten liegt die Unfallschwere nur knapp unter der von zweistreifigen Straßen. Die Unfälle mit schwerem Personenschaden treten auf den 2+1-Querschnitten zwar seltener auf, sind aber auf Grund der höheren Streckengeschwindigkeiten schwerer. Auf den dreistreifigen Strecken wurde mit zunehmender Verkehrsstärke ein Abnehmen der Überholunfälle festgestellt. Auf b2- Querschnitten verhält es sich umgekehrt. Eine besondere Schwere der Überholunfälle ist auf den beiden Querschnittstypen festzustellen.

Insgesamt konnte zwischen dem Anteil der Überholunfälle und der Verkehrsstärke kein eindeutiger Zusammenhang beobachtet werden. Weiters ließ sich keine Abhängigkeit der Unfallrate von der Verkehrsstärke ableiten. Bei den für 2+1-Querschnitte typischen Verkehrsstärken ( $DTV \geq 12\,500$  Kfz/24h) zeigte der dreistreifige Querschnitt eindeutig günstigere Werte bei den Unfallkenngrößen.

Auf Grund der durchgeführten Studie der Unfalldaten von Palm und Schmidt [1999] lässt sich ableiten, dass sich der Querschnittstyp 2+1 als sicherer im Vergleich zum b2- Querschnitt erweist. Diese Behauptung gilt vor allem für höhere Verkehrsstärken. Palm und Schmidt [1999] nehmen aber wegen der Streuung der erhobenen Unfallkennwerte keine abschließende Bewertung des 2+1- Querschnitts vor. Sie sehen einen weiteren Forschungsbedarf zum Überholverhalten der Fahrer, besonders im Hinblick auf die Anzahl der Überholvorgänge und die dabei erzielten Geschwindigkeiten auf b2- und 2+1-Strecken bei gleicher Verkehrsstärke.

Die Verkehrssicherheit war auch ein wichtiger Punkt bei der Untersuchung von sechs 2+1-Strecken im Rahmen des deutschen Projekts über die Einsatzmöglichkeiten der Zwischenquerschnitte. Hier wurden auch größere Sicherheitsvorteile gegenüber den anderen einbahnigen Zwischenquerschnitten festgestellt [Brannolte, Dilling und Durth, 1992].

Erfahrungen mit 2+1-streifiger Verkehrsführung stellte Meewes [1991] vor. Hier wurden die Ergebnisse von langjährigen Untersuchungen zur B 33 bei Offenburg, die in einem Modellversuch bereits 1982 von einem überbreit markierten Abschnitt zu einem 2+1-Querschnitt ausgebaut wurde, und der B 471 bei Dachau, die 1985 als 2+1-Querschnitt eingerichtet wurde, dargestellt. In einem Vorher/Nachher – Vergleich zeigte sich ein deutlich höheres Sicherheitsniveau der beiden Untersuchungsstrecken nach ihrer Ummarkierung. Aber auch im Vergleich zu allen außerörtlichen Bundes-

---

straßen in den jeweiligen Bundesländern erwiesen sich die 2+1-Querschnitte als sicherer. Die Anzahl der Überholungen nahm jedoch ab einer Verkehrsstärke von 350 – 450 Kfz pro Stunde und Richtung im Vergleich zu den zweistreifigen Strecken zu [Meewes, 1991].

Eine Untersuchung zur Beurteilung des Querschnittstyps 2+1 von Bickelhaupt [1991] stellt neben Aussagen zur Verkehrsqualität auch Ergebnisse zur Verkehrssicherheit vor. Dazu wurden drei Untersuchungsstrecken betrachtet, deren Hauptmerkmale im Kapitel 4.2.2.2 schon erwähnt wurden. In allen drei Fällen schnitten die 2+1-Strecken beinahe so günstig wie zweibahnige Straßen ab, was mit dem geringeren Konfliktpotenzial durch den Gegenverkehr erklärt wurde [Bickelhaupt, 1991].

Auch im Rahmen eines Projekts von Weber und Löhe [2003] wurde die Verkehrssicherheit untersucht, wobei konkret für die 2+1-Betriebsform typische Unfälle betrachtet wurden. Eine weitere Auswertung der Unfälle erfolgt für freie Strecken und im Bereich von Knoten.

Die Untersuchungsstrecken zeichnen sich durch einen sehr unterschiedlichen Ausbaustandard bezüglich der Anzahl und der Grundform der Knotenpunkte aus. Sie weisen sowohl planfreie als auch plangleiche Knotenpunkte, zum Teil mit Lichtsignalanlagen auf. Unabhängig vom Ausbaustandard der Knotenpunkte sind an vielen Strecken zusätzlich Feldzufahrten situiert.

Auf den freien Strecken beträgt die zulässige Höchstgeschwindigkeit 100 km/h. In Knotenpunkten ist sie teilweise auf 70 km/h limitiert. Zu beachten ist, dass sich auf einzelnen Untersuchungsstreckenabschnitten Baken und Inseln auf den Sperrflächen der kritischen Wechseln befinden und die Fahrstreifenbegrenzungslinie teilweise als profilierte Markierung ausgeführt ist.

Die streckenbezogene Unfallanalyse betrifft die Unfallfolgen und die Verteilung der Unfälle nach den Unfalltypen. 30 % der insgesamt aufgetretenen Unfälle sind Unfälle mit Personenschaden. 14,5 % der Unfälle geschahen mit Lkw-Beteiligung.

Die Verteilung der Unfälle auf die Unfalltypen ist bei den Untersuchungsstrecken sehr unterschiedlich. Am häufigsten traten die Fahrnfälle und die Unfälle im Längsverkehr auf. Danach sind noch die Unfälle den Typen „Abbiege-“ oder „Einbiegen/Kreuzen-Unfall“ zu erwähnen. Diese ereigneten sich zu fast 90 % an Knotenpunkten. Der 20 % - Anteil der sonstigen Unfälle ist auffallend, wobei 60 % - Wildunfälle registriert werden.

Die durchschnittliche Unfallkostenrate der Untersuchungsstrecken betrug 20 €/1000 Kfz\*km. Andere deutsche Landstraßen haben im Vergleich dazu gleiche bis höhere Unfallschwere.

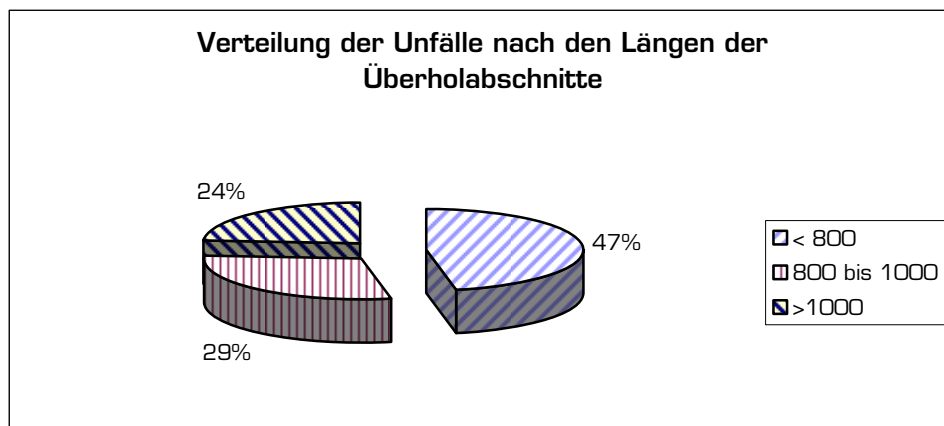
Der Einfluss der dreistreifigen Markierung wurde durch gesonderte Beobachtung der sogenannten 2+1-Unfälle untersucht. Als solche werden Unfälle bezeichnet, bei denen ein Zusammenhang besteht mit:

- der Benutzung falscher Fahrbahnteile (2+1 Typ I) – Überfahren der Fahrstreifenbegrenzungslinie beim Verlassen der ein- oder zweistreifigen Abschnitte und einfach unklare Verkehrsführung für den Verursacher.
- Überholvorgängen im zweistreifigen Abschnitt (2+1 Typ II) – von besonderer Bedeutung in räumlicher Nähe zu einem kritischen Wechsel.

Von den insgesamt 401 auf den sieben Untersuchungsstrecken im Untersuchungszeitraum registrierten Unfällen sind 52 Unfälle als 2+1-Unfälle (13 %) zu bezeichnen

[Weber und Löhe, 2003]. Knapp 12 % aller Unfälle mit Personenschaden wurden als 2+1-Unfälle bezeichnet.

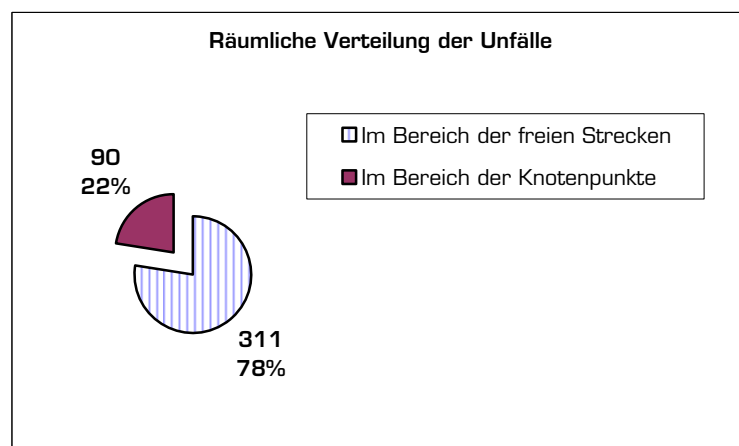
Schwere Personenschäden ergaben sich bei drei Unfällen wegen Missachtung des Überholverbotes innerhalb des einstreifigen Abschnitts. Auf den zweistreifigen Abschnitten wurden am meisten Unfälle mit seitlicher Kollision eines Fahrzeuges, das in gleicher Richtung fuhr, registriert. Die Hälfte dieser Unfälle fand unmittelbar vor kritischen Wechseln und auf den Sperrflächen statt. Weber und Löhe [2003] stellen einen Zusammenhang zwischen der Länge des Überholabschnitts und den registrierten Unfällen fest. Es wurde festgestellt, dass die kürzeren Abschnitte deutlich unfallbelasteter sind, insbesondere unmittelbar an bzw. auf den Sperrflächen (Abb. 71).



**Abb. 71: Unfallanalyse auf den Untersuchungsstrecken: Differenzierung nach der Abschnittslänge [Weber und Löhe, 2003]**

Weiters zeigt die Auswertung bezüglich Personenschaden, dass Unfälle mit entgegengerichteten Fahrzeugen selten waren. Hingegen war der Personenschadenanteil bei den Unfällen mit Fahrzeugen, die seitlich in gleicher Richtung fuhren, größer. Diese Unfallart beträgt über 9 %.

Die Verteilung der Unfälle im Bereich der freien Strecken (zwischen den Knotenpunkten) und im Bereich der Knotenpunkte zeigt Abbildung 72:



**Abb. 72: Unfallanalyse auf den Untersuchungsstrecken: räumliche Differenzierung [Weber und Löhe, 2003]**

Im Bereich der freien Strecke zwischen den Knotenpunkten ereigneten sich von insgesamt 401 der im Untersuchungszeitraum gezählten Unfälle 311 (ca. 78 %). In diesen Abschnitten ist die Unfalltypenverteilung sehr differenziert. Ursache dafür war der hohe Anteil des Unfalltyps „Sonstiger Unfall“ (34 %), fast zwei Drittel davon waren Wildunfälle. Den größten Anteil machten Fahrurfälle mit 42 % aus.

Verglichen mit dem durchschnittlichen Sicherheitsniveau auf freien Strecken außerörtlicher Straßen besitzen die 2+1-Untersuchungsstrecken ein weit überdurchschnittliches Sicherheitsniveau. Als Grundlage dieser Schlussfolgerung benutzten Weber und Löhe [2003] die in den Richtlinien veröffentlichten Unfallkostenraten in Abhängigkeit vom Regelquerschnitt. Die Unfallkostenrate für freie Strecken mit dem dreistreifigen Regelquerschnitt RQ 15,5 ist in der RAS-Q [1996] mit 24 €/1000 Kfz\*km angegeben, für den zweistreifigen RQ 10,5 beträgt dieser sogar 34 €/1000 Kfz\*km. Die mittlere Unfallkostenrate der sieben Untersuchungsstrecken mit 2+1-Querschnitt betrug nur 9,54 €/1000 Kfz\*km.

Ein Vergleich bestimmter Unfallumstände (Witterung, Lichtverhältnisse, Spitzen der Verkehrsbelastung) bei Unfällen mit Personenschaden auf den Untersuchungsstrecken im Zeitraum 1999 bis 2001 zu den durchschnittlichen Unfallumständen auf Landstraßen (ohne Autobahnen) in Deutschland im Jahr 2000 wurde von Weber und Löhe [2003] durchgeführt. Bei schlechten Witterungs- und Sichtbedingungen sind die Verkehrsführungen schlechter zu erkennen, deshalb ist der Anteil der Verkehrsunfälle bei diesen Umständen höher als bei durchgängig zweistreifigen Straßen. Die Spitzen der Verkehrsbelastung aber können auf den dreistreifigen Strecken sicherer abgewickelt werden (Tab. 9).

**Tabelle 9: Vergleich der Unfallumstände [Weber und Löhe, 2003]**

| <b>Unfallumstand</b>                 | <b>Durchschnitt bei Unfällen mit Personenschaden für Landstraßen im Jahr 2000<br/>(überbreit zweistreifig)<br/>[%]</b> | <b>Durchschnitt bei Unfällen mit Personenschaden auf den Untersuchungsstrecken<br/>(2+1)<br/>[%]</b> |
|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Winter (Dez. - März)                 | 30,00                                                                                                                  | 32,20                                                                                                |
| Nässe/ Glätte                        | 38,80                                                                                                                  | 41,50                                                                                                |
| Dämmerung/ Dunkelheit                | 33,00                                                                                                                  | 33,10                                                                                                |
| Wochenende (Sa/So)                   | 28,70                                                                                                                  | 30,50                                                                                                |
| Spitzenzeiten<br>(6h - 9h/16h - 19h) | 28,80                                                                                                                  | 22,90                                                                                                |

Bei der Analyse der Verkehrssicherheit auf 2+1-Strecken mit allgemeinem Verkehr fassen Weber und Löhe [2003] zusammen, dass der Ausbaustandard einen erheblichen Einfluss auf das Unfallgeschehen hat. Strecken mit einer übersichtlichen und großzügigen Linienführung in Verbindung mit planfreien Knotenpunkten verursachen die

deutlich niedrigste Unfallkostenrate. Es hat sich gezeigt, dass kurze zweistreifige Abschnitte deutlich mehr Überholunfälle aufweisen als lange Abschnitte. Die Analyse der Unfälle mit Fahrzeugen der Gegenrichtung beweist deren seltenes Auftreten. Langsame Fahrzeuge haben keinen Einfluss auf die Verkehrssicherheit oder Unfallbeteiligung.

Auf der Grundlage der Ergebnisse der Untersuchung leiten Weber und Löhe [2003] einige Hinweise zum Entwurf von 2+1-Strecken ab. Eine Mindestlänge von 1 000 m wird für die zweistreifigen Abschnitte empfohlen. Eine stärkere Trennung der Fahrtrichtungen würde wegen der geringen Anzahl der Unfälle zwischen Fahrzeugen entgegengesetzter Richtung nicht zur Erhöhung des Sicherheitsniveaus führen. Es sollten aber präventive Maßnahmen gegen Wildunfälle an relevanten Abschnitten vorgesehen werden. Bei der Gestaltung der Bereiche von plangleichen Knoten sollte nach weiteren Sichtfeldern gestrebt werden, da eine deutliche Reduktion der Geschwindigkeit nur in Bereichen mit Geschwindigkeitsüberwachungsanlagen festgestellt wird.

Ein eindeutiges Beispiel für die gute Auswirkung der 2+1-Betriebsform auf die Verkehrssicherheit ist die Bundesstraße B 300. Die Strecke mit einer Länge von 50 km hat überregionale Bedeutung für den Ost-West-Verkehr und insbesondere für die Transporte vom Raffineriestandort Ingolstadt nach Südwestbayern und Baden-Württemberg, weshalb sie im Volksmund oftmals auch als „Tanker-Route“ bezeichnet wird [Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern, 1998/99].

Der DTV (2005) beträgt für die gesamte Strecke ca. 11 300 Kfz/24h, einzelne Teilabschnitte liegen bei über 13 000 Kfz/24h. Der Verkehrsfluss auf dieser Strecke wird aufgrund des starken Verkehrsaufkommens, verbunden mit einem hohen Güterverkehrsanteil (ca. 17 % des Gesamtverkehrs) und einem hohen Anteil an Schwerlastfahrzeugen (ca. 80 % des Güterverkehrs) stark beeinträchtigt.

Der hohe Güterverkehrsanteil führte immer wieder zur Bildung großer Fahrzeugpulk. Durch den verstärkten Überholdruck stieg die Risikobereitschaft bei Überholmanövern mit der Folge vermehrter Unfälle. Um dem entgegenzuwirken, sollten sichere und vom Verkehrsaufkommen in der Gegenrichtung unabhängige Überholmöglichkeiten geschaffen werden. Dazu wurde ein abgestimmtes Gesamtkonzept zum Ausbau der B 300 mittels Zwischenquerschnitten (abschnittsweise 2+1 - Verkehrsführung) erstellt (Abb. 72). Die Festlegung der 2+1-Abschnitte erfolgte in erster Linie aufgrund örtlicher Zwänge, Unfallzahlen spielten dabei nur eine untergeordnete Rolle.



a. Kolonne hinter Lkw



b. Lkw wird überholt

**Abb. 72: Bundesstraße B 300 [Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern, 1998/99]**

Einen starken Rückgang der Unfälle zeigt die Unfallstatistik aus den Jahren 1992 – 1998. Der Vorher – Nachher – Vergleich nach der Fertigstellung der dreistreifigen Abschnitte beweist diese Behauptung. Die Anzahl der Unfälle mit Personenschaden (PS) ist um fast 50 % zurückgegangen, die Anzahl der Unfälle mit schwerem Personenschaden um ca. 75 %. Hervorzuheben ist dabei, dass die Fehler bei Überholvorgängen stark abgenommen haben (Tab. 10). Dagegen wird die zulässige Höchstgeschwindigkeit häufiger überschritten, das Überholverbot von Lkw-Fahrern mit Fahrzeugen zwischen 3,5 t und 7,5 t nicht eingehalten und die Sperrflächen in den Verengungsbereichen beim Übergang von zwei Fahrstreifen auf einen Streifen überfahren [Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern, 1998/99].

**Tabelle 10: Unfallgeschehen im Vorher – Nachher – Vergleich der dreistreifigen Abschnitte [Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern, 1998/99]**

|                           | Vorherzeitraum | Nachherzeitraum | Veränderung |
|---------------------------|----------------|-----------------|-------------|
| <b>Anzahl der Unfälle</b> | 26             | 14              | - 46 %      |
| <b>Leichtverletzte</b>    | 22             | 20              | - 9 %       |
| <b>Schwerverletzte</b>    | 13             | 4               | - 69 %      |
| <b>Getötete</b>           | 4              | 1               | - 75 %      |

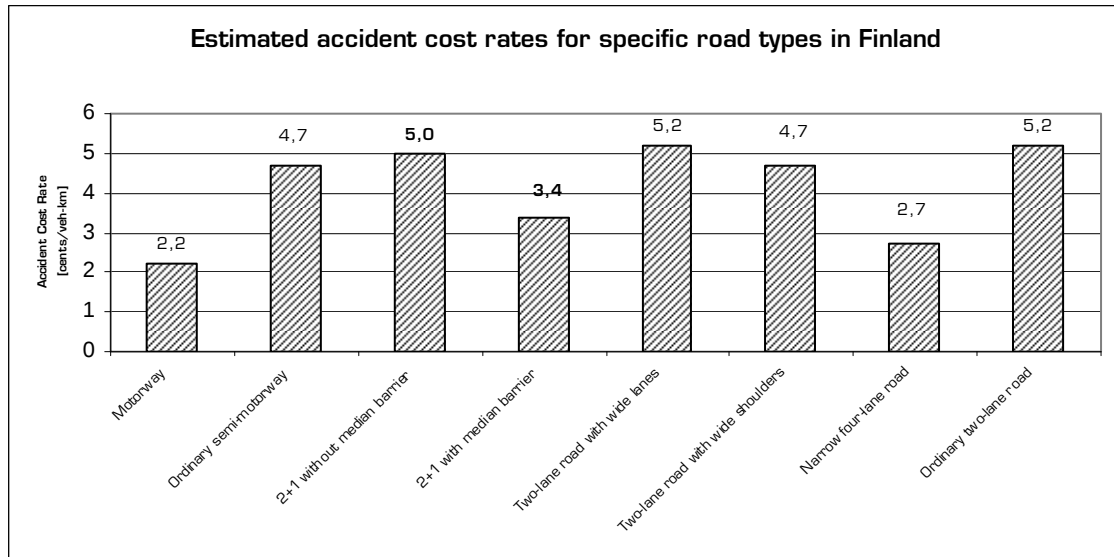
Der Bau dreistreifiger Streckenabschnitte wird aber als eine gute Möglichkeit zur Verbesserung der Verkehrsqualität und Verkehrssicherheit, gerade bei hohen DTV-Werten und überdurchschnittlichen Güterverkehrsanteilen definiert [Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern, 1998/99].

Eine andere Studie [NCHRP, 2003] berichtet über die Anwendung der 2+1-Querschnitte in Europa und gibt einen Gesamtüberblick auf das geleistete Sicherheitsniveau. In diese Untersuchung werden Deutschland, Finnland, Schweden und Dänemark einbezogen.

Deutschland hat schon eine fast 30 – jährige Erfahrung mit den 2+1- Straßen und die durch diese Betriebsform geleistete Verkehrsqualität ist das Thema von vielen Untersuchungen. Die meisten von ihnen mit den entsprechenden Schlussfolgerungen wurden in dieser Arbeit erwähnt.

Finnland hat derzeit zwei Strecken mit dem 2+1-Querschnitt, die aber kein gleichartiges Bild der Verkehrssicherheit zeigen. Der Unterschied besteht in der Anzahl der Winterunfälle. In Finnland wurde festgestellt, dass das Sicherheitsniveau der 2+1-Straßen ohne Kabelbarriere fast das gleiche wie jenes der üblichen zweistreifigen Querschnitte ist. Die Schlussfolgerung ist, dass durch die Anordnung der Überholstreifen nur der Verkehrsablauf verbessert wird. Die Unfalldaten zeigen, dass die Hälfte der Unfälle von dem Typ Unfälle mit Gegenverkehr sind, nämlich Kollisionen, die mit besonders schwerem Personenschaden verbunden sind. Die Anordnung einer Kabelbarriere auf dem Trennstreifen wird für die Zukunft vorgesehen, wobei eine Abnahme der Unfälle mit Gegenverkehr um 80 % zu erwarten ist.

Die Berechnungen der Unfallkostenraten in Finnland [NCHRP, 2003] zeigen eine Reduktion von fast 30 % bei den 2+1-Straßen mit Kabelbarriere gegenüber solchen ohne Kabelbarriere (Abb. 73).



**Abb. 73: Unfallkostenraten für die unterschiedlichen Querschnittstypen in Finnland [NCHRP, 2003]**

In der folgenden Tabelle 11 sind die zu erwartenden Unfallraten für die gleichen Querschnittstypen dargestellt. Das Sicherheitsniveau auf 2+1-Strecken ohne Kabelbarriere nähert sich wieder den Werten für die zweistreifigen Straßen. Die Erwartungswerte für die 2+1-Betriebsform mit Kabelbarriere liegen fast die Hälfte darunter.

**Tabelle 11: Unfallraten für unterschiedliche Querschnittstypen in Finnland [NCHRP, 2003]**

| Roadway Type                      | Injury Accident Rate [acc/108 veh-km] | Fatal Accident Rate [acc/108 veh-km] |
|-----------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| Motorway (based on accident data) | 4                                     | 0,3                                  |
| Ordinary semi-motorway            | 6                                     | 1,5                                  |
| 2+1 without median barrier        | 8                                     | 1,3                                  |
| 2+1 with median barrier           | 7                                     | <b>0,7</b>                           |
| Two-lane road with wide lanes     | 8                                     | 1,3                                  |
| Two-lane road with wide shoulders | 7                                     | 1,1                                  |
| Narrow four-lane road             | 6                                     | 0,5                                  |
| Ordinary two-lane road*           | 9                                     | 1,3                                  |

Eine Untersuchung der Unfallraten wurde für das Zeitintervall von 1996 bis 2000 in Finnland durchgeführt. Für die Unfallraten auf 2+1-Querschnitten mit Kabelbarriere stehen keine Daten zur Verfügung, weil die Anwendung dieser Querschnittstyp in Finnland immer noch diskutiert wird. Die beiden 2+1-Straßen zeigen unterschiedliche Ergebnisse der Unfallrate. Die eine Strecke zeichnet sich durch niedrige Werte der Unfallraten im Vergleich zu dem zweistreifigen Straßen, besonders bezüglich der Unfälle mit schwerem Personenschaden aus. Die schlechtere Situation auf der anderen 2+1-Strecke erklärt sich mit der Tatsache, dass die meisten Unfälle dort Winterunfälle sind.

In Schweden basiert die Erfahrung mit 2+1-Querschnitten auf mehr als 400 km ausgeführten Strecken. Die 13 m breiten zweistreifigen Querschnitte wurden in die 2+1-Betriebsform mit Kabelbarriere umgewandelt. Als Folge dieser Maßnahme wurde eine Reduktion der Unfälle mit schwerem Personenschaden bis auf 50 % erwartet. Es werden sogar bessere Resultate registriert. Nur ein Unfall mit einem Getöteten ist auf den Autostraßen mit dem 2+1-Querschnitt zu registrieren, der aber von einem Radfahrer während der Nacht verursacht wurde. Die Verteilung der Unfälle nach Unfalltyp auf allen Straßen mit 2+1-Querschnitt zeigt Tabelle 12.

**Tabelle 12: Verteilung der Unfälle nach Unfalltyp auf allen 2+1-Straßen in Schweden [NCHRP, 2003]**

| Unfalltyp               | Gesamtanzahl der Unfälle | Verteilung der Unfälle nach Personenschaden |                 |         |
|-------------------------|--------------------------|---------------------------------------------|-----------------|---------|
|                         |                          | Leicht verletzt                             | Schwer verletzt | Getötet |
| Fahrunfälle             | 69                       | 18                                          | 5               | 0       |
| Überholunfälle          | 29                       | 5                                           | 0               | 0       |
| Unfälle im Längsverkehr | 14                       | 8                                           | 0               | 0       |
| Sonstige Unfälle        | 9                        | 0                                           | 1               | 1       |

In Schweden gibt es Straßen mit 2+1-Querschnitt für den allgemeinen Verkehr und solche, die nur als Autostraßen funktionieren. Entsprechend der Straßenfunktion ist die zulässige Höchstgeschwindigkeit – 110 km/h für Autostraßen und 90 km/h für die Straßen mit dem allgemeinen Verkehr. Sie unterscheiden sich nach dem Sicherheitsniveau. Die Anzahl von Unfällen an den Straßen mit 110 km/h zulässiger Höchstgeschwindigkeit ist um 15 % bis 20 % größer als die auf den Straßen mit 90 km/h Begrenzung der Höchstgeschwindigkeit.

Gemäß einer Machbarkeitsstudie ist eine Reduktion der Unfälle mit schweren Personenschäden von 78 % für die Autostraßen mit Geschwindigkeitsbegrenzung von 110 km/h und von ca. 55 % für die Straßen mit dem 90-km/h-Limit zu erwarten. Die bis jetzt registrierten Ergebnisse zeigen 48 % für die Autostraßen und 60 – 70 % für die Straßen mit dem allgemeinen Verkehr. Soweit es die Differenzierung nach Unfalltypen betrifft, ist die 45%-Abnahme der Überholunfälle zu erwähnen (insgesamt 11 Überholunfälle) [Bergh, Carlsson und Moberg, 2004].

---

Ein Vergleich der Anzahl der erwarteten Unfälle mit den registrierten Unfällen auf den 2+1-Straßen mit Kabelbarriere zeigt Tabelle 13.

**Tabelle 13: Vergleich der erwarteten Anzahl mit der registrierten Anzahl von Unfällen, verteilt nach Unfallfolgen, auf allen 2+1- Straßen in Schweden [NCHRP, 2003]**

| Unfallfolge                         | Anzahl der Unfälle |             |
|-------------------------------------|--------------------|-------------|
|                                     | Erwartet           | Registriert |
| Getötete                            | 9                  | 1           |
| Schwerverletzte und Getötete        | 36                 | 14          |
| Leichtverletzte                     | 120                | 91          |
| Getötete, Verletzte und Sachschaden | 188                | 248         |

Einen Eindruck macht die Anzahl von Unfällen mit Sachschaden. Sie sind hauptsächlich Unfälle mit der Kabelbarriere „median barrier crashes“. Ca. 60 % dieser Unfälle treten in den einstreifigen Abschnitten auf, ca. 55 % sind im Winter registriert und die letzten 5 % finden in den kritischen Wechselbereichen statt [Bergh, Carlsson und Moberg, 2004; NCHRP, 2003].

Die Gestaltung und die Anordnung der Kabelbarriere werden immer mehr diskutiert und stehen als Hauptpunkt von vielen Untersuchungen in Schweden. Von besonderer Bedeutung sind die Erkennbarkeit und die Reparatur der Kabelbarriere. Durch eine tiefere Anordnung von Reflektoren an den Pfählen wird eine konstante optische Führung gezielt. Zur Erhöhung der Sicherheit während der Reparatur wird die Geschwindigkeit in dem Überholstreifen auf 70 km/h und in dem einstreifigen Abschnitt auf 50 km/h reduziert. Soweit es die Gestaltung der Kabelbarriere betrifft, ist die Verformung der Barriere infolge des Stoßes eines Fahrzeugs das wesentliche Kriterium. Die in Schweden benutzte Kabelbarriere ist vom Typ N2 [Bergh, Carlsson und Moberg, 2004].

Nach den schwedischen Erfahrungen weisen die 2+1-Strecken mit Mitteltrennung ein sehr hohes Sicherheitsniveau auf und werden deshalb trotz der Reparaturkosten der Kabelbarriere immer häufiger angewendet.

### **4.3 Ergebnisse der Untersuchungen zur 2+1-streifigen Verkehrsführung**

In dem vorliegenden Kapitel werden die möglichen Einsatzbereiche und Einsatzgrenzen der 2+1-Betriebsform gemäß den Richtlinien einerseits und den durchgeführten Untersuchungen andererseits betrachtet.

Die Idee für den Querschnittstyp 2+1 hat seit Anfang der achtziger Jahre eine Vielzahl von Forschungsprojekten bewirkt. Das Ziel ist die Untersuchung der Verkehrsqualität im Hinblick auf den Verkehrsablauf und die Verkehrssicherheit und das Ableiten von Kriterien für einen zukünftigen Einsatz unter verschiedenen Randbedingungen. Es

---

wurden Strecken mit unterschiedlichen Charakteristiken hinsichtlich der Funktion und der Linienführung ausgewählt.

Die Ergebnisse der betrachteten Studien haben eindeutig die 2+1-Straßen als eine gute Alternative für hochbelastete Außerortsstraßen zwischen dem konventionellen einbahnig zweistreifigen Straßenquerschnitt und dem zweibahnig vierstreifigen Autobahnquerschnitt bestimmt. Der Vorteil des 2+1-Querschnitts liegt in der verbesserten Überholssituation – ein Überholstreifen steht den Fahrern zur Verfügung. Der psychologische „Überholdruck“, der von dem Gegenverkehr auf den zweistreifigen Straßen verursacht wird, wird abgebaut. Wegen der Anordnung des Überholstreifens müssen bei den 2+1-Straßen keine Überholstrecken nachgewiesen werden. Dank dieser Tatsache weist der 2+1-Querschnitt eine gewisse Flexibilität auf [Brannolte, 1992]. Die gute Anpassung an die natürlichen Gegebenheiten wurde auch von Bickelhaupt [1991] als ein herausragendes Merkmal bezeichnet. Auf der Grundlage der Ergebnisse der Untersuchungen von Weber und Löhe [2003] und von Weber [2005] wurde eine gestreckte Linienführung empfohlen, die auch in allen Regelwerken verlangt ist.

Die besseren Überholmöglichkeiten werden aber auf dem 2+1-Querschnitt durch ein höheres Geschwindigkeitsniveau im Überholabschnitt kompensiert, das durch eine zügige Trassierung noch verstärkt wird. Unfälle mit schwerem Personenschaden im Längsverkehr und Fahrtenfälle sind die Folge einer nicht angepassten Geschwindigkeit [Bickelhaupt, 1991]. Um die Zahl der folgenschweren Streckenunfälle zu verringern, werden bauliche und betriebliche Maßnahmen vorgesehen. Die baulichen Leitelemente und die verbesserte Beschilderung sollen den Effekt der Geschwindigkeitsdämpfung verstärken. Eine polizeiliche Überwachung wird auch empfohlen.

Eine Besonderheit bei der Ausführung von 2+1-Straßen ist das Bestimmen der Abschnittslängen der ein- und zweistreifigen Abschnitte und die Lage und Ausstattung der Wechselbereiche. Zur Entflechtung des Verkehrs sollen die Abschnittslängen so bemessen sein, dass die Fahrzeugpuls, die sich in den einstreifigen Abschnitten bilden, in den nachfolgenden zweistreifigen Bereichen wieder auflösen können. Die in den durchgeführten Forschungsprojekten abgeleiteten Werte für Abschnittslängen sind in dem Bereich von 800 m bis 2000 m. Die in den Regelwerken geregelten Längen liegen auch in diesen Grenzen. In begründeten Ausnahmefällen sind ein Mindestwert von 600 m und ein Maximalwert von 3500 m in den RAL zulässig.

Hinsichtlich der Anordnung der Wechselbereiche spiegeln sich die Ergebnisse der Untersuchungen vollständig in den Anforderungen in den Regelwerken wider. Die Wechselbereiche:

- sind möglichst in Streckenbereichen mit zügiger Linienführung, nicht in unübersichtlichen Streckenabschnitten (z. B. in Kuppen) anzulegen.
- sind nicht in glättegefährdeten Bereichen, z. B. auf Brücken, anzuordnen.

Weiters soll bei engen Kurven der zweistreifige Streckenabschnitt in die Kurvenaußen-seite gelegt werden oder – falls dies nicht möglich ist – ein Unterbrechen der Dreistreifigkeit und Ausbilden des mittleren Fahrstreifens als Sperrfläche erfolgen.

Die Empfehlungen für Markierung und Beschilderung kritischer und unkritischer Wechselbereiche [Brannolte, 1992] fallen genau mit der geregelten Ausstattung, besonders mit jener in den RAL, zusammen.

---

Die Richtlinien bestimmen eindeutig die Betriebsfunktion der 2+1-Straßen als Kraftfahrstraße und sehen ein Begleitwegenetz für die ausgeschlossenen Verkehrsarten vor.

Die Grenzen der Verkehrsbelastungen liegen bei allen Richtlinien verallgemeinert zwischen 7 000 Kfz/24h und 20 000 Kfz/24h. Dieser Regelung stehen die Zusammenfassungen der Untersuchungen von Bickelhaupt [1991] und Weber, Löhe [2003] gegenüber. Bickelhaupt [1992] definiert als geeignete Einsatzbereiche für 2+1-Strecken stark belastete Außerortsstraßen mit gleichzeitig hohen SV – Anteilen. Im Rahmen des Forschungsprojekts finden Weber und Löhe [2003] keine Aspekte der Verkehrssicherheit und des Verkehrsablaufs, die gegen die Freigabe der Untersuchungsstrecken für den allgemeinen Verkehr sprechen.

Abschließend kann zusammengefasst werden, dass nach der erfolgten Analyse unterschiedlicher Strecken mit dem Ziel der Ermittlung der Kapazität von 2+1-Straßen, der Bewertung des Verkehrsablaufs und der Verkehrssicherheit in Abhängigkeit von Trassierungsparametern und Abschnittslängen, die Verbesserung der Verkehrsqualität durch die Anwendung der 2+1- Betriebsform bewiesen wird, weshalb mit Recht der Dimensionierung und Gestaltung von diesem 2+1- Querschnittstyp in den Richtlinien eine spezielle Aufmerksamkeit gewidmet wird.

---

## 5. ZUSAMMENFASSUNG

In der gegenständlichen Arbeit werden die Ausbildung des dreistreifigen Querschnitts in Form des sogenannten 2+1-Querschnitts und die möglichen Einsatzbereiche und Einsatzgrenzen dieser Betriebsform durch Sammlung und Sichtung von internationalen Regelwerken und Untersuchungen erarbeitet.

Der 2+1-Querschnitt zählt zu der Gruppe der Zwischenquerschnitte, die als Alternative für hochbelastete Außerortsstraßen definiert werden. Aus verkehrlichen, ökonomischen und ökologischen Gründen ist der 2+1-Querschnitt zwischen dem konventionellen einbahnig zweistreifigen Straßenquerschnitt (z. B. b2 – mit einer Kronenbreite von 12,00 m) und dem zweibahnig vierstreifigen Autobahnquerschnitt (z. B. b4ms – mit einer Kronenbreite von 26,00 m) einzuordnen. Das Hauptmerkmal des 2+1-Querschnitts ist die abwechselnde Anordnung von einem zweiten Fahrstreifen (Überholstreifen) in jeder Fahrtrichtung. In den zweistreifigen Richtungsabschnitten ist das Überholen unabhängig vom Gegenverkehr möglich. Demgegenüber darf in den einstreifigen Richtungsabschnitten im Regelfall nicht überholt werden.

Zunächst werden einige Begriffe anhand der österreichischen RVS 03.03.33 erklärt, die mit der Bezeichnung der Hauptbestandteile der 2+1-Straßen verbunden sind. Die Abmessungen der Querschnittselemente bei Neu-, Umbau und bei Ummarkierung werden auch im Detail gemäß der österreichischen Richtlinie betrachtet. Der Unterschied zwischen den dreistreifigen Strecken im Sinne der 2+1-Form und den Strecken mit Zusatzstreifen in Steigungen wird unterstrichen. Die Anordnung eines Zusatzstreifens ist bei letzteren nur für bestimmte Abschnitte in Abhängigkeit der örtlichen Gegebenheiten mit dem Ziel der Ermöglichung des Überholens von langsamen Fahrzeugen vorgesehen. Bei den 2+1-Straßen wird der mittlere Fahrstreifen zum Überholen kontinuierlich abwechselnd für beide Fahrtrichtungen freigegeben.

In einem weiteren Kapitel werden die Regelwerke von Österreich (RVS), Deutschland (RAL) und Irland (INRA) betrachtet. Die Grundlagen bei der Ausbildung der 2+1-Querschnitte in Schweden (SNR) und Finnland (FRA) sind ebenfalls dargestellt. Auf Grund des Vergleichs zwischen den aufgezählten Festlegungen werden Schlussfolgerungen zu den Abmessungen der Querschnittselemente in den verschiedenen Ländern abgeleitet. Der Hauptunterschied ergibt sich bei der Anordnung einer baulichen Mitteltrennung auf dem Trennstreifen. Der Standardbreite des Trennstreifens von 1,00 m gemäß RVS und RAL steht ein 2,00 m breiter Trennstreifen mit Sicherheitsbarriere in dem irischen Regelwerk gegenüber. Deswegen zeichnen sich die Fahrbahn und die Straßenkrone in INRA durch größere Breiten bei Neu- und Umbau aus. Soweit es die Ummarkierung betrifft, hat Deutschland besonders umfangreiche Erfahrungen. Eindeutige Regelungen sind aber weder in der deutschen noch in der irischen Norm zu finden. Im Gegensatz dazu wird der Fall Ummarkierung in den RVS ganz detailliert betrachtet. In Schweden und Finnland sind alle 2+1-Straßen durch Ummarkierung entstanden. Bei dem Gesamtüberblick der Abmessungen der Querschnittselemente in diesem Fall ist die Differenz zwischen den geregelten Mindestwerten der Fahrbahnbreiten bemerkenswert. Die untere Grenze für die Fahrbahnbreite beträgt in Schweden und Finnland 13,00 m. Eine Mindestbreite von 11,00 m wird für die Fahrbahn in Österreich und Deutschland vorgesehen. Dieser Unterschied ist wieder der Ausführung der „central reserve“ zuzuordnen.

---

Weiters werden die Anordnung der ein- und zweistreifigen Richtungsabschnitte und die Gestaltung der kritischen und unkritischen Wechselbereiche betrachtet und die Aufmerksamkeit auf manche voneinander abweichende Bestimmungen gerichtet. Die Längen der ein- bzw. zweistreifigen Richtungsabschnitte weichen in gewissem Maße voneinander ab. Augenfällig ist der maximale Sollwert der Länge von 2500 m in Schweden. Der in Österreich geregelte obere Grenzwert liegt bei 1800 m. Die größeren Abmessungen der Verziehungslängen und der Längen der Wechselbereiche in Irland und Finnland werden ebenfalls aufgezeigt.

Alle Richtlinien legen ein großes Gewicht auf die Ausstattung der Straßen, damit ein hohes Sicherheitsniveau garantiert wird. Die entsprechende Markierung in Form von ununterbrochenen Markierungslinien (Sperrlinie), Schraffur (Sperrfläche) oder rückweisenden Pfeilen sichert eine gute optische Führung. Die baulichen Leitelemente erfüllen zusammen mit der Beschilderung die Aufgabe, den Fahrer über eine kritische Stelle im Straßennetz zu informieren und können ihn so in die Lage versetzen, ein adäquates Fahrmanöver durchzuführen.

Der Anordnung sowohl von planfreien und als auch von plangleichen Knoten ist bei den 2+1-Straßen besondere Beachtung zu schenken. Die Wechselbereiche werden als beste Möglichkeit zu deren Situierung bezeichnet. Die Richtlinien empfehlen eine minimale Anzahl von Knotenpunkten und keine Vielzahl von Kreuzungstypen. Detaillierte Skizzen zur Veranschaulichung der Knotengestaltung enthält das österreichische Regelwerk. Interessante Vorschläge zur Ausführung von plangleichen Knoten sind in Irland, Schweden (U-Turn) und Finnland (Loop Turn) anzutreffen.

In einem umfangreichen Kapitel werden die möglichen Einsatzgrenzen und Einsatzbereiche der 2+1-Straßen einerseits gemäß den bereits erwähnten Richtlinien und andererseits gemäß einer Vielzahl von Forschungsprojekten untersucht.

Generell sind die 2+1-Querschnitte insbesondere für Hauptverkehrsstraßen im Freiland geeignet, wobei nach Möglichkeit keine Langsamfahrzeuge darauf unterwegs sein sollten. Daraus ergibt sich die Folgerung, dass bei Straßen mit 2+1-Querschnitt für ein Begleitnetz für die ausgeschlossenen Verkehrsarten zu sorgen ist. Die Grenzen der Verkehrsbelastungen liegen für alle Regelwerke verallgemeinert zwischen 7 000 Kfz/24h und 20 000 Kfz/24h. Gestreckte Linienführung mit einer Anwendung von großzügigen Elementen und planfreien Knotenpunkten wird empfohlen.

Im Zuge der Arbeit wurde eine Vielzahl von Untersuchungen gesammelt und ausgewertet. Im Fokus aller Forschungsprojekte steht die Beschreibung des Verkehrsablaufs und der Verkehrssicherheit auf Strecken mit 2+1-Verkehrsführung.

Als maßgebende Einflussfaktoren auf den Verkehrsablauf werden die Verkehrsstärke und die Verkehrszusammensetzung betrachtet. Die Ursache dafür ist die Abhängigkeit der Anzahl der Überholvorgänge und der Pulkbildung von diesen Größen. Die Beurteilung des dreistreifigen Querschnittstyps 2+1 unter besonderer Berücksichtigung des SV-Anteils war das Thema einer Untersuchung von Bickelhaupt [1991]. Es wurde auf Grund der Ergebnisse zusammengefasst, dass der 2+1-Querschnitt für Hochleistungsstraßen unterhalb von Autobahnen, auch bei hohen SV-Anteilen, geeignet ist. Die Entflechtung des langsamen und des schnellen Verkehrs zur Erhöhung der Verkehrsqualität lässt sich mit diesem Querschnittstyp hervorragend realisieren. Weber und Löhe [2003] stellten im Rahmen einer Studie keinen wesentlichen Einfluss langsamer Fahrzeuge auf den Verkehrsablauf fest. In ihrer Untersuchung konnten sie weiters einen Zusammenhang zwischen gefahrenen Geschwindigkeiten und der Anzahl

---

der Fahrstreifen in Fahrtrichtung nur unter bestimmten Randbedingungen ableiten. Insbesondere in den zweistreifigen Abschnitten nahm das Geschwindigkeitsniveau mit zunehmender Abschnittslänge und zunehmendem SV-Anteil zu. Bei großzügiger Trassierung und großen Knotenpunktabständen war die Geschwindigkeitszunahme gering. Die Missachtung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit besonders auf den Überholstreifen erwies sich als typisch für die Untersuchungsstrecken von Bickelhaupt [1991]. Ähnliche Ergebnisse zeigen die Messungen auf der B 303, Waldviertler Straße, Österreich, wo in der Folge eine Betonleitwand zur Dämpfung des hohen Geschwindigkeitsniveaus vorgesehen ist. Erhebungen in Schweden [Bergh und Carlsson 2000] hatten als Resultat, dass die durchschnittlichen lokalen Geschwindigkeiten auf Strecken mit sogenannten „cable barriers“ geringfügig niedriger sind als bei Strecken mit Markierung. Diese Behauptung gilt sowohl für die einstreifigen als auch für die zweistreifigen Abschnitte.

In einer ausführlichen und umfangreichen Arbeit zum Pulkverhalten auf 2+1-Querschnitten ist Roos [1989] zu der Schlussfolgerung gekommen, dass sich die meisten Pulks auf den ersten 1000 – 1200 m der einstreifigen Abschnitte bilden. Der Pulkzuwachs auf längeren Abschnitten ist im Verhältnis dazu deutlich geringer ausgeprägt. Die Pulkabgrenzung definierte er über Bruttozeitlücken. Der maßgebende Pulkanteil wird dabei am Ende des einstreifigen Bereichs angetroffen. Im zweistreifigen Bereich sind die Geschwindigkeiten der Überholer und der Pulkführer die bestimmenden Größen für die Pulkauflösung. Aus vornehmlich theoretischen Betrachtungen leitet Roos [1989] Nomogramme ab, mit denen für konkrete Verkehrsbelastungen Mindestlängen der zweistreifigen Abschnitte ermittelt werden können. Die so ermittelten Längen sollen ausreichend sein, um die Pulks auflösen.

Weber [2005] zieht im Rahmen seiner Untersuchung die nicht aufgelösten Pulks in Betracht und definiert deren Anteil als einen Qualitätsmaßstab zur Bestimmung der erforderlichen Länge eines zweistreifigen Abschnitts.

Die entscheidenden Sicherheitsvorteile dreistreifiger Abschnitte kommen von der Tatsache, dass sie vor allem das Überholen erleichtern. Bei herkömmlichen zweistreifigen Landstraßenquerschnitten kommt es bei zunehmender Verkehrsstärke zu Pulkbildungen und Behinderungen. Hierbei besteht die Gefahr von Aggressivität und leichtfertigen Überholmanövern. Bei den 2+1-Straßen entstehen meist gefährliche Situationen im Bereich des Übergangs von zwei auf einen Fahrstreifen. Missachtungen des Überholverbotes im einstreifigen Abschnitt und Sperrflächenüberfahrten gehören zu den Risikosituationen. Die Anwendung von baulichen (Mitteltrennung) und betrieblichen (Backen) Maßnahmen wird als eine gute Lösung zur Verhinderung dieser gefährlichen Manöver angesehen.

Die Verkehrssicherheit auf den 2+1-Strecken wird auf Grund von Unfallanalysen und Unfallkennziffern beurteilt. Die Untersuchungen [Weber und Löhe, 2003; Palm und Schmidt, 1999] zeigen, dass 2+1-Strecken im Vergleich zu anderen einbahnigen Außerortsquerschnitten eine höhere Verkehrssicherheit besitzen. Die Ergebnisse bezüglich der Unfallrate und Unfallkostenrate sowie die durchschnittlichen Unfallkosten zeigen niedrige Werte nicht nur bei den Streckenunfällen, sondern auch bei allen anderen Unfällen auf 2+1-Strecken. Unfälle auf 2+1-Straßen sind seltener als auf einbahnig zweistreifigen Straßen, sind aber durch schwere Unfallfolgen charakterisiert. Die Unfallschwere auf den Überholabschnitten ist nur bedingt niedriger als auf den einstreifigen Abschnitten innerhalb der 2+1-Strecken. Die 2+1-Straßen zeichnen sich im

---

Vergleich zu den zweistreifigen Straßen durch niedrigere Anteile von Überholunfällen mit steigender Verkehrsbelastung aus.

Die gute Auswirkung der 2+1-Betriebsform auf die Verkehrssicherheit beweisen eindeutig die Untersuchungen auf der Waldviertler Straße B 303 in Österreich und der Bundesstraße B 300 in Deutschland. Einen starken Rückgang der Unfälle zeigen die Vorher – Nachher - Vergleiche auf den beiden Strecken. Besonders augenfällig ist die Abnahme der Anzahl von Unfällen mit Personenschaden (ca. 50 % Rückgang bei der B 300 bzw. 37 % bei der B 303).

Die Umgestaltung zweistreifiger Straßen in eine 2+1-streifige Verkehrsführung wurde weiters in Finnland untersucht. Die Schlussfolgerung ist, dass das Sicherheitsniveau der 2+1-Straßen ohne Kabelbarriere fast das gleiche wie jenes der zweistreifigen Querschnitte ist. Die Ursache dafür ist die große Anzahl von Unfällen mit dem Gegenverkehr. Die Anordnung einer Kabelbarriere auf dem Trennstreifen wird für die Zukunft vorgesehen.

Die 2+1 mit Kabelbarriere ist typisch für die Umsetzung in Schweden. Diese Maßnahme führte zu einer Reduktion der Unfälle mit schwerem Personenschaden um mehr als 50 %. Allerdings ergeben die schwedischen Untersuchungen eine große Anzahl von Unfällen mit Sachschaden. Sie sind hauptsächlich auf Kollisionen mit der Kabelbarriere zurückzuführen. Trotz dieser Tatsache und der Reparaturkosten der Mitteltrennung finden die 2+1-Strecken mit Kabelbarriere in Schweden immer häufigere Anwendung.

Zum Schluss lässt sich zusammenfassen, dass noch viele Fragen bei der Gestaltung und der Anwendung des 2+1-Querschnitts unter Diskussion stehen. Alle Ergebnisse zeigen aber die Verbesserung der Verkehrssicherheit und die Entspannung des Verkehrsablaufs wegen der gefahrlosen Überholmöglichkeiten. Die eindeutigen Regelungen in den betrachteten Richtlinien beweisen, dass der 2+1-Querschnitt einen Platz im Straßennetz gefunden hat. Dies kann auch eine Empfehlung für die Anwendung dieses Querschnittstyps in anderen Ländern, wie z. B. Bulgarien sein.

---

## Резюме

Благодарение на проучването на международни норми за проектиране на пътища и проведени изследвания в прилежащата дипломна работа са разгледани основните положения при проектирането на трилентовите пътища от типа 2+1 и възможностите за тяхното приложение.

Пътното платно тип 2+1 принадлежи към групата на така наречените междинни пътни платна, дефинирани като алтернативен вариант за изграждането на републикански пътища. Съобразно технико-икономически, транспортно-експлоатационни и екологични предпоставки пътното платно тип 2+1 се нарежда между двулентовите пътища с едно пътно платно (на пример b2 – с ширина на пътното платно 12,00 м според германските норми) и четирилентовите пътища с две пътни платна (на пример b4ms – с ширина на пътното платно 26,00 м според германските норми). Основната характеристика на пътя тип 2+1 е периодичното използване от двете посоки на движение на средната лента, наречена лента за изпреварване. Докато в еднолентовите участъци е в сила забрана за изпреварване, в двулентовите този процес е възможен без съобразяване с насрещното движение.

В началото на дипломната работа на базата на австрийските норми са обяснени понятия, обозначаващи основните елементи на пътищата тип 2+1. Осъществяването им става чрез проектиране на нови пътища, реконструкция или смяна на маркировката на вече съществуващи такива. Размерите на елементите на пътното платно в зависимост от начина на изграждане са разгледани подробно отново въз основа на актуалните норми за проектиране на този тип пътища в Австрия. Особено внимание е обърнато на диференцирането между пътищата тип 2+1 и пътищата с допълнителна лента при големи надлъжни наклони. Необходимостта от допълнителна лента за движение се определя от теренните условия с цел повишаване на пропускателната способност и скоростта на леките автомобили на участъците с голям надлъжен наклон. При пътищата тип 2+1 наличието на средната лента за движение е постоянно.

Разработената дипломна работа разглежда не само нормите за проектиране в Австрия, Германия и Ирландия, но и основните проектни положения в Швеция и Финландия. Благодарение на сравнението между дефинираните от тях параметри са направени съответните изводи относно размерите на елементите на пътното платно. Главната разлика е в следствие от изпълнението на разделителната ивица. Австрийските и немски норми предвиждат стандартна ширина от 1,00 м. За разлика от тях Ирландия дефинира 2,00 м разделителна ивица с бариера за сигурност. Този факт обяснява големите стойности на широчината на пътното платно както при проектирането на нови пътища тип 2+1, така и при реконструкцията или смяната на маркировката на вече изградени. С най-голям опит при изпълнение на пътища тип 2+1 чрез смяна на маркировката се отличава Германия, въпреки че липсват еднозначно дефинирани параметри в немските проектни норми. Всички съществуващи пътища тип 2+1 в Швеция и Финландия са осъществени чрез смяна на маркировката. Изграждането на кабелна бариера в разделителната ивица отново е причина за разликата в минималните стойности на допустимата ширина на

---

пътното платно – 13,00 м за Швеция и Финландия, 11,00 м за Австрия и Германия.

Вниманието е насочено към някои различия относно разположението и размерите както на еднолентовите и двулентови участъци, така и на критичните и некритични преходни зони. Допустимата максимална дължина на двулентов участък в Швеция е 2500 м, а тази в Австрия 1800 м. Впечатление правят големите преходни дължини и тези на самите преходни зони според ирландските и финландски проектни норми.

Всички проектни норми подчертават важността на организационно-техническите мероприятия за подобряване безопасността на движението. Добра пространствена плавност се осигурява чрез съответната маркировка под формата на непрекъснати линии, щриховка и насочващи стрелки. Направляващите съоръжения заедно с пътните знаци информират водачите на превозни средства за критичните участъци по пътното платно и повишават тяхното внимание с цел извършването на адекватни маневри.

Особено внимание е отделено на проектирането на кръстовища и пътни възли при пътищата тип 2+1. Като най-подходяща възможност за тяхното ситуиране еднозначно са определени преходните зони. Нормите за проектиране препоръчват минимален брой пресичания и типизиране при изпълнението им. Подробни скици за онагледяване на различните типове кръстовища и пътни възли при този тип пътища съдържат австрийските норми. Интересни предложения за изпълнение се срещат в Ирландия, Швеция (U-Turn) и във Финландия (Loop Turn).

Следващата точка от дипломната работа разглежда възможните граници на приложение на пътищата тип 2+1 на базата на вече споменатите норми за проектиране от една страна и на базата на огромен брой проучвания от друга.

Пътищата тип 2+1 са предвидени основно за транспортно обслужване на големи райони и провеждане на транзитно движение на средни и дълги разстояния с висока интензивност и скорост. Използването им главно от автомобилно движение е препоръчително. Изключването на някои видове превозни средства предполага необходимостта от изграждането на съпътстваща пътна мрежа. Оразмерителната интензивност на движението при този тип пътища обобщено от всички норми е в границите между 7 000 МПС/24ч и 20 000 МПС/24ч. Препоръчва се използването на геометрични елементи в план и надлъжен профил, които да гарантират добро пространствено развитие на трасето. Изпълнението на пътни възли осигурява висока степен на безопасност на движението.

В рамките на разработената дипломна работа са разгледани голям брой изследвания, свързани с описание на движението и сигурността на пътищата тип 2+1.

Като основни фактори, влияещи върху реализирането на движението, са разгледани интензивността и съставът му. Причината е в тясната връзка между споменатите параметри, броя на изпреварванията и образуването на колони от автомобили. Тема на едно проучване на Бикелхаупт [1991] е оценката на пътищата тип 2+1 от гледна точка участието на тежкотоварни автомобили в общото движение. Не са установени пречки, които да не позволяват използ-

---

ването на пътищата тип 2+1 като пътища с висока интензивност на движението и наличие на тежкотоварен транспорт. Твърденията на Бикелхаупт [1991] се потвърждават от резултатите на научния проект на Вебер и Лое [2003]. Те успяват да изведат зависимост между скоростите на движение и броя на пътните ленти, но само при определени предпоставки. Осезателно влияние във възходяща посока на нивото на скоростите оказват двулентовите участъци с по-големи дължини и дела на тежкотоварния транспорт, по-слабо е това на едромащабните проектни елементи и големите разстояния между кръстовищата.

Неспазването на допустимата скорост особено върху лентата за изпреварване се определя като типично явление за изследваните от Бикелхаупт [1991] пътни участъци. Подобни резултати регистрират измерванията на В 303, Waldiviertel Straße, Австрия, където е предвидено изграждането на бетонна предпазна стена с цел понижаване на високото ниво на скоростите. Ефективността на предприетата мярка е доказана от изследвания в Швеция [Бергх и Карлсон, 2000] – средните местни скорости в участъци с кабелна бариера в разделителната ивица са по-малки от тези в участъци само с маркировка. Твърдението се отнася както за еднолентовите, така и за двулентовите участъци.

В рамките на своята обстойна изследователска работа за образуването на колони от автомобили при пътищата тип 2+1 Рос [1989] достига до извода, че това явление се наблюдава в първите 1000-1200 м от еднолентовите участъци. Нарастването на броя на автомобили в колона е незначително при по-дълги участъци. Като критерий за оценка Рос [1989] въвежда brutния времеви интервал. За меродавна се приема колоната от автомобили, образувала се в края на еднолентовия участък. От значение за плавното разпадане на колоната от автомобили в двулентовия участък са скоростта на изпреварващия автомобил и тази на превозното средство, водещо самата колона. На базата главно на теоретични изследвания Рос [1989] извежда оразмерителни номограми за определянето на минималната дължина на един двулентов участък при конкретна интензивност на движението.

Вебер [2005] взема под внимание в своето изследване дела на автомобилите, останали в колона и дефинира техния брой като изходна величина при определянето на дължината на един двулентов участък.

Основното предимство на пътищата тип 2+1 съобразно сигурността на движение се състои в улеснената възможност за изпреварване. При двулентовите пътища увеличаването на интензивността на движението води до образуването на колони от автомобили. Нараства опасността от агресивно поведение и рискови маневри от страна на шофьорите. При пътищата тип 2+1 се изисква по-голяма концентрация на водачите на превозни средства в преходните зони. Характерните рискови ситуации възникват в резултат на неспазване на забраната за изпреварване в еднолентовите участъци и навлизането в щриховката на преходните зони. Използването на подходящи направляващи съоръжения е добро решение за подобряване безопасността на движение.

Безопасността на движение на пътищата тип 2+1 се оценява на базата на анализ на пътните произшествия и техните показатели. Проучванията [Вебер и Лое, 2003; Палм и Шмидт, 1999] показват по-високо ниво на безопасност

---

на трилентовите пътища в сравнение с това при двулентовите. Произшествия на пътищата тип 2+1 са регистрирани по-рядко, но се характеризират с по-тежки последствия. Тези върху самата лента за изпреварване се отличават с малко по-тежки последствия в сравнение със случилите се в еднолентовите участъци. Трилентовите пътища изпъкват с малкия брой регистрирани произшествия в резултат на неправилно изпреварване с нарастване на интензивността на движение.

Горе споменатите твърдения се потвърждават от изследванията на В 303, Waldviertler Straße, Австрия и В 300, Германия. От огромна важност е намаляването на произшествията с човешки жертви като последица (около 50% спад на В 300, съответно 37% спад на В 303).

Проучвания от Финландия показват еднакво ниво на сигурност при трилентовите пътища без кабелна бариера и обикновените двулентови пътища. Причината е големият брой произшествия в резултат на челен сблъсък. В бъдеще се предвижда задължително изграждане на предпазна бариера в разделителната ивица.

Пътищата тип 2+1 с кабелна бариера са типични за Швеция. Предприемането на тази мярка при изграждането на трилентовите пътища води до намаляването на произшествията с човешки жертви с около 50%. Изследванията показват голям брой произшествия с материални щети, които са в следствие от сблъсък с бариерата за сигурност. Въпреки този факт и големите разходи по възстановяването и поддръжката на кабелната бариера изпълнението на пътищата тип 2+1 с разделително съоръжение намират все по-често приложение.

В заключение може да се обобщи, че предстои изясняването на голям брой въпроси, свързани с проектирането и приложението на пътищата тип 2+1. Резултатите от проведените изследвания показват красноречиво подобряване на безопасността на движение и улеснение на самото движение в следствие на регулираната възможност за изпреварване. Наличието на еднозначни дефиниции в нормите за проектиране относно пътищата тип 2+1 доказва, че са намерили своето място в пътната мрежа. Този факт може да послужи като препоръка за приложението им в други страни като България например.

---

## LITERATURVERZEICHNIS

Baselau, C.: Entwicklung eines Verfahrens zur Beurteilung der Verkehrsqualität auf Straßen mit 2+1 – Verkehrsführung. Dissertation, Bauhaus – Universität Weimar, Schriftenreihe Heft 03, Weimar 2006

Bergh, T. und Carlsson, A.: 2+1 – Roads With and Without Cable Barriers: Speed Performance. Research Report for the Forth International Symposium on Highway Capacity Proceeding, Hawaii 2000

Bergh, T., Carlsson, A. und Moberg, J.: 2+1 – Roads with Cable Barriers – a Swedish Success Story. Research Report for the Third International Symposium on Highway Geometric Design, Chicago Illinois 2005

BGN – Bulgarische Norm zur Straßenprojektierung, Sofia

- Kapitel III – Zusatzstreifen in Steigungen, 2005
- Anhang 12 – Methode zur Bestimmung der Notwendigkeit eines Zusatzstreifens in Steigungen, 2005

Bickelhaupt, R.: Beurteilung des dreistreifigen Querschnittstyps b2+1 unter besonderer Berücksichtigung des Schwerverkehrs. Veröffentlichung des Instituts für Straßen- und Eisenbahnwesen der Universität Karlsruhe (TH), Heft 38, Karlsruhe 1991

Brannolte, U. und Baselau, C.: Zusammenhänge zwischen Verkehrsstärke und Verkehrsablauf auf den neuen Querschnitten nach RAS-Q '96: Untersuchung des Verkehrsablaufs auf dem Straßentyp RQ 15,5. Zwischenbericht FE 02.208/2000, Weimar 2004

Brannolte, U., Dilling, J., Durth, W., Hartkopf, G., Meewes, V., Rohloff, M., Schliesing, H. und Stievermann, P.: Einsatz von Zwischenquerschnitten. Bericht der Forschungsgruppe Zwischenquerschnitte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft 265, Bergisch Gladbach 1992

FSV – Forschungsgesellschaft Straße – Schiene – Verkehr, Wien

- RVS 03.03.33 – Dreistreifige Querschnitte (2+1 – Querschnitte), 2008

FGSV – Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln

- RAL - Richtlinien für die Anlage von Landstraßen, 2007
- RAS-Q – Richtlinie für Anlage von Straßen – Teil: Querschnitt, 1996

Herrstedt, L.: 2+1 – Roads – Danish Experience. Danish Transport Research Institute, Copenhagen, Dänemark, 2001

---

Hörentseder, K.: Machbarkeitsstudie zur Einführung eines 2+1 – Querschnitts an der B127 Rohrbacher Straße. Diplomarbeit Nr. 2/2007, Institut für Verkehrswesen, Department für Raum, Landschaft und Infrastruktur, Universität für Bodenkultur, Wien 2007

INRA – Ireland National Roads Authority, Dublin

- Interim Advice Note on Road Link Design for 2+1 – Roads, 2006

Meewes, V., Stievermann, P., Leopold, K. und Stritt, U.: Erfahrungen mit „2+1“ – spuriger Verkehrsführung. Straße und Autobahn, Heft 3, 1991

NCHRP – National Cooperative Highway Research Program: Application of European 2+1 Roadway Designs, NCHRP Report 275, Washington D.C., 2003

Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern: Verkehrs- und Unfallgeschehen auf Straßen des überörtlichen Verkehrs in Bayern, Jahresbericht 1998/99

Palm, I. und Schmidt, G.: Querschnittsbreiten einbahniger Außerortsstraßen und Verkehrssicherheit und Sonderuntersuchung zum Querschnittstyp b2+1. Forschungsberichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft V64, Bergisch Gladbach 1999

Roos, R.: Pulkbildung und Pulkauflösung als Kriterien zur Bemessung dreistreifiger Außerortsstraßen mit Betriebsform b2+1. Dissertation, Fachbereich Wasser und Verkehr der Technischen Hochschule Darmstadt, Darmstadt 1989

SNRA – Sweden National Roads Authority, Stockholm

VGU – VV Publikation 2004: 80

- Sektion Landsbygd – Vägum 5 Vägtyper, 2004
- Sektion Landsbygd – Vägum 9 Detailutformning av mötesfri motortrafikled och landsväg, 2004

VSS – Vereinigung Schweizerischer Straßenfachleute, Zürich

- SNV 640 138b – Linienführung. Zusatzstreifen in Steigungen und Gefällen, 2005

Weber, R. und Löhe, U.: Verkehrssicherheit und Verkehrsablauf auf b2+1 – Strecken mit allgemeinem Verkehr. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft V109, Bergisch Gladbach 2003

Weber, R.: Ausbaustandard und Überholverhalten auf 2+1 – Strecken. Bericht der Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach 2005