

Verbesserung der Bedingungen für Fußgänger an Lichtsignalanlagen

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Verkehrstechnik Heft V 217

bast

Verbesserung der Bedingungen für Fußgänger an Lichtsignalanlagen

von

Dankmar Alrutz
Carola Bachmann
Juliane Rudert

PGV

Wilhelm Angenendt
Arne Blase
Fabian Fohlmeister

AB Stadtverkehr

Peter Häckelmann

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Verkehrstechnik Heft V 217

bast

Die Bundesanstalt für Straßenwesen veröffentlicht ihre Arbeits- und Forschungsergebnisse in der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen**. Die Reihe besteht aus folgenden Unterreihen:

A - Allgemeines
B - Brücken- und Ingenieurbau
F - Fahrzeugtechnik
M - Mensch und Sicherheit
S - Straßenbau
V - Verkehrstechnik

Es wird darauf hingewiesen, dass die unter dem Namen der Verfasser veröffentlichten Berichte nicht in jedem Fall die Ansicht des Herausgebers wiedergeben.

Nachdruck und photomechanische Wiedergabe, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der Bundesanstalt für Straßenwesen, Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit.

Die Hefte der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen** können direkt beim Wirtschaftsverlag NW, Verlag für neue Wissenschaft GmbH, Bgm.-Smidt-Str. 74-76, D-27568 Bremerhaven, Telefon: (04 71) 9 45 44 - 0, bezogen werden.

Über die Forschungsergebnisse und ihre Veröffentlichungen wird in der Regel in Kurzform im Informationsdienst **Forschung kompakt** berichtet. Dieser Dienst wird kostenlos abgegeben; Interessenten wenden sich bitte an die Bundesanstalt für Straßenwesen, Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit.

Ab dem Jahrgang 2003 stehen die Berichte der BAST zum Teil als kostenfreier Download im elektronischen BAST-Archiv ELBA zur Verfügung.
<http://bast.opus.hbz-nrw.de/benutzung.php?la=de>

Impressum

Bericht zum Forschungsprojekt FE 77.0493/2008:
Verbesserung der Bedingungen für Fußgänger
an Lichtsignalanlagen

Herausgeber

Bundesanstalt für Straßenwesen
Brüderstraße 53, D-51427 Bergisch Gladbach
Telefon: (0 22 04) 43 - 0
Telefax: (0 22 04) 43 - 674

Redaktion

Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit

Druck und Verlag

Wirtschaftsverlag NW
Verlag für neue Wissenschaft GmbH
Postfach 10 11 10, D-27511 Bremerhaven
Telefon: (04 71) 9 45 44 - 0
Telefax: (04 71) 9 45 44 77
Email: vertrieb@nw-verlag.de
Internet: www.nw-verlag.de

ISSN 0943-9331
ISBN 978-3-86918-263-6

Bergisch Gladbach, November 2012

Kurzfassung – Abstract

Verbesserung der Bedingungen für Fußgänger an Lichtsignalanlagen

Gegenstand des Forschungsvorhabens ist es, die in Deutschland praktizierte Signalisierung des Fußgängerverkehrs mit der Signalfolge Grün – Rot – Grün und dem Räumen der Fußgänger gegen Rot sowie alternative Möglichkeiten der Fußgängersignalisierung zu untersuchen und zu bewerten. Dazu wurden zunächst im In- und Ausland praktizierte Formen der Fußgängersignalisierung auf Grundlage einer Literaturrecherche analysiert. Prinzipiell verfolgenswerte Ansätze mit einer Gelbzeit für Fußgänger, einem Grünblinken und einer Anzeige der verbleibenden Rot- bzw. Grünzeit wurden mittels Befragungen von Fußgängern, Verhaltensbeobachtungen und Unfallanalysen an 17 ausgewählten Signalanlagen in Deutschland und im europäischen Ausland untersucht und bewertet.

Im Ergebnis ist festzustellen, dass die Signalfolge Grün – Rot – Grün beibehalten, jedoch in der praktischen Anwendung verbessert werden sollte. Mit einem Grünblinken und einer Restrot-Restgrün-Anzeige können den Verkehrsteilnehmern zusätzliche Informationen vermittelt werden. Eine Gelbzeit für Fußgänger kann nach den Erkenntnissen des Vorhabens nicht empfohlen werden.

Improving the situations for pedestrians at traffic lights

The subject of the research project is the analyzing and evaluation of the pedestrian lights with the signal sequence green – red – green as practised in Germany with the spaces provided for pedestrians against red, in addition to alternative pedestrian lights. To this end, the forms of pedestrian lights used in Germany and abroad were analyzed on the basis of literature researches. Approaches which were worth pursuing in principle with a yellow period for pedestrians, a flashing green light and an a display showing the remaining red or green period were analyzed and evaluated by surveying pedestrians, behaviour observations and by analyzing accidents at 17 selected traffic lights in Germany and neighbouring countries.

This resulted in the determination that the light sequence green – red – green should be retained but its practical use should nevertheless be improved. The traffic participants can be provided with additional information with a flashing green light and a remaining red-remaining green indicator. The knowledge gained from the project points to a yellow period for pedestrians not being recommendable.

Inhalt

Vorbemerkung	7	4 Befragung von Städten	41
1 Problemstellung und Zielsetzung ...	9	4.1 Vorgehen und Datenbasis	41
2 Untersuchungsmethodik	9	4.2 Ergebnisse der Städtebefragung	41
3 Literaturanalyse und bisheriger Erkenntnisstand	10	4.2.1 Anzahl der Lichtsignalanlagen und der Fußgänger-LSA auf der Strecke	41
3.1 Deutsche Regelwerke	10	4.2.2 Umlaufzeit	43
3.1.1 Straßenverkehrs-Ordnung und Verwaltungsvorschrift zur StVO	10	4.2.3 Räumgeschwindigkeit der Fußgänger	44
3.1.2 Richtlinien für Lichtsignalanlagen (RiLSA) und zugehörige Beispielsammlung	11	4.2.4 Abbiegende Kfz und Fußgänger zeitgleich	44
3.1.3 Weitere deutsche Regelwerke	13	4.2.5 Mindestgrünzeit für Fußgänger	44
3.2 Internationale Regelwerke	15	4.2.6 Signalisierungsformen	44
3.2.1 Niederlande	15	4.3 Probleme und Lösungsansätze zur Verbesserung der Fußgängersignalisierung	45
3.2.2 Österreich	16	5 Zwischenfazit	46
3.2.3 Schweiz	18	6 Lösungsansätze	49
3.3 Allgemeine Forschungsergebnisse ...	18	6.1 Kriterienkatalog und Bewertung der Lösungsansätze	49
3.3.1 Überblick aus dem Jahr 1976	18	6.2 Auswahl der Lösungsansätze und der Fallbeispiele	50
3.3.2 Aachener Symposium 1989	19	7 Untersuchungsdesign für die Fallbeispiele	51
3.3.3 Aachener Feldversuche 1991	20	7.1 Auswahl der Fallbeispiele	51
3.4 Besondere Ausprägungen der Fußgängersignalisierung	21	7.2 Untersuchungsmethodik	56
3.4.1 Dreifeldige vier- bzw. dreibegriffige Signalisierung	21	7.2.1 Verhaltensbeobachtungen	56
3.4.2 Zweifeldige dreibegriffige Signalisierung	26	7.2.2 Befragungen von Fußgängern	57
3.4.3 Restrot- und Restgrünanzeigen	30	7.2.3 Unfallanalyse	57
3.4.4 Anzeige der Räumzeit durch Gelbblinken für den abbiegenden Kraftfahrer	34	7.3 Begriffsdefinitionen	57
3.4.5 Fußgängersignalstandorte vor der Konfliktfläche	35	8 Verhaltensuntersuchungen	59
3.4.6 Rundum-Grün für Fußgänger	38	8.1 Untersuchungskollektive	59
3.5 Anforderungen mobilitätseingeschränkter Personen	39	8.2 Überquerungsverhalten	61
		8.2.1 Standorte mit Grün-Rot-Signalisierung	61

8.2.2	Standorte mit Restzeitanzeige	62	10.1.2	Unfallzeit (Monat, Tag, Uhrzeit)	81
8.2.3	Standorte mit Fußgänger-Gelb	63	10.1.3	Unfalltyp und Unfallursachen	82
8.2.4	Standorte mit Grünblinken für Fußgänger	65	10.1.4	Unfallfolge	83
8.2.5	Vergleich der Signalisierungsformen	66	10.1.5	Vergleich mit anderen Untersuchungen	84
8.3	Interaktionen mit Kfz-Verkehren	68	10.2	Mikroskopische Unfalluntersuchung an den deutschen Fallbeispielen	85
8.3.1	Signaltechnisch gesicherte Ströme	8	10.2.1	Bochum	85
8.3.2	Bedingt verträgliche Ströme	69	10.2.2	Bonn	85
8.4	Fußgängergeschwindigkeiten	70	10.2.3	Düsseldorf	85
8.4.1	Standorte mit Grün-Rot-Signali- sierung	70	11	Zusammenfassung der Ergebnisse und Folgerungen	85
8.4.2	Standorte mit Restzeitanzeige	71	11.1	Aufgabenstellung	85
8.4.3	Standorte mit Fußgänger-Gelb	71	11.2	Arbeitsschritte und Datenbasis	85
8.4.4	Standorte mit Grünblinken	72	11.3	Literaturanalyse und Städte- befragung	86
8.4.5	Zusammenfassung der Werte	72	11.4	Ergebnisse der Wirkungsunter- suchungen – generelle Aspekte	91
8.5	Mindestgrünzeiten	7	11.4.1	Rahmenbedingungen der Anlage und Überquerungsverhalten	91
8.5.1	Zuwegzeiten	74	11.4.2	Gehgeschwindigkeiten und Zuweg- zeiten	92
8.5.2	Notwendige Gehgeschwindigkeiten während der Mindestgrünzeiten	74	11.4.3	Bedingt verträglicher Abbiege- verkehr von Kfz	92
8.5.3	Überquerungslängen während der Mindestgrünzeiten	75	11.5	Ergebnisse der Wirkungsunter- suchungen nach Art der Signali- sierung	93
9	Befragungen von Fußgängern an den Fallbeispielen	76	11.5.1	Herkömmliche Grün-Rot- Signalisierung	93
9.1	Grundlagen	76	11.5.2	Grün-Rot-Signalisierung mit Restzeitanzeige	94
9.2	Reisezweck und Ortskenntnis	76	11.5.3	Fußgänger-Gelb	96
9.3	Rechtliches und tatsächliches Verhalten	77	11.5.4	Grünblinken für Fußgänger	98
9.4	Räumzeit	78	12	Gesamtfazit und Ausblick	99
9.5	Vergleich der Signalisierungs- formen	79	12.1	Überblick	99
9.6	Dauer der Schaltzustände	79	12.2	Empfehlungen zur Verbesserung der Grün-Rot-Signalisierung	100
9.7	Subjektive Sicherheit	80	12.3	Weiterer Forschungsbedarf	100
9.8	Abbiegende Kraftfahrer und parallel gehende Fußgänger	80	13	Literatur	101
10	Unfalluntersuchungen	81			
10.1	Makroskopische Unfallunter- suchung in Düsseldorf	81			
10.1.1	Unfallanzahl	81			

Vorbemerkung

Bei der Signalisierung an Knotenpunkten und Überquerungsstellen werden bislang der Fußgängerverkehr und der Fahrzeugverkehr unterschiedlich behandelt. Während die Signale für den Fahrzeugverkehr vor der Konfliktfläche stehen, sind sie für den Fußgängerverkehr hinter der Konfliktfläche angeordnet. Die Signalfolge wechselt bei den Fußgängern direkt von Grün auf Rot. Daraus kann sich eine Reihe von Problemen ergeben:

- Fußgänger sind gezwungen, nach Signalwechsel gegen Rot zu gehen,
- Kindern kann diese Signalisierung ein eindeutiges Verständnis erschweren,
- abbiegenden Kraftfahrern kann das „Laufen gegen Rot“ von Fußgängern fälschlicherweise ein regelwidriges Verhalten der Fußgänger suggerieren.

Vor diesem Hintergrund soll ein Schwerpunkt der Untersuchung die Signalisierung des Übergangs von Grün auf Rot für die Fußgänger betreffen. Mittels Literaturanalysen und empirischen Erhebungen sollen verschiedene Lösungsansätze untersucht und bewertet werden. Es sollen Empfehlungen für die kommunale Praxis erarbeitet sowie Hinweise für die Fortschreibung der technischen und straßenverkehrsrechtlichen Regelwerke abgeleitet werden.

Die Untersuchung wurde von zahlreichen Städten, die sich an der Befragung beteiligt haben, unterstützt. Insbesondere den Städten aus Deutschland, den Niederlanden, Österreich und der Schweiz, in denen Fallbeispiele vertiefend analysiert werden konnten und die mit Daten und Informationen zu der Untersuchung beigetragen haben, sei an dieser Stelle besonders gedankt.

Die Untersuchung wurde von der Bundesanstalt für Straßenwesen sowie einem forschungsbegleitenden Ausschuss mit Mitgliedern aus Gremien der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen betreut. Für ihre konstruktiven Anregungen und Hinweise gebührt den Mitgliedern des Ausschusses Frau Dr. Hartz, Frau Sharma und Herr Teichner (Bundesanstalt für Straßenwesen) sowie den Herren Dr. Heinz (Mainz), Lange (Berlin), Ortlepp (Berlin), Dr. Rebstock (Erfurt), Stüben (Düsseldorf) und Dr. Wiebusch-Wothge (Bochum) besonderer Dank.

1 Problemstellung und Zielsetzung

Die Signalisierung des Fußgängerverkehrs erfolgt in Deutschland mit zwei- oder dreifeldigen Signalgebern und der zweibegriffigen Signalfolge Grün – Rot – Grün. Die Signalgeber sind hinter der Konfliktfläche angeordnet. Die Räumzeiten der Fußgänger laufen bei Rot ab, was zur Folge hat, dass Fußgänger nach dem Signalwechsel von Grün auf Rot gegen Rot laufen.

Diese Art der Fußgängersignalisierung kann zu sicherheitsrelevanten Irritationen führen: So zeigen abbiegende Kraftfahrer in Vermutung einer Rotquerung der Fußgänger manchmal nicht die gebotene Rücksichtnahme gegenüber Fußgängern und neigen zum Teil zu einem aggressiven Fahrverhalten (von STEIN 1976, Arbeitskreis Verkehr 1987, BOLTZE, FRIEDRICH 2006). Auch kann das „Gehen gegen Rot“ insbesondere bei Kindern und älteren Menschen zu Verunsicherung oder sogar zum Abbruch des Überquerungsvorganges führen (von STEIN 1976, LIMBOURG 1997, FUNK 2004). Beeinflusst können Irritationen und abgebrochene Überquerungen auch dadurch sein, dass sich nach bisherigem Kenntnisstand ein erheblicher Anteil aller Fußgänger an Signalfurten mit weniger als 1,2 m/s und damit langsamer als nach der in den Richtlinien für Lichtsignalanlagen (RiLSA 2010) vorgegebenen Regelräumgeschwindigkeit von 1,2 m/s fortbewegen. Fast 10 % der Senioren laufen noch langsamer als mit der in den RiLSA 2010 vorgegebenen Mindesträumgeschwindigkeit von 1,0 m/s (THORSON, PARÉS 2001). Bei Rollstuhlnutzern kann diese Geschwindigkeit auf nur noch 0,6 m/s sinken (BOENKE, GERLACH 2011).

Vor diesem Hintergrund wurde das Forschungsvorhaben „Verbesserung der Bedingungen für Fußgänger an Lichtsignalanlagen“ initiiert. Untersuchungsschwerpunkt ist die Signalisierung des Überganges von der Fußgängerfreigabe zur -sperrzeit sowie damit im Zusammenhang stehende Sonderlösungen für die Fußgängersignalisierung.

Im Ausland wird dieser Übergang oft fließender als in Deutschland gestaltet. So kommt z. B. in England, Österreich, den Niederlanden, Teilen der Schweiz, Norwegen, Polen, Russland, Schweden und Spanien sowie Kanada, den USA oder in Japan häufig ein Blinken der Fußgängersignale in den letzten Sekunden der Freigabezeit bzw. während der Räumzeit zum Einsatz. In der Schweiz

und in Spanien findet man verbreitet auch Gelbsignale. In Japan setzen verschiedene Städte bei bedarfsgesteuerten Signalanlagen Detektoren und eine Verlängerung der Freigabezeit bei noch querenden Fußgängern ein. In einigen Städten in Großbritannien werden Signalstandorte im Bereich der Wartefläche und damit vor der Konfliktfläche eingerichtet (Department of Transport 2006).

Diese im Ausland praktizierten Lösungen entsprechen nicht den in Deutschland geltenden verkehrsrechtlichen Bestimmungen und den technischen Regelwerken (RiLSA 2010). In Deutschland geht die Stadt Düsseldorf seit 1953 (STEIN 1976) einen durch eine Sonderregelung gestützten Weg, indem sie den Fußgänger dreifeldig vierbegriffig mit Rot – Rot + Gelb – Gelb – Grün signalisiert.

Die deutschen Richtlinien fordern einfache Signalisierungsstrukturen, die den Grundprinzipien der Erkennbarkeit, Begreifbarkeit, Eindeutigkeit und Nachvollziehbarkeit Rechnung tragen. Jede Änderung in den Signalisierungsformen hat sich an diesen Prinzipien zu orientieren und muss vor dem Kostenhintergrund mit abgesicherten Erkenntnissen begründet sein.

Mit den Untersuchungen im Rahmen dieses Forschungsvorhabens soll Aufschluss über die Wirkungen von Signalisierungsformen gewonnen werden, die den Übergang von der Freigabezeit auf die Sperrzeit des Fußgängerverkehrs regeln. Von Bedeutung ist vor allem die Klärung der Frage, inwieweit mit einer besonderen oder veränderten Signalisierung das Überquerungsverhalten der Fußgänger durch eine verbesserte Eindeutigkeit günstig beeinflusst, die Verkehrssicherheit erhöht und die Abwicklung der Interaktionen mit dem Kraftfahrzeugverkehr reibungsärmer gestaltet werden kann.

2 Untersuchungsmethodik

Den Ausgangspunkt der Untersuchungen bilden eine Zusammenstellung der relevanten Literatur und eine Analyse der zum Einsatz kommenden Regelungen zur Fußgängersignalisierung. Dabei wurden sowohl die generellen Prinzipien der Fußgängersignalisierung in ihren unterschiedlichen Ausgestaltungsformen als auch die Regelungsformen des Übergangs von der Freigabe- zur Sperrzeit betrachtet. Die Zusammenstellung der Beispiele erfolgte auf Basis der Literatur, der Planungsleitwerke

der infrage kommenden Länder und auf Grundlage von Erfahrungen, die im Rahmen einer Befragung bei über 60 deutschen Städten gewonnen wurden. Zusätzlich wurden unterschiedliche Fußgängersignalisierungen vor Ort in Deutschland und im Ausland besichtigt. Die erhobenen Lösungsansätze wurden systematisch aufbereitet und im Hinblick auf ihre Vor- und Nachteile anhand eines Kriterienkataloges bewertet.

Darauf aufbauend wurden prinzipiell als geeignet eingestufte Lösungsansätze der Fußgängersignalisierung für vertiefende empirische Untersuchungen ausgewählt. Insgesamt wurden neben der herkömmlichen Signalisierung in Deutschland auch Signalisierungsformen

- mit einer Restzeitanzeige,
- mit Fußgänger-Gelb sowie
- mit einem Grünblinken

anhand von 17 Fallbeispielen in Deutschland, den Niederlanden, der Schweiz und in Österreich untersucht (Tabelle 2.1).

Dabei wurden mittels videogestützter Verhaltensbeobachtungen über 34.000 Fußgänger in Hinblick auf Merkmale des Überquerungsverhaltens und der Interaktion, insbesondere mit Kfz, ausgewertet. Über 14.000 Fußgänger wurden in Bezug auf die Überquerungsgeschwindigkeit analysiert.

Befragungen von Fußgängern dienen einer Abgrenzung anlagenspezifischer und subjektiv personenbedingter Einflüsse auf das Überquerungsverhalten. Ferner wurden die Kenntnis sowie die subjektive Bewertung der Regelung abgefragt. Inse-

gesamt wurden 600 Fußgänger an Fallbeispielen mit den unterschiedlichen untersuchten Signalisierungsformen befragt.

Für die acht deutschen Fallbeispiele wurden die Unfälle mit Fußgängerbeteiligung für einen dreijährigen Zeitraum untersucht. Für die Stadt Düsseldorf wurden darüber hinaus für einen fünfjährigen Zeitraum alle Unfälle mit Fußgängerbeteiligung an Lichtsignalanlagen analysiert.

Aus den Untersuchungsergebnissen wurden Empfehlungen für eine Verbesserung der Signalisierung des Fußgängerverkehrs sowie in Hinblick auf eine Anpassung der technischen Regelwerke abgeleitet.

3 Literaturanalyse und bisheriger Erkenntnisstand

3.1 Deutsche Regelwerke

3.1.1 Straßenverkehrs-Ordnung und Verwaltungsvorschrift zur StVO

In § 25 der Straßenverkehrs-Ordnung (StVO) heißt es: „Fußgänger haben Fahrbahnen unter Beachtung des Fahrzeugverkehrs zügig auf dem kürzesten Weg quer zur Fahrtrichtung zu überschreiten, und zwar, wenn die Verkehrslage es erfordert, nur an Kreuzungen oder Einmündungen, an Lichtzeichenanlagen innerhalb von Markierungen oder auf Fußgängerüberwegen (Z 293). Wird die Fahrbahn an Kreuzungen oder Einmündungen überschritten, so sind (...) Markierungen an Lichtzeichenanlagen stets zu benutzen.“

Regelung Fußgänger-Signalisierung	Verhaltensbeobachtungen	Fußgängerbefragungen	Unfallanalyse
Fußgänger-Gelb in Düsseldorf	3	100	Ja (makro/mikro)
Fußgänger-Gelb in Zürich	3	100	-
Grünblinken in den Niederlande (Eindhoven)	2	100	-
Grünblinken in Österreich (Graz)	2	100	-
Grünblinken in der Schweiz (Basel)	2	-	-
Restrot-/Restgrünanzeige in Bochum	2	100	Ja (mikro)
Standardsignalisierung als Kontrollgruppe (Bonn, Bochum)	3	100	Ja (mikro)
Restrot-/Restgrünanzeige in Bochum	2	100	Ja (mikro)
Standardsignalisierung als Kontrollgruppe (Bonn, Bochum)	3	100	Ja (mikro)
Summe	17 Untersuchungsstellen	600 Fragebögen	

Tab. 2-1: Übersicht über die Untersuchungsfälle und die durchgeführten Erhebungen

§ 37 StVO beschreibt die Fußgängersignale: „Gelten die Lichtzeichen nur für Fußgänger (...), so wird das durch ein Sinnbild eines Fußgängers (...). Für Fußgänger ist die Farbfolge Grün – Rot – Grün. Wechselt Grün auf Rot, während Fußgänger die Fahrbahn überschreiten, so haben sie ihren Weg zügig fortzusetzen.“

In § 38 StVO wird festgelegt, dass das gelbe Blinklicht vor Gefahren warnt.

Die Verwaltungsvorschrift zur StVO (VwV-StVO) führt zu § 25 aus: „Die Sicherung des Fußgängers beim Überqueren der Fahrbahn ist eine der vornehmsten Aufgaben der Straßenverkehrsbehörden und der Polizei.“ Sie fordert dort, wo die Fahrzeugverkehrsstärke kein sicheres Überschreiten der Fahrbahn erlaubt oder unzumutbare Behinderungen des Fahrzeugverkehrs durch Fußgänger entstehen, ein Fernhalten der Fußgänger von der Fahrbahn oder eine Zusammenfassung des Fußgängerverkehrs mittels Fußgängerüberwegen, Lichtzeichenanlagen oder Inseln unter Beachtung zumutbarer Umwege.

Die VwV-StVO macht folgende für die Fußgängersignalisierung in Bezug auf abbiegenden Kfz-Verkehr wesentliche Aussagen: „Solange ein grüner Pfeil gezeigt wird, darf kein anderer Verkehrsstrom Grün haben, der den durch den Pfeil gelenkten kreuzt (...).“ Hinsichtlich des Einsatzes des Schildes des grünen Pfeils auf schwarzem Grund (Grünpfeil) heißt es in der VwV-StVO, dass dieser nur in Betracht kommt, wenn der Rechtsabbieger Fußgänger- und Fahrzeugverkehr der frei gegebenen Verkehrsrichtungen ausreichend einsehen kann, um die ihm auferlegten Sorgfaltspflichten zu erfüllen. Der Grünpfeil darf nicht verwendet werden, wenn die LSA überwiegend der Schulwegsicherung dient. Er soll nicht angewendet werden, wenn häufig seh- oder gehbehinderte Personen überqueren wollen. Wenn er ausnahmsweise auch dort angewendet wird, wo Blinde oder Sehbehinderte überqueren wollen, so sind die LSA mit akustischen oder anderen Zusatzeinrichtungen auszustatten.

Die VwV-StVO besagt weiterhin, dass ortsfestes gelbes Blinklicht nur sparsam verwendet werden sollte und nur dann, wenn die erforderliche Warnung auf andere Weise nicht deutlich genug gegeben werden kann. Empfehlenswert ist vor allem, es anzubringen, um den Blick des Kraftfahrers auf Stellen zu lenken, die außerhalb seines Blickfeldes liegen, z. B. wenn der Kraftfahrer wegen der baulichen Beschaffenheit der Stelle nicht ausreichend

klar erkennt, dass er wartepflichtig ist. Im gelben Blinklicht dürfen schwarze Sinnbilder (z. B. schreitender Fußgänger) gezeigt werden.

3.1.2 Richtlinien für Lichtsignalanlagen (RiLSA) und zugehörige Beispielsammlung

Herkömmliche Fußgängersignalisierung

Die im Jahre 2010 erschienenen Richtlinien für Lichtsignalanlagen (RiLSA) bilden die Grundlage für die Signalprogrammabrechnung. StVO-konform definieren sie, dass die Lichtsignale für Fußgänger die Signalfolge Grün – Rot – Grün haben. Gelbes Blinklicht kann gemäß § 38 StVO zur Warnung vor Gefahren eingesetzt werden.

Die Umlaufzeit ergibt sich aus der Summe der erforderlichen Freigabezeiten für die maßgebenden Signalgruppen der einzelnen Phasen und den dazwischen liegenden erforderlichen Zwischenzeiten. Als Richtwerte für die Umlaufzeiten gelten minimal 30 s und maximal 90 s (120 s). Größere Umlaufzeiten sollten aus Fußgängersicht vermieden werden. Die RiLSA 2010 erwähnen auch die Möglichkeit, Kurzumläufe innerhalb einer Systemumlaufzeit auch bei Fußgänger-LSA zu schalten.

Für die Berechnung der Zwischenzeiten ($t_z = t_{\text{Ü}} + t_{\text{R}} - t_{\text{E}}$) wird für den Fußgänger angenommen, dass er keine „Überfahrzeit ($t_{\text{Ü}}$)“ und keine „Einfahrzeit (t_{E})“ benötigt und sich die Räumzeit (t_{R}) aus einer Räumgeschwindigkeit von 1,2 m/s mit einer Schwankungsbreite von 1,0 bis 1,5 m/s ermittelt; der Fußgängerräumweg wird in der Mitte der Fußgängerfurt gemessen.

Die Mindestfreigabezeit darf bei Fußgängern 5 s nicht unterschreiten, muss aber so lang sein, dass während der Fußgängerfreigabezeit mindestens die halbe Furtlänge zurückgelegt werden kann. Dieser Wert erhöht sich bei Furten, die mit akustischen Zusatzeinrichtungen für Blinde und Sehbehinderte ausgestattet sind, auf die gesamte Furtlänge. Sind in der gleichen Phase zwei hintereinander liegende Furten zu überqueren, sollte die Fußgängerfreigabezeit so lang sein, dass die längere Furt, die Mittelinsel und die Hälfte der zweiten Furt überquert werden können.

Fußgängerfreigabezeiten dürfen zu einem bereits frei gegebenen bedingt verträglichen Verkehrsstrom nicht hinzugeschaltet werden; ausnahmsweise darf hiervon abgewichen werden, wenn für Linksabbieger eine angezeigte Vorgabezeit geschaltet wird.

Die Signalisierung von Fußgängern und abbiegenden Fahrzeugen kann prinzipiell verträglich oder bedingt verträglich erfolgen. Bei der bedingt verträglichen Regelungsart „Abbieger + Fußgänger gleichzeitig“ sind die Freigabezeiten so zu schalten, dass der Fußgänger mindestens 1 s bis 2 s früher auf der Furt ist als das abbiegende Kfz. Werden Linksabbieger durch den Gegenverkehr im Knotenpunktbereich gestaut und können deswegen erst während der Zwischenzeit abfließen, ist dafür zu sorgen, dass die Linksabbieger rechtzeitig die Fußgängerfurt passiert haben, bevor diese frei gegeben wird („verzögerter Freigabezeitbeginn“).

Bei mehrstreifiger Führung der Abbieger sind parallel geführte Fußgänger grundsätzlich getrennt zu signalisieren. Ferner wird eine getrennte Signalisierung empfohlen, wenn der Abbiegeverkehr zügig geführt wird, stark ist oder eine Häufung von Konfliktpunkten zu beachten hat, die Sichtbeziehungen zwischen Kraftfahrern und Fußgängern eingeschränkt sind, die Fußgängerströme stark sind und für Linksabbieger an schnell befahrenen Straßen das Einschätzen der Zeitlücken im Gegenverkehr schwierig ist.

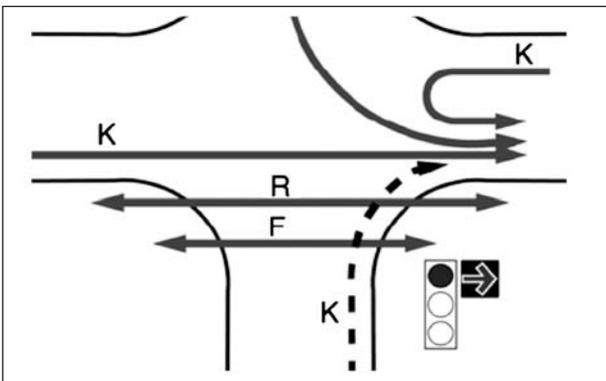


Bild 3-1: Mögliche Konflikte zwischen Nutzern der Grünpfeilregelung und anderen Verkehrsteilnehmern (Teilfortschreibung der RiLSA 2003)

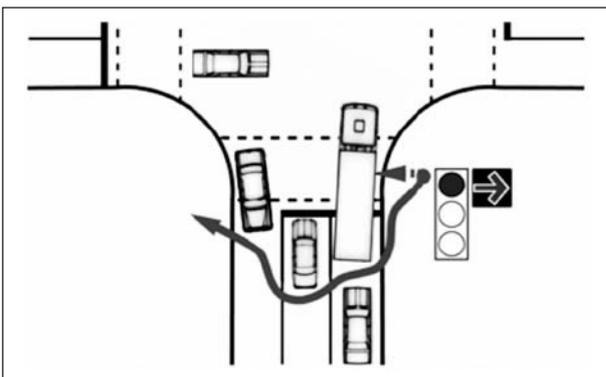


Bild 3-2: Mögliche Behinderung und Gefährdung von Fußgängern und Radfahrern, wenn lange Fahrzeuge die Furt blockieren (Teilfortschreibung der RiLSA 2003)

Die RiLSA-Teilfortschreibung 2003 geht etwas ausführlicher als die RiLSA 2010 auf die Problematik des „Rechtsabbiegens mit Grünpfeil-Schild“ ein und zeigt die relevanten Konfliktbereiche (vgl. Bilder 3-1 und 3-2).

Textlich wird in der RiLSA-Teilfortschreibung 2003 herausgestellt, dass sich zwar einerseits die Anzahl der gleichzeitig frei gegebenen Fußgänger beim bedingt verträglichen Rechtsabbiegeverkehr verringert, andererseits aber ggf. der Zeitvorsprung parallel geführter Fußgänger gegenüber dem abbiegenden Verkehr an der Konfliktfläche verloren gehen kann, wenn Nutzer der Grünpfeil-Regelung zwischen dem Freigabezeitende des kreuzenden Verkehrs und dem Freigabezeitbeginn der Fußgänger an der Furt ankommen.

Fußgänger-LSA werden nach den RiLSA 2010 in der Regel als Anforderungsanlagen mit Tastern oder Berührungsdetektoren (ggf. mit Hinweis „Signal kommt“) betrieben (vgl. Bilder 3-3 und 3-4).



Bild 3-3: Fußgänger-LSA mit Anforderungstaster mit Bestätigung am Taster



Bild 3-4: LSA mit Bestätigung am Mast

Bei Grünen Wellen sollen Fußgänger in die Koordination einbezogen werden. Bei zu langen Wartezeiten für den Fußgänger kann eine Störung der Grünen Welle in Kauf genommen werden. Für den Kfz-Verkehr nicht benötigte Freigabezeiten sollen verkehrsabhängig zugunsten des Fußgängers frühzeitig beendet werden. Hierfür ist die Steuerungslogik und Detektorenanordnung in der Beispielsammlung zur RiLSA 2010 dargestellt.

Hintereinander liegende Furten können nach den RiLSA 2010 entweder simultan oder progressiv signalisiert werden, ggf. bei der progressiven Signalisierung zur Vermeidung von Wartevorgängen auf der Mittelinsel auch so, dass das Fußgängersignal auf der Mittelinsel früher von Grün auf Rot schaltet als das Signal am gegenüberliegenden Fahrbahnrand. Grundsätzlich sollten Signalisierungen so ausgelegt werden, dass das Warten auf Mittelinseln möglichst vermieden wird. Selbstverständlich sind dabei auch die Möglichkeiten der verkehrsabhängigen Steuerung einzusetzen. Um starken Fußgängerströmen ein zügiges Überqueren hintereinander liegender Furten zu ermöglichen, kann die Folge der Fußgängerfreigabezeiten die gesamte Phasenfolge beeinflussen.

Über die Lage einer Fußgängerfurt zum Rand der durchgehenden Straße führen die RiLSA 2010 aus, dass zwar einerseits die Abrückung wegen der notwendigen guten Sicht auf die Furt möglichst klein sein soll, andererseits aber bei einer Abrückung von ca. 5 m bei gemeinsamer Führung von Geradeaus- und Rechtsabbiegeverkehr in einem Fahrstreifen eine Aufstellmöglichkeit für den Abbieger vor dem Erreichen der Fußgängerfurt geschaffen werden kann. Es muss ein Zeitvorsprung an der Konfliktfläche eingerichtet werden (Freigabezeitversatz).

Die Regelbreite von Fußgängerfurten beträgt 4 m, die Mindestbreite 3 m, und bei Furtbreiten von über 8 m sollte ein zweites Fußgängersignalgeber je Richtung angebracht werden.

Wenn Fußgängerfurten gleichzeitig als Zugang zu Haltestellen dienen, dann sollten die Freigabezeiten über die Fahrbahn so geschaltet werden, dass einlaufende ÖPNV-Fahrzeuge von den am Fahrbahnrand wartenden Fahrgästen auch noch erreicht werden können. Die „dynamische Haltestelle mit Zeitinsel“, die gelegentlich zweckmäßig sein kann, wird in den RiLSA 2010 kommentiert und in einem Signallageplan dargestellt.

Die RiLSA 2010 gehen auch darauf ein, wie die Überquerungsstellen unabhängiger und besonderer Bahnkörper zu organisieren sind. Am besten geeignet erscheint die Signalisierung des Fußgängerverkehrs mit gelbem, als Springlicht angeordnetem Blinklicht. Alternativ empfehlen sich Signalisierungsformen mit der Grundstellung „Gesperrt“ für ÖPNV-Fahrzeuge und „Dunkel“ für Fußgänger oder mit der Grundstellung „Rot“ für Fußgänger und „Frei“ für ÖPNV-Fahrzeuge; abgeraten wird von einer Signalisierung mit der Grundstellung „Grün“ anstelle „Dunkel“ für Fußgänger.

Die RiLSA 2010 erwähnen auch die Möglichkeit des Rundum-Grüns für Fußgänger sowie den Sonderfall der verkehrsabhängigen Steuerung mit Alles-Rot/Sofort-Grün.

Beim Betrieb einer Fußgänger-LSA empfiehlt sich als Grundstellung Grün für Fahrzeuge und Rot für Fußgänger, unter Verwendung einer vollständigen Signalfolge. Zulässig sind aber auch die Grundstellungen Dunkel für alle Verkehrsteilnehmer (bis $V_{zul} = 50 \text{ km/h}$).

Die RiLSA 2010 gehen auch auf die Ausbildung der Fußgänger-Signalgeber ein: „Signalgeber für Fußgängersignale sind zweifeldig oder dreifeldig (mit zwei roten Leuchtfeldern)“. Die RiLSA 2010 erwähnen auch die Möglichkeit, das gelbe Blinklicht zur Warnung vor Gefahren zu verwenden.

3.1.3 Weitere deutsche Regelwerke

Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen

Die Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen (RASt 06) geben Hinweise darauf, bei welchen Querschnittsformen Überquerungsanlagen erforderlich und wie diese in Abhängigkeit von der Knotenpunktform oder auf der Strecke in Abhängigkeit von den Fußgängerquer- und Kraftfahrzeugverkehrsstärken und zulässigen Geschwindigkeiten auszubilden sind. Die RAST 06 gehen auch auf entwerfsmäßige Einzelheiten der Überquerungsstellen ein (z. B. Bordsteinhöhen, Breiten, Größen der Aufstellflächen, Sichtfelder, umwegfreie und alle Knotenpunktarme umfassende Führungen).

Hinsichtlich der Signalisierung von Fußgängerfurten verweisen die RAST 06 auf die RiLSA. Darüber hinaus geben sie bestimmte Empfehlungen zu besonderen Stellen im Straßenraum, an denen signalisierte Fußgängerfurten zum Einsatz kommen: Bei ÖPNV-Haltestellen in Mittellage sollen die Fußgän-

ger-Freigabezeiten über die Fahrbahn so gestaltet werden, dass am Fahrbahnrand wartende Fahrgäste das einfahrende ÖPNV-Fahrzeug erreichen können. Bei der Führung von Furten über Mittelinseln empfehlen die RAS 06, unterschiedliche Freigabezeiten der hintereinander liegenden Furten zu vermeiden, weil ansonsten „die Missachtung einzelner gesperrter Furten durch Fußgänger kaum zu verhindern ist“.

Empfehlungen für Fußgängerverkehrsanlagen

In den Empfehlungen für Fußgängerverkehrsanlagen (EFA 2002) ist eine Checkliste für Bestands- und Mängeluntersuchungen enthalten, die auch Mängel an Lichtsignalanlagen als Stichworte nennt (z. B. fehlende Furt am Knotenpunkt, zu lange Wartezeiten). Die EFA 2002 enthalten ein Diagramm, in dem die Einsatzbereiche von Überquerungsanlagen auf der Strecke von zweistreifigen Innerortsstraßen (Breite < 8,50 m) dargestellt sind. Parameter dieses Diagramms sind die Stärke des Fußgängerverkehrs, des Kfz-Verkehrs und die zulässige Geschwindigkeit.

Ein Hauptabschnitt in den EFA 2002 umfasst Lichtsignalanlagen. Die in den RiLSA 1992 enthaltenen Grundsätze für die Fußgängersignalisierung und weitere Aussagen werden wiedergegeben, wie z. B.: Bei bedarfsgesteuerten Fußgänger-LSA sollte möglichst umgehend (nach 7 s), bei Schaltung in Grüner Welle längstens nach 30 s für Fußgänger Grün erscheinen. Grundsätzlich sollte an jedem Knotenpunkttarm eine Fußgängerfurt sein. Mittelinseln sollten mindestens 2,50 m breit sein.

Richtlinien für die Anlage und Ausstattung von Fußgängerüberwegen

Die Richtlinien für die Anlage und Ausstattung von Fußgängerüberwegen (R-FGÜ 2001) beschäftigen sich mit den Voraussetzungen für die Einrichtung von „Zebrastrifen“. Bei den verkehrlichen Voraussetzungen wird der Einsatzbereich von FGÜ in Abhängigkeit von der Fußgängerquerverkehrsstärke (an einem Werktag mit durchschnittlichem Verkehr) und der Kfz-Verkehrsstärke (bezogen auf die gleiche Stunde des Fußgängerquerverkehrs) definiert. In diesem Zusammenhang steht in Bezug auf Fußgänger-Lichtzeichenanlagen in den R-FGÜ 2001:

- Bei Kombinationen von Fußgängerquer- und Kfz-Verkehrsstärken innerhalb des für FGÜ

möglichen/empfohlenen Einsatzbereiches kommen LSA bei > 450 Kfz/h in Betracht.

- Bei Kombinationen von Fußgängerquer- und Kfz-Verkehrsstärken oberhalb des für FGÜ möglichen/empfohlenen Einsatzbereiches sind in der Regel LSA erforderlich.

Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen

Im Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS) werden mittlere Wartezeiten für Fußgänger an LSA eingeführt, mit denen die Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs (QSV) beurteilt werden. Die QSV für den Fußgängerverkehr werden in den Stufen A („kurze Wartezeiten“) bis F („Wartezeiten sind extrem lang“) mit mittleren Wartezeiten von kleiner 15 s bis größer 35 s belegt, wobei beim Überqueren von mehreren Furten ein Zuschlag von 5 s gegeben wird. Das HBS gibt auch die Formel zur Berechnung der mittleren Wartezeit an.

Zur Abschätzung des Einflusses der bevorrechtigten Fußgänger bei der Regelung „Abbieger + Fußgänger gleichzeitig“ auf die Kapazität des abbiegenden Kfz-Verkehrs werden eine Berechnungsformel, ein -formular und -beispiel angegeben, mit deren Hilfe die Verkehrsqualität für Fußgänger nachgewiesen werden kann.

Hinweise für barrierefreie Verkehrsanlagen

Mit den Hinweisen für barrierefreie Verkehrsanlagen (H BVA, Ausgabe 2011) werden zahlreiche Regelwerke der FGSV, die sich mit dem Entwurf und dem Betrieb von Verkehrsanlagen befassen, mit dem Ziel eines „Design für alle“ konkretisiert. Nach einer Übersicht über die Arten von Mobilitätseinschränkungen, über die planerischen Konfliktpotenziale, die Entwicklung der Gesetzgebung zur Berücksichtigung der Belange behinderter Menschen und die bestehenden Instrumente zur Planung und Umsetzung der Barrierefreiheit werden in den H BVA detailliert Entwurfsfragen behandelt. Bezüglich der Gestaltung der Gehwegflächen vor Fußgängerfurten wird die Ausbildung von „Aufmerksamkeitsfeldern“ und „Richtungsfeldern“ mittels Bodenindikatoren empfohlen und sinnvolle Querneigungen und Bordsteinhöhen dargestellt. Die Einrichtung von Lichtsignalanlagen wird empfohlen, sofern anders ein ausreichender Schutz bei der

Querung nicht zu gewährleisten ist. Hingewiesen wird auf die Gehgeschwindigkeit mobilitätseingeschränkter Menschen, die zwischen 0,5 und 0,8 m/s liegt. Im Sinne der Barrierefreiheit sollte deshalb nach H BVA mit einer Fußgängerräumgeschwindigkeit von 1,0 m/s gerechnet werden. Hintereinander liegende Furten mit schmalen Fahrbahnteilern sollten für blinde und sehbehinderte Menschen nur in Ausnahmefällen getrennt signalisiert werden. Angeforderte akustische Freigabezeichen dürfen nicht in eine laufende optische Freigabezeit zugeschaltet werden.

Für die Gestaltung der Zusatzeinrichtungen an Lichtsignalanlagen für blinde und sehbehinderte Menschen wird auf die RiLSA und die DIN 32981 verwiesen. Ausführlich erwähnt werden die akustischen und taktilen Signalgeber sowie die taktilen Zusatzinformationen an Anforderungstastern. Wertvoll ist der Hinweis, dass in bestimmten Situationen durch diffuse Reflexionen „Lärmteppiche“ entstehen können, die dem blinden oder sehbehinderten Mensch keine akustische Orientierung mehr ohne Lichtsignalisierung erlauben. Ausdrücklich erwähnt wird auch, dass die Grünpfeil-Regelung an Kreuzungen und Einmündungen, die „häufig von seh- oder gehbehinderten Personen überquert werden“, nicht angewendet werden soll.

Überquerungsstellen von Bahnkörpern an Straßenbahn- und Eisenbahntrassen stellen für mobilitätseingeschränkte Menschen eine große Herausforderung dar. Solche Stellen sind generell taktil mit Bodenindikatoren und optisch zu kennzeichnen. Bahnkörperüberquerungen, die weder signaltechnisch, durch Schranken noch personell gesichert werden, sind aus Sicht der Barrierefreiheit nicht akzeptabel. Es bleiben also nur Sicherungsmaßnahmen mit Licht- und Tonsignal, gemäß den RiLSA und der DIN 32981. Werden Freigabezeichen eingesetzt, müssen die Bahnen eine vollständige Signalfolge erhalten. Warnsignale müssen bereits vor dem Schließen der Schranken einsetzen. Werden Schrankenanlagen verwendet, sind diese stets als Vollschranken auszuführen, denn Halbschrankenanlagen können Blindenhunde überfordern.

Das Räumen gegen Rot wird für Menschen mit Mobilitätsbehinderung kritisch bewertet, auch wenn keine direkte Gefährdung damit verbunden ist. Infrarotdetektoren im Furtbereich, welche die Anwesenheit von Fußgängern erkennen und die Freigabezeit verlängern, können psychische Belastungen reduzieren.

3.2 Internationale Regelwerke

3.2.1 Niederlande

In den Niederlanden sind die Planungsleitlinien zur Lichtsignalsteuerung im „Handboek verkeerslichtenregelingen“ der CROW (2006) fixiert. Das für eine breite Zielgruppe verfasste Handbuch geht sehr detailliert auf alle relevanten Fragen der Lichtsignalsteuerung ein und liefert eine umfassende Übersicht über das breite Spektrum der Handlungsmöglichkeiten. Im Hinblick auf die zu untersuchenden Fragestellungen der Signalisierung des Fußgängerverkehrs sind vor allem folgende Aspekte von Bedeutung:

- Es wird zwischen den Räumgeschwindigkeiten langsamer und schneller Fußgänger unterschieden. Für langsam räumende Fußgänger wird ein Wert von 0,8 m/s (v_{vl}) in Ansatz gebracht, der zur Ermittlung der Mindestgrünzeit herangezogen wird. Für schnelle Fußgänger wird mit 1,2 m/s (v_{vs}) gerechnet, wobei dieser Wert in der Regel für einen Start des Querungsvorganges während des Grünblinkens angesetzt wird. Die „Einfahrtgeschwindigkeit“ beträgt 1,5 m/s.
- Die Freigabezeit für den Fußgängerverkehr setzt sich aus einer Grünzeit (G: groentijd) und einer Grünblinkzeit (GK: groenknippertijd) zusammen. Beide Zeiten sind variabel. Der Querungsvorgang kann bis zum Ende der Grünblinkenphase begonnen werden.
- Bei den Signalprogrammberechnungen wird davon ausgegangen, dass langsame Fußgänger die Fahrbahn bei Grünblinken nicht mehr betreten. Im „Reglement Verkeersregels en Verkeerstekens 1990 (RVV)“ der Niederlande wird das Grünblinken für Fußgänger hierzu in § 3 „Verkeerslichten“ Artikel 74 allein mit der Aussage belegt, dass die Fahrbahn überquert werden darf und in Kürze das Rot folgt.
- Es gibt in den Niederlanden keine einheitliche Mindestfreigabezeit. Für Fußgänger wird eine „Garantiegroentijd“ von 4 bis 6 s empfohlen. Die jeweils in Ansatz zu bringenden Mindestfreigabezeiten errechnen sich aus der bei Grün- und Grünblinken zumindest zurückzulegenden Querungsstrecke.
- Die Verkehrsabwicklung in den Niederlanden an lichtsignalgesteuerten Knoten ist durch eine hohe Verkehrsabhängigkeit und eine starke Se-

paration der Verkehrsströme gekennzeichnet. Häufig wird der Fußgängerverkehr zeitlich separiert von abbiegenden Kraftfahrzeugen abgewickelt.

- Bei den Signalprogrammberechnungen wird dementsprechend zwischen „exklusiven“ und „niet-exklusiven voetgangersfasen“ unterschieden.
- Für den Fall, dass der Fußgängerverkehr losgelöst von anderen Verkehrsteilnehmern die Fahrbahn im Rahmen einer „exklusiven“ Phase queren kann, wird bei der Bestimmung der Mindestfreigabezeiten davon ausgegangen, dass langsame Fußgänger ($v_{vl} = 0,8 \text{ m/s}$) in der Freigabezeit (Grün + Grünblinken) die halbe Strecke der Fahrbahn gequert haben. Ansonsten wird die Gefahr gesehen, dass Fußgänger ihre Querung abbrechen und umdrehen.
- Für den Fall einer bedingten Verträglichkeit („niet-exklusive voetgangersfase“) muss die Freigabezeit in der Summe der Grün- und Grünblinkenzeiten so lang sein, dass langsame Fußgänger die gesamte Fahrbahn in der Freigabezeit queren können. Hiermit soll verhindert werden, dass abbiegende Kraftfahrer aggressiv gegenüber vermeintlich bei Rot querenden Fußgängern reagieren. Es gilt also:

$$G + GK \geq l_{vop}/v_{vl}$$

sowie

$$GK_{min} = l_{vop}/v_{vl} - l_{vop}/v_{vs} \text{ [s]}$$

$$G_{min} = l_{vop}/v_{vs} \text{ [s]}$$

G: Grünzeit

GK: Grünblinkenzeit

l_{vop} : Fahrbahnbreite

v_{vl} : Räumgeschwindigkeit langsame Fußgänger

v_{vs} : Räumgeschwindigkeit schnelle Fußgänger

- Die Mindestgrünzeit (G_{min} ; stehendes Grün) kann bei signaltechnisch gesicherter Abwicklung wiederum halbiert werden.
- Die Grünblinkenzeit ist unabhängig davon, ob eine vollständige oder teilweise Separation gegeben ist. Sie beträgt nach den angegebenen Formeln bei Querungsdistanzen von bis zu 7 m konstant 3 s und erhöht sich dann kontinuierlich

auf einen Wert von 7 s bei einer Querungsstrecke (von Fahrbahnrand zu Fahrbahnrand) von 15 m.

3.2.2 Österreich

§ 38 der österreichischen Straßenverkehrs-Ordnung beschreibt die Bedeutung der Lichtzeichen und darin u. a.:

- „(4) Grünes Licht gilt als Zeichen für ‘Freie Fahrt’. (...).
- (5) Rotes Licht gilt als Zeichen für ‘Halt’. (...).
- (6) Das Grüne Licht ist jeweils mit viermal grün blinkendem Licht zu beenden, wobei die Leucht- und die Dunkelphase abwechselnd je eine halbe Sekunde zu betragen hat. Grünes blinkendes Licht bedeutet das unmittelbar bevorstehende Ende des Zeichens für ‘Freie Fahrt’.
- (8) Zur gesonderten Regelung des Verkehrs (...) für bestimmte Gruppen von Straßenbenützern, wie etwa Fußgänger (...), dürfen auch andere leicht erkennbare Lichtzeichen verwendet werden, wobei hinsichtlich des Grünen Lichtes die Bestimmung von Absatz (6) erster Satz anzuwenden ist. Hinsichtlich der Bedeutung solcher Lichtzeichen und des Verhaltens der betroffenen Straßenbenutzer gelten die Bestimmungen der Absätze (1)-(7) sinngemäß.“

Weiterhin gibt es in Österreich seit dem Jahr 2004 die Richtlinie für den nicht motorisierten Verkehr – Fußgängerverkehr (RVS 3.12) und bereits seit dem Jahr 1998 die Richtlinie für Verkehrslichtsignalanlagen (RVS 5.32). Die RVS 3.12 führt zu signalgeregelten Schutzwegen für Fußgänger u. a. Folgendes aus:

- Um generell Umlaufzeiten, Räumzeiten und Fußgängerquerungszeiten kurz zu halten und häufigere Grünzeiten für Fußgänger zu ermöglichen, sollten lichtsignalgeregelte Kreuzungen möglichst kompakt mit geringen Überquerungsdistanzen, d. h. mit möglichst geringer Fahrstreifenanzahl und Fahrstreifenbreite, ausgeführt werden.
- Bei Bedarfs-Grün-Schaltungen für Fußgänger sind möglichst kurze Anmeldezeiten für Fußgänger vorzusehen.
- Die Wartezeiten für Fußgänger auf lichtsignalgeregelten Kreuzungen sollten möglichst kurz

sein, um Rotgehen und Ausweichen auf den Streckenbereich zu reduzieren.

- Phasenabläufe, die Überqueren in Etappen mit Warten auf Verkehrsinseln bedingen, sind problematisch, besonders wenn diese schmal bemessen sind, und sollten daher vermieden werden.
- Grünzeiten für Fußgänger sollten zumindest so lang sein, wie langsamere Fußgänger (mit 1 m/s) benötigen, um mindestens die Hälfte der zu querenden Strecke zurückzulegen.
- Fußgängergrünzeiten sollten mit einem kurzen Vorlauf vor den parallelen Fahrzeuggrünzeiten beginnen, um den Fußgängern das Betreten der Konfliktflächen vor dem Kfz zu ermöglichen.
- Aus Sicherheitsgründen soll eine getrennte Signalisierung von abbiegenden Fahrzeugströmen (eigener Abbiegestreifen) und Fußgängern angestrebt werden. Eine derartige Signalisierung darf nicht zu unzumutbaren Wartezeiten für den Fußgängerverkehr führen. Dies würde zu vermehrtem Rotgehen führen.
- Im Zuge des Neu- und Umbaus von Verkehrslichtsignalanlagen sollen diese mit akustischen und taktilen Hilfssignalen ausgestattet werden.

Die RVS 5.32 definieren folgende Aspekte:

- Für Fußgänger ist eine Räumgeschwindigkeit von 1,0 bis 1,5 m/s anzusetzen.
- Für die maßgebenden Freigabezeiten für die Fußgänger werden Kriterien wie Mindestfreigabezeiten, Dimensionierung in Hinblick auf Schutzweglänge und erhobene Anzahl der Fußgänger herangezogen.
- Die Mindestfreigabezeit für (...) Fußgänger beträgt 8 Sekunden. Sie darf in begründeten Ausnahmefällen unterschritten werden.
- Bei Fußgängern ist zusätzlich die Freigabezeit so auszulegen, dass während der Freigabezeit mindestens die halbe Fahrbahnbreite zurückgelegt werden kann. Sind zwei Fahrbahnen zu überqueren, sollte durch die Dauer bzw. Koordination der Freigabezeiten sichergestellt werden, dass die Fußgänger noch während der Freigabezeit die zweite Fahrbahnhälfte betreten können.
- Bei gemeinsamer Freigabe von Fahrzeugströmen mit Abbiegern und parallel geführten Fußgängerströmen sollte der Beginn der Freigabezeiten so geschaltet werden, dass sich Fußgänger (...) 1 bis 2 Sekunden vor den abbiegenden Fahrzeugen auf der Konfliktfläche befinden.
- Fußgängern sind Wartezeiten nur in beschränktem Ausmaß zuzumuten, da mit steigender Wartezeit die Bereitschaft zur Missachtung des Rotlichtes zunimmt. Man kann davon ausgehen, dass dies bei Wartezeiten ab 60 Sekunden häufig der Fall ist. Durch eine Erhöhung der Anzahl der gesicherten Phasen steigt zwar die Verkehrssicherheit, gleichzeitig werden die Rotzeiten für einzelne Verkehrsteilnehmer erhöht. Dieser grundlegende Zielkonflikt ist zu beachten.
- Bei starken Fußgängerströmen, vor allem über mehrere Kreuzungszufahrten, sollte geprüft werden, ob eine eigene Phase für die gleichzeitige Freigabe aller Fußgängerübergänge, während der alle Fahrzeugströme gesperrt werden („Alles grün für Fußgänger“), möglich und zweckmäßig ist. Diese Fußgängerphasen bieten optimale Bedingungen für Fußgänger hinsichtlich der Verkehrssicherheit. Nachteilig wirkt sich jedoch eine separate Fußgängerphase auf die Leistungsfähigkeit der Kreuzung und auf die Verlängerung der Wartezeit für alle Verkehrsteilnehmer (auch für Fußgänger) aus.
- Fußgänger-Lichtsignalanlagen können verkehrsabhängig auf Anforderung der Fußgänger mittels Druckknöpfen gesteuert werden. Dabei ist zu beachten, dass dem Fußgänger das Registrieren der Anmeldung (...) angezeigt wird (z. B. „Signal kommt“ oder „Bitte warten“).
- Im Zuge von Koordinierungen ist zu prüfen, ob einer kurzen Wartezeit der Fußgänger oder der Kontinuität von Fahrzeugpuls in Grünen Wellen der Vorzug zu geben ist bzw. ob eine feste Koordinierung ohne Bedarfssteuerung verwendet werden soll.
- Fußgängerübergänge, die von Blinden und Sehbehinderten häufig genutzt werden bzw. bei denen die Fußgängerfreigabezeiten von blinden und sehbehinderten Menschen nicht eindeutig zugeordnet werden können, sollen mit Zusatzeinrichtungen ausgestattet werden (z. B. akustische Freigabesignale, Vibrationstaster). Um die besonderen Schwierigkeiten der Blinden und Sehbehinderten wenigstens teilweise auszugleichen, sollte bei Übergängen mit Zusatzeinrichtungen die Mindestfreigabezeit der Fußgänger

auch bei einer niedrig angesetzten Gehgeschwindigkeit so bemessen sein, dass während der Freigabezeit die ganze Fahrbahn überschritten werden kann.

3.2.3 Schweiz

In der Schweiz gibt es die Signalisationsverordnung (SSV) als Gesetzestext und mehrere Schweizer Normen, die sich mit Einzelthemen zum Fußgängerverkehr und zu Lichtsignalanlagen auseinandersetzen.

- Lichter mit Fußgängersymbol richten sich an Fußgänger; diese dürfen die Fahrbahn nur betreten, wenn das Symbol Grün aufleuchtet. Das gelbe Licht verbietet den Fußgängern zu starten; Fußgänger sollen dann die Fahrbahn räumen. Das grüne Blinklicht bedeutet, dass das Ende der Freigabezeit bevorsteht. Beginnt Grün zu blinken oder erscheint ein gelbes Licht bzw. sofort das rote Licht, müssen die Fußgänger die Fahrbahn ohne Verzug verlassen.
- Die Gehgeschwindigkeit kann je nach Alter der Gehenden und in Abhängigkeit von Topografie und Verkehrszweck zwischen 0,7 und 1,5 m/s betragen.
- Die Übergangszeit ist abhängig von der Verkehrsart, von den Geschwindigkeiten und der Länge des Fußgängerstreifens. Wird für Fußgänger eine Übergangszeit angezeigt, dann beträgt sie mindestens 2 Sekunden und höchstens 8 Sekunden. Zwischen diesen Grenzen entspricht sie der Zeit zum Überqueren von etwa 2/3 der Übergangslänge mit einer Geschwindigkeit von 1,2 m/s.
- In der Schweiz betragen sowohl die Räum- als auch die „Einfahrtgeschwindigkeit“ 1,2 m/s.
- Die Mindestgrünzeit beträgt für Fußgänger 4 s. Werden Fußgängergrünzeiten mit Bewegungsmeldern verlängert, dann kann die Mindestgrünzeit auf 2 s reduziert werden. Die Mindestrotzeit beträgt für Fußgänger 2 s.
- Die schweizerische Ratifizierungsurkunde von 1991/1992 zum Wiener Übereinkommen über Straßenverkehrszeichen aus dem Jahr 1968 sagt im Artikel 24 aus, dass vorzugsweise das Zwei-Farben-System mit zwei Lichtern (Rot und Grün) zu verwenden ist, jedoch ist auch das Drei-Farben-System mit drei Lichtern (Rot,

Gelb, Grün) zulässig. Es dürfen niemals zwei Lichter gleichzeitig aufleuchten.

3.3 Allgemeine Forschungsergebnisse

3.3.1 Überblick aus dem Jahr 1976

Bereits im Jahr 1976 untersuchte von STEIN „Überweg-Signale mit Gelb für die Fußgänger!“. Er gab einen Überblick über die Entwicklungen mit der Räumzeitanzeige für Fußgänger und über die damals vorhandenen und vielfältigen Signalisierungsformen in verschiedenen Ländern mit Fokus auf die Fußgängerräumzeit (vgl. Bild 3-5).

Von STEIN sah hauptsächlich herstellerbedingte Gründe, aufgrunddessen sich die Fußgänger signalisierung in Deutschland zweifeldig zweibegriffig ausbreitete, bei der die Räumzeit „unmerkbar in die Sperrzeit übergang und nur durch Rotlicht angezeigt wurde“. In der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) diskutierte man damals die Fußgängersignale. Man war der Meinung, dass das „Roträumzeichen falsch“ sei. Aber nur ein kleinerer Teil war bereit, dem Gelblicht zuzustimmen. Der Beweggrund war die Sorge wegen der hohen Umstellungskosten. In einer Grundsatzbesprechung über die StVO im Jahr 1957 wurde die Einführung des Fußgänger-Gelbs unter den anwesenden Ländern Bayern, Hamburg und Nordrhein-Westfalen beschlossen. Weil aber nur drei Länder vertreten waren, wurden die übrigen Länder schriftlich befragt. Dies führte jedoch nicht zu einer Mehrheit zum Fußgänger-Gelb in Deutschland.

Im Jahr 1968 wurden das weltweite Wiener Übereinkommen über Straßenverkehrszeichen und im Jahr 1971 auf europäischer Ebene das Zusatzabkommen in Genf beschlossen. Hinsichtlich der Fußgängersignale bestimmt der Artikel 24 Abs. 2 in der Fassung von 1971, dass die Lichtzeichen des Zweifarben-Systems mit den zwei Farben Grün und Rot zu verwenden sind. Damit wurde die im welteinheitlichen Abkommen (Wien 1968) erlaubte Dreifarbigkeit indirekt untersagt.

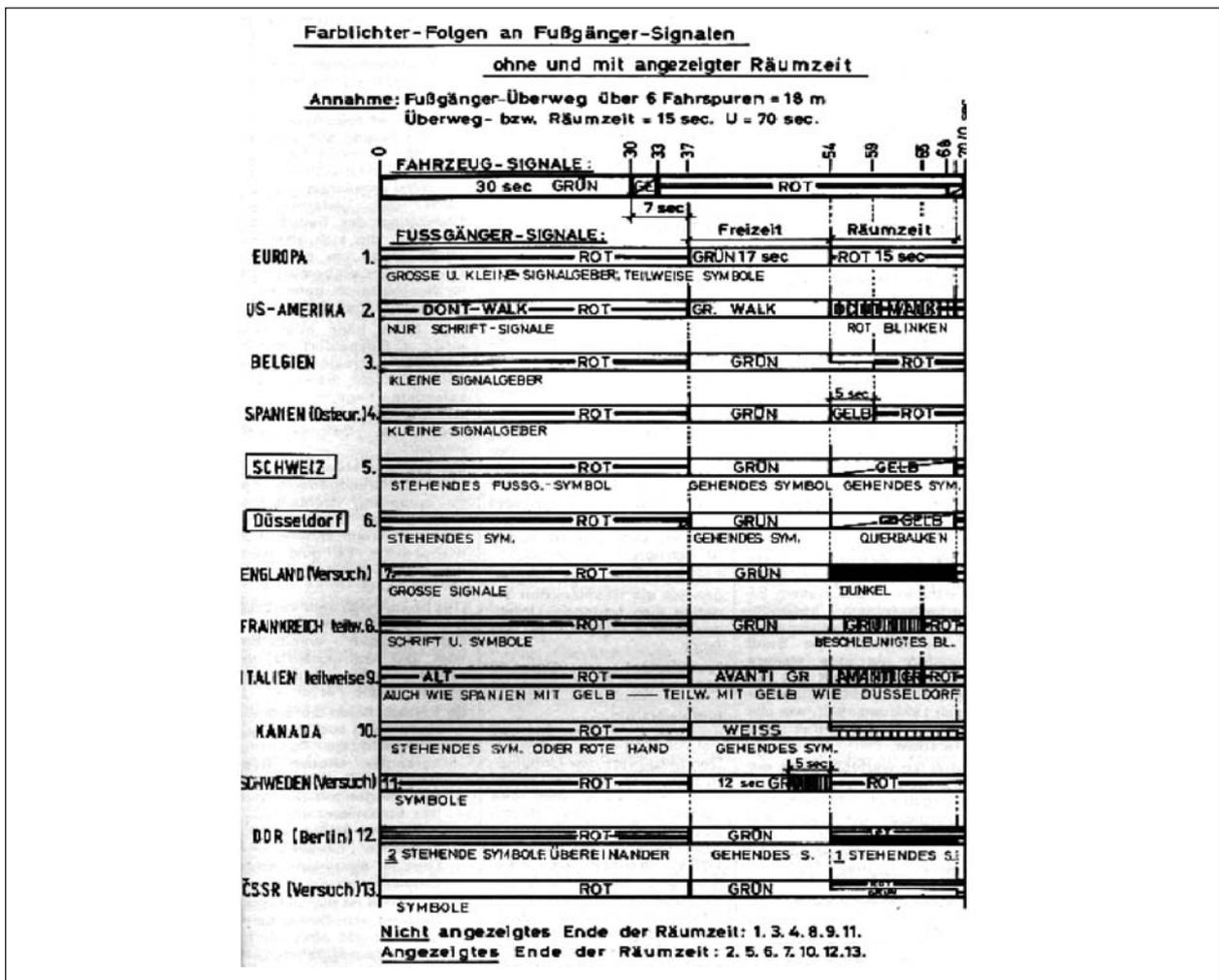


Bild 3-5: Übersicht über Signalisierungsformen verschiedener Länder nach von STEIN (1976)

3.3.2 Aachener Symposium 1989

Ausgelöst durch einen tödlichen Unfall, bei dem ein rechts abbiegender Lkw einen Jungen auf der gleichzeitig frei gegebenen Fußgängerfurt überfuhr, wurde in Aachen ein Symposium durchgeführt (Stadt Aachen 1989/1990), um die Problematik der Fußgängersignalisierung grundsätzlich und insbesondere bei der zeitparallelen Freigabe von Abbiegeströmen und Fußgängerfurten zu erörtern.

Im Symposium wurde seitens einer Bürgerinitiative u. a. die Forderung vertreten, die Fußgänger nur separat von den Kfz-Strömen frei zu geben, dabei für den Fußgängerverkehr ausreichend lange Freigabezeiten, akzeptable Wartezeiten und ggf. diagonales Überqueren einzurichten sowie die Fußgängeräumzeit sichtbar zu machen. Ferner wurde gefordert, den Abbruch nicht ausgelasteter Kfz-Freigabezeiten durchzuführen, kurze Umlaufzeiten zu verwenden und bei Anforderungsanlagen dem Fußgänger sofort nach seiner Anforderung das Freigabesignal zu

schalten. Seitens der Verkehrswacht wurde betont, dass beim Abbiegevorgang guter Sichtkontakt zwischen Kraftfahrer und Fußgänger gegeben sein muss und dass Regelungen nicht örtlich verschieden, einfach und für jeden begreifbar sein sollen.

WALSH vom Department of Transport aus London berichtete von der in England üblichen Art der Signalisierung an Fußgängerfurten. Wichtig war der Hinweis, dass den Fußgängern angesichts manchmal vorhandener relativ kurzer Räumzeiten die Verantwortung auferlegt wird, die Fußgängerfurt nur zu Beginn der Freigabezeit zu betreten. Ferner berichtete er von noch nicht abgeschlossenen Experimenten mit Infrarotsystemen zur Erfassung von wartenden Fußgängern, um diesen nur bei Anwesenheit Freigabezeiten zu erteilen.

JANSEN berichtete aus den Niederlanden von der Fußgängersignalisierung mit dreibegriffiger Signalfolge (Rot – Grün – Grünblinken – Rot). Er informierte über drei Experimente:

- In Enschede konnten Bewohner eines Seniorenwohnheims mittels eines mobilen Geräts die Fußgängerfreigabezeit einer benachbarten Signalanlage beeinflussen und sie bis zum doppelten Wert verlängern.
- In Delft hat man das Rotsignal an Fußgängerfurten durch ein Gelbblinksignal ersetzt. Somit traten Rotsignalverstöße nicht mehr auf und es wurde ein „Überqueren auf eigene Gefahr“ ermöglicht. Um dabei der existierenden Gesetzgebung aus dem Weg zu gehen, wurden die Fußgängersignale nicht mehr „Lichtzeichen“, sondern „Informationssignale“ genannt. Allgemein wurde der Versuch als erfolgreich angesehen.
- In Maastricht wurden die Fußgängersignale vor der Fußgängerfurt aufgestellt.

OEHRLI berichtete aus der Schweiz, dass Zürich zu den Städten gehört, in denen die Fußgängeräumzeit wie in Düsseldorf mit einem Fußgänger-Gelb angezeigt wird. Nach Einführung von gelb blinkenden Kfz-Pfeilsignalen für Abbiegeströme, die auf gleichzeitig frei gegebene Fußgängerfurten treffen, sank der Anteil der Unfälle zwischen abbiegenden Kfz und Fußgängern um 1/3.

HOFFMANN, HÄCKELMANN und KAEMMERER stellten dar, welche Zwänge bei der Konzipierung von Signalsteuerungen in der Praxis zu beachten sind, warum die Regelung „Abbieger + Fußgänger gleichzeitig“ überhaupt angewendet wird und was ihre Vor- und Nachteile – auch hinsichtlich der Fußgängerwartezeiten – sind. HOFFMANN ging dabei sehr deutlich auf die Zielkonflikte ein, die sich bei der Gestaltung der einzelnen Signalprogrammelemente (wie z. B. Umlaufzeit, Phaseneinteilung, Phasenanzahl, Phasenfolge) ergeben, wenn eine angemessene Berücksichtigung aller Verkehrsteilnehmer verlangt wird. HÄCKELMANN berichtete u. a. von der Umstellung der Fußgängersignalisierung in Saarbrücken, wo bis 1985 die Fußgänger ausschließlich separat von abbiegenden Kfz-Strömen signalisiert wurden. Ab 1985 wurde flächendeckend die Regelung „Abbieger + Fußgänger gleichzeitig“ eingeführt. KAEMMERER propagierte die Vorteile des in Düsseldorf angewendeten Gelbsignals bei der Fußgängersignalisierung. Er unterstrich, wie wichtig bei abbiegendem Kfz-Verkehr eine gute Sicht auf den gleichzeitig frei gegebenen Fußgänger ist. Fußgängeranforderungsanlagen, die per Druckknopf bedient werden, sieht er nicht als vorteilhaft an.

MEEWES wies darauf hin, dass eigene Phasen für Fußgänger die Umlaufzeit und damit die Wartezeit für Fußgänger verlängern und u. U. das Überqueren außerhalb von Knotenpunkten provozieren, was wiederum wesentlich gefährlicher ist als das Überqueren an Lichtsignalanlagen. Er empfiehlt u. a., dem Fußgänger möglichst nur kurze Wartezeiten zuzumuten, das Überqueren von Mittelinseln ohne Unterbrechungen zu ermöglichen, dem Fußgänger bei der Regelung „Abbieger + Fußgänger gleichzeitig“ einen genügend großen Zeitvorsprung zu geben, den abbiegenden Kfz-Verkehr dabei durch bauliche Maßnahmen langsam zu führen und insbesondere nachts die Lichtsignalanlagen durchlaufen zu lassen.

3.3.3 Aachener Feldversuche 1991

In Aachen wurden die Bemühungen zur „Verbesserung der Lichtzeichenregelung in städtischen Straßennetzen für den Fußgängerverkehr“ nach dem vorstehend erwähnten Symposium mit einer Reihe von Feldversuchsanordnungen zur Fußgängersignalisierung im Aachener Straßennetz fortgesetzt. Die Versuchsergebnisse wurden ausgewertet und im Jahr 1991 im Rahmen einer Fachtagung dargestellt (Stadt Aachen 1991).

Um die Versuche zu bewerten, wurden Verkehrszählungen vorgenommen, Anteile der bei Rot fahrenden Kfz und der bei Rot gehenden Fußgänger gezählt, Stau- und Konfliktbeobachtungen, Reisezeitmessungen im Kfz-Verkehr und im ÖV, Videoaufnahmen zur qualitativen Beurteilung des Verkehrsablaufs und Befragungen von Fußgängern durchgeführt. Eine Bewertung der Maßnahmen erfolgte mit den Kriterien Sicherheit und Komfort für den Fußgänger, Sicherheit für den Kfz-Verkehr und ÖV, Qualität des Verkehrsablaufs und Folgeerscheinungen. Für folgende Maßnahmen gab es Feldversuche:

- getrennte Signalisierung von Fußgängern und Abbiegern,
- gelb blinkender Pfeil für Abbieger,
- 2-malige Freigabe des Fußgängerverkehrs,
- Anzeige der Fußgängerräumzeit,
- Anbringung der Fußgängersignalgeber vor der zu kreuzenden Fahrbahn,
- Rundum-Grün für Fußgänger,

- Signalprogrammanpassung mit Fußgängeranforderung,
- Einfärbung der Fußgängerfurten,
- 2-malige bedarfsgesteuerte Freigabe des Fußgängerverkehrs,
- Fußgänger-LSA mit Dunkelschaltung.

Die Versuchsergebnisse wurden von der Bürgerinitiative, der Polizei und der Stadt Aachen unterschiedlich bewertet:

Die Bürgerinitiative sah ihre Forderung nach konfliktfreier Signalisierung des Fußgängerverkehrs durch die Gutachter als machbar bestätigt und hielt die Auswirkungen auf den übrigen Verkehr für vertretbar. Für wenig hilfreich zur Verbesserung der Fußgängersicherheit hielt die Bürgerinitiative die Anzeige der Fußgängerräumzeit mit einem Gelbsignal, das Aufstellen der Fußgängersignalgeber vor der Konfliktfläche, den gelb blinkenden Pfeil für Abbieger und die Einfärbung der Fußgängerfurt. Empfehlenswert waren aus Sicht der Bürgerinitiative Begrenzungen bei den Kfz-Verkehrsstärken, beispielsweise indem die Kfz-Freigabezeiten in den Hauptverkehrsstunden von 6 bis 9 Uhr nur für den Mittelwert dieser Stunden ausgelegt werden, die grundsätzliche Vermeidung der Signalisierungsart „Abbieger + Fußgänger gleichzeitig“, die Dunkelstellung der Fußgängersignalgeber, die verstärkte Anwendung von Abbiegeverboten, von Signalprogrammanpassungen durch Fußgänger-Freigabezeitenanforderungen, von Doppelanwürfen, von möglichst kurzen Umlaufzeiten und ggf. den Verzicht auf signalisierte Fußgängerfurten und deren Ersatz durch Zebrastreifen.

Die Polizei bewertete die durchgeführten Maßnahmen so, dass sie die Sicherheitsgewinne bei der separaten Signalisierung der Fußgänger anerkennt, aber auch darauf hinweist, dass die mit dieser Signalisierungsart verbundenen Auswirkungen auf den Kfz-Verkehr und ÖV berücksichtigt werden müssen. Für weniger gut geeignet hielt die Polizei das Gelbblinken für den Abbieger, die Fußgängerfreigabezeit-Anforderung, das Einfärben der Fußgängerfurt, die Dunkelstellung der Fußgängersignalgeber, die Anordnung der Fußgänger-Signalgeber vor der Fußgängerfurt.

Die Stadt Aachen sah im Gelbblinken für Abbieger, in der Anzeige der Fußgängerräumzeit mit einem gelb blinkenden Fußgängersignal, in der Dunkelstellung der Fußgängersignalgeber, in der Anord-

nung der Fußgängersignalgeber vor der Fußgängerfurt und in der verkehrabhängigen 2-maligen Freigabe der Fußgänger keinerlei Vorteile. Hinsichtlich der Einfärbung der Fußgängerfurt wurden gewisse Vorteile der Erkennbarkeit durch den Kfz-Führer gesehen. Die getrennte Signalisierung von Fußgängern und Abbiegern und auch Abbiegeverbote wurden grundsätzlich als begrüßenswert angesehen. Bei allen Auswirkungen auf die Signalprogrammgestaltung, wie z. B. beim grundsätzlich positiv bewerteten Doppelanwurf, bei kostenintensiven Signalprogrammanpassungen, beim Fußgänger-Rundum-Grün oder bei als machbar erscheinenden Veränderungen der Fahrstreifenaufteilung wurden Prüfungen als notwendig erachtet. Um die Wirkung der Anordnung der Fußgängersignalgeber vor der Fußgängerfurt abschließend beurteilen zu können, hielt die Stadt Aachen weitere Versuche für erforderlich. Schließlich wurde die generelle Empfehlung ausgesprochen, vom bloßen Denken in der „Leistungsfähigkeit“ für den Kfz-Verkehr abzurücken und verstärkt die Verkehrssicherheit aller Verkehrsteilnehmer in den Mittelpunkt zu rücken.

3.4 Besondere Ausprägungen der Fußgängersignalisierung

3.4.1 Dreifeldige vier- bzw. dreibegriffige Signalisierung

Düsseldorf

Die Stadt Düsseldorf geht seit 1953 einen durch eine Sonderregelung gestützten Weg, indem sie Fußgänger dreifeldig vierbegriffig mit Rot – Rot + Gelb – Gelb – Grün (vgl. Tabelle 3-1) signalisiert. Die Fußgängergelbzeit wird mit einem Balken angezeigt (vgl. Bild 3-6).



Bild 3-6: Fußgänger-Lichtsignalanlage in Düsseldorf

Zur Gelbzeit gibt es einen Flyer mit Erläuterungen. Danach heißt die Gelbanzeige: „Überweg räumen! Auf dem Überweg zügig weitergehen; Fußgänger auf dem Bürgersteig bleiben stehen. Autos müssen immer noch warten.“

In der Vergangenheit fanden mehrere Untersuchungen zur dreifeldigen vierbegriffigen Signalisierung in Düsseldorf statt. Während die Stadt Düsseldorf bisher auf gute Erfahrungen verweist und z. B. in Untersuchungen aus den Jahren 1971 und 1973 positive Verhaltensaspekte und günstigere Unfallzahlen im Vergleich zu zweifeldigen zweibegriffigen Fußgängersignalanlagen in Köln und Frankfurt darstellt (von STEIN 1976), sehen RETZKO (1977) und HÄCKELMANN (1976) keine Unterschiede zwischen der Fußgängersignalisierung mit einer Gelbphase und der herkömmlichen Signalisierung in Bezug auf das Fußgängerverhalten und Unfallgeschehen.

HÄCKELMANN (1976) setzt sich vertieft mit der Frage auseinander, ob die Düsseldorfer Signalfolge mehr Sicherheit bietet als die zweibegriffige Signalfolge, die ansonsten in Deutschland angewendet wird.

Hierzu erklärt er zunächst modellhaft das Verhalten von Fußgängern an Lichtsignalanlagen. Ferner untersucht er insgesamt 644 Fußgängerunfälle in sieben deutschen Städten auf Zusammenhänge zwischen Unfallursache und Signalisierung. Hintergrund ist dabei, dass bei früheren Vergleichen der Düsseldorfer vierbegriffigen Signalfolge mit der allgemein angewendeten zwar auch Unfalluntersuchungen herangezogen worden waren, darin aber nach Auffassung von HÄCKELMANN (1976) keine ausreichenden Bezüge zu verkehrstechnischen Gegebenheiten der Signalisierung hergestellt und deswegen falsch interpretiert worden waren.

Bei seinen Untersuchungen betrachtete HÄCKELMANN (1976) auch die besonderen Situationen, die bei der Signalisierung von Fußgängerfurten über Mittelinseln und bei der zeitparallelen Freigabe von Abbiegeströmen und Fußgängerfurten auftreten, wiederum mit der Fragestellung des Vergleichs der vierbegriffigen und zweibegriffigen Fußgängersignalisierung.

Bei der modellhaften Beschreibung des Fußgängerverhaltens an signalisierten Fußgängerfurten unterscheidet HÄCKELMANN (1976) die vier Fußgängerkollektive Grünläufer, Nachläufer, Wagnisläufer und Vorläufer, die sich darauf beziehen, wann die Fußgänger die Fußgängerfurt betreten. Grünläufer betreten sie während der Fußgängerfreigabezeit, Nachläufer während der Fußgängeräumzeit, Wagnisläufer während der Kfz-Freigabezeit und Vorläufer in der Zwischenzeit zwischen Kfz-Freigabezeitende und Fußgängerfreigabezeitbeginn. HÄCKELMANN (1976) kommt in Bezug auf die Fußgängerkollektive zu dem Schluss, dass das Fußgängerverhalten unabhängig davon ist, ob die Signalfolge für Fußgänger zwei- oder vierbegriffig ist, sondern vielmehr von bestimmten, im Folgenden dargestellten verkehrstechnischen Merkmalen abhängt:

Das Verhalten der Wagnisläufer ist einerseits von der Dauer ihrer Wartezeit abhängig, andererseits vom Angebot ausreichend großer Zeitlücken im Kfz-Strom, die ein Queren bei Rot ermöglichen.

Das Verhalten der Nachläufer ist für die Beurteilung der Wirksamkeit der zwei- oder vierbegriffigen Signalfolge von besonderer Bedeutung. Die Nachläufer orientieren sich

- am Fußgängersignal,
- an der Position räumender Fußgänger auf der Furt,

	A	B	C	D	E	F	G
Kfz-Signal	Grün	Gelb	Rot			Rot	Grün
						Gelb	
Kfz-Regelung	Fahren	Stoppen	Halten			Anfahren	Fahren
Fußgänger-Signal	Rot		Rot	Grün	Gelb	Rot	
			Gelb				
Fußgänger-Regelung	Warten			Gehen	Nicht starten; Räumen	Warten	

Tab. 3-1: Dreifeldige vierbegriffige Fußgängersignalisierung in Düsseldorf

- daran, ob Kfz aus dem Stand anfahren werden, bzw. daran, wann herannahende Kfz im fliegenden Start an der Fußgängerfurt ankommen werden.

Dabei wird der Anteil der Nachläufer im Wesentlichen von drei Größen bestimmt:

- Dauer der Fußgängerfreigabezeit,
- Länge der Furt,
- Größe der vom Planer in Ansatz gebrachten Fußgänger-Räumgeschwindigkeit.

Das Verhalten der Vorläufer ist von der Kfz-Stärke am Ende der Kfz-Freigabezeit und von der Dauer der Zwischenzeit zwischen Kfz-Freigabezeitende und Fußgängerfreigabezeitbeginn abhängig.

HÄCKELMANN (1976) setzt sich ausführlicher mit den Argumenten auseinander, die für und die gegen die Verwendung der vierbegriffigen Fußgängersignalfolge genannt werden, und bewertet diese. Im Wesentlichen stellt er fest, dass die folgenden von den Befürwortern des Gelbsignals genannten Gründe zutreffen:

- Das Gegen-Rot-Laufen des sich korrekt verhaltenen Fußgängers wird verhindert.
- Die Räumzeit wird angezeigt.
- Der Bedeutungsgehalt des Gelbsignals ist für Kraftfahrer und Fußgänger gleich: In der StVO § 37 Absatz 2 heißt es: „Vor der Kreuzung auf das nächste Zeichen warten“, „für Verkehrsteilnehmer in der Kreuzung: Kreuzung räumen“.
- Bei gleichzeitiger oder zeitlich nur gering gegeneinander versetzter Freigabe von abbiegenden Kfz- und Fußgängerströmen kann der Kraftfahrer beim Fußgänger-Räumsignal Gelb erkennen, dass die Fußgängerfurt für den Fußgängerverkehr noch nicht gesperrt ist.

Folgende Gründe der Befürworter des Gelbsignals benennt er als unzutreffend:

- Die Fußgänger wissen, wann die Kfz-Freigabe beginnt: Da nicht angezeigt wird, wie lange das Gelbsignal noch gegeben wird, sind das Ende der Gelbzeit und der Beginn der Kfz-Freigabezeit auch nicht bekannt.
- Durch das Gelbsignal werden die Fußgänger, die sich auf der Furt befinden, zum beschleunig-

ten Gehen veranlasst werden: Eine zur Untersuchung dieser Frage durchgeführte Messung zeigt, dass während der Dauer des Gelbsignals die Fußgänger mit praktisch unveränderter Geschwindigkeit weitergehen.

- Das Umkehren wird verhindert: Bei entsprechenden Beobachtungen wurden nur zwei Fußgänger von insgesamt etwa 50.000 Fußgängern beim Umkehren auf der Furt erfasst.
- Das Freigabesignal wird weitgehend nur noch als Startzeichen verstanden und deswegen eine Gelbzeit entsprechend der Räumzeit erforderlich: Bei der im Rahmen von HÄCKELMANN (1976) durchgeführten Unfalluntersuchung war festzustellen, dass bei der überwiegenden Anzahl der Fußgängerfurten Freigabezeiten vorhanden sind, die wesentlich größer sind als die Mindestfreigabezeiten.
- Die vergleichende Unfalluntersuchung beweist die Überlegenheit der vierbegriffigen Signalfolge: Die Untersuchung der Stadt Düsseldorf (1969) hat nicht alle verkehrstechnischen Faktoren, wie z. B. die unterschiedlich großen Wartezeiten in den Städten, die das Fußgängerverhalten an signalisierten Furten beeinflussen, berücksichtigt und ist insofern nicht aussagekräftig.

Die Signalisierung von Fußgängern über Furten, die über Mittelinseln führen, weist bei der Verwendung von Gelb als Räumsignal eine Besonderheit auf. Haben dabei die vor der Mittelinsel liegende Furt und die dahinterliegende Furt zeitlich gleich liegende oder nur zeitlich gering versetzt liegende Räumzeiten, so kommt der schnell räumende Fußgänger auf der Mittelinsel an und für die hinter der Mittelinsel liegende Furt ist das gelbe Räumsignal noch nicht verloschen; fasst dann der Fußgänger dieses Räumsignal der hinter der Mittelinsel liegenden Furt als auch noch für ihn geltend auf, kann er mitten auf der hinter der Mittelinsel liegenden Furt von ankommendem Kfz-Verkehr überrascht werden. Das Verhalten von Fußgängern beim Überqueren von Furten über Mittelinseln wurde von HÄCKELMANN (1976) auch deswegen besonders untersucht, weil sich auf solchen Furten 2/3 aller untersuchten 644 Unfälle ereigneten. Die Untersuchung kommt zum Ergebnis, dass bei Fußgängerfurten über Mittelstreifen das Unfallgeschehen unter Beachtung der Signalgabe an der hinter dem Mittelstreifen liegenden Furt in Düsseldorf nicht günstiger ist als im Mittel der sechs übrigen Untersuchungsstädte.

Auch bei der Regelung „Abbieger + Fußgänger zeitgleich“ schneidet bei HÄCKELMANN (1976) die Stadt Düsseldorf nicht besser ab als die Vergleichsstädte. In Düsseldorf lag der Prozentsatz der Abbiegeunfälle über dem mittleren Prozentsatz der Vergleichsstädte und das Unfallgewicht war das zweitgrößte aller Untersuchungsstädte. Das Gelbsignal trug also nicht zur Sicherheit des Fußgängerverkehrs bei.

In der Zusammenfassung seiner vergleichenden Unfalluntersuchungen und Messungen schreibt HÄCKELMANN (1976), dass „keine Unterschiede im Fußgängerverhalten und im Unfallgeschehen festgestellt werden, die darauf hinweisen, dass an lichtsignalisierten Fußgängerfurten die Signalfolge nach StVO und die in Düsseldorf verwendete Signalfolge verschieden zu bewerten sind“.

Im Jahre 1997 wurde vom Ministerium für Wirtschaft, Technologie und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen (NRW) ein Untersuchungsbericht über die Umfrage zu Unfällen mit Fußgängerbeteiligung an 512 Lichtsignalanlagen in NRW veröffentlicht. Die Ergebnisse wurden städte- und jahresweise verglichen. Ziel der Umfrage war es, das Problembewusstsein dafür zu erhöhen, Lichtsignalanlagen stärker auf die Belange der Fußgänger umzustellen (z. B. kürzere Wartezeiten) und geeignete Verkehrssicherheitsmaßnahmen zu unterstützen.

An 512 Lichtsignalanlagen von insgesamt 14.599 Lichtsignalanlagen in NRW ereigneten sich im Jahre 1996 531 Unfälle mit 536 schwerverletzten und 20 getöteten Fußgängern. Die meisten getöteten und schwerverletzten Fußgänger verunfallten

- in Düsseldorf (3 GT, 85 SV), gefolgt von
- Essen (0 GT, 47 SV),

- Dortmund (2 GT, 40 SV) und
- Köln (2 GT/43 SV).

Bezogen auf alle LSA in den jeweiligen Städten ergaben sich im Jahre 1996 für Düsseldorf 13,54 schwerverletzte oder getötete Fußgänger/100 Anlagen gegenüber einem Landesdurchschnitt von 3,8 Verunglückten mit schwerem Personenschaden/100 Anlagen. Im Jahre 1991 lag der Wert für Düsseldorf bei 12,56/100 Anlagen. Damit war in Düsseldorf eine gegenläufige Entwicklung zum Landestrend zu verzeichnen. In beiden Untersuchungsjahren ergab sich für Düsseldorf der ungünstigste Wert unter den größeren Städten des Landes. Die weitaus häufigsten Unfallursachen waren Rotlichtverstoß beim Fußgänger und Fehler beim Abbiegen durch einen Kraftfahrzeugführer.

Aachen

HEUSCH und BOESEFELDT setzten sich 1991 in einer Untersuchung für das Ministerium für Stadtentwicklung und Verkehr des Landes NRW zum Thema „Verbesserung der Lichtzeichenregelung in städtischen Straßennetzen für den Fußgängerverkehr“ (vgl. auch Kapitel 3.3.2 und 3.3.3) mit den Signalisierungs- und Sicherungsmöglichkeiten des Fußgängerverkehrs auseinander. Anhand von Feldversuchen in Aachen wurde an Einzelbeispielen die Auswirkung unterschiedlicher Signalisierungsvarianten erprobt und analysiert. In Anlehnung an das Düsseldorfer Modell wurden zwei Kreuzungen (z. B. Bild 3-7) mit einer Kammer mit gelben Balken zur Anzeige der Fußgängerräumzeit umgerüstet.

Hinsichtlich der dreifeldigen Signalisierung mit gelbem Lichtbalken kam man zu dem Schluss, dass „die Maßnahme dazu beitrage, die Anzahl der Kon-



Bild 3-7: Untersuchungsknotenpunkt mit Gelb für Fußgänger in Aachen (Ministerium für Stadtentwicklung und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen 1991)

flikte zu reduzieren". Aufgrund der Beschränkung auf Einzelbeispiele war dies jedoch nur eine tendenzielle Aussage, auf deren Basis die Maßnahme empfohlen wurde.

Nach Angaben der Stadt Aachen wurden die Umrüstungen von 1990 bis 2003 aufrechterhalten.

Wuppertal

Im Jahre 1997 setzte sich der Ausschuss für Verkehr der Stadt Wuppertal mit dem Düsseldorfer Modell auseinander. Es stand im Raum, dass das „Fußgänger-Gelb“ zur Verbesserung der Fußgängersicherheit beitragen und daher in Wuppertal eingesetzt werden könnte. Hierzu wurden Vor- und Nachteile zusammengetragen (vgl. Tabelle 3-2).

Bei dieser Gegenüberstellung zeigte sich aus Sicht der Stadt Wuppertal, dass die Einführung eines Gelbsignals für Fußgänger nicht ausschließlich Vorteile hat und neben der Frage einer bundesweit uneinheitlichen Signalisierungsform aus Sicht der Bezirksregierung und des Verkehrsministeriums des Landes abgelehnt werden würde.

Neben den erheblichen Kosten für einen flächendeckenden Umbau (geschätzte 1,3 Mio. € für 1.000 Fußgängerfurten mit einem Realisierungszeitraum von 4 bis 5 Jahren) löst die Maßnahme nur Teilaspekte. Die Einführung des Gelbsignals in Wuppertal wurde demnach abgelehnt. Zur Verbesserung

der Fußgängersicherheit an Lichtsignalanlagen schlug die Verwaltung weitere Maßnahmen vor, wie z. B.

- Schaltung progressiver Überwege,
- Schwerpunktausrüstung mit akustischen Signalen für Blinde,
- betriebssichere Tasten und Ausrüstung mit ertastbaren Überwegsymbolen,
- Verlängerung der Räumzeit durch Herabsetzen der Geschwindigkeit auf $v_{FG} = 1,0$ m/s,
- durchgehende Grünphasen für Fußgänger an Kreuzungen,
- Verkürzung der Wartezeiten bei Neuplanungen einer „Grünen Welle“,
- Verbesserung der Information für Kinder und Senioren,
- Aufklärungsaktionen,
- Maßnahmen zur Beachtung des Rotlichts für Kraftfahrer.

Schweiz

Die dreifeldige dreibegriffige Fußgängersignalisierung wird auch in der Schweiz, z. B. in Zürich, angewendet. Ähnlich wie in Düsseldorf findet man hier

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> • Wird die Gelbzeit als ausschließliche Räumzeit für Fußgänger erkannt, die sich auf dem Überweg befinden, tritt eine Verbesserung ein. Es kann den Fußgängern die Dauer der Räumzeit angezeigt werden, die bei konventioneller Signalisierungsform zwar berechnet und geschaltet wird, aber mangels fehlender Signalgebung nicht verdeutlicht werden kann. • Die Dauer der Grünzeit wird vermutlich eher nicht mehr so häufig als zu kurz empfunden. Zwar können die Fußgängergrünzeiten nicht länger geschaltet werden, die Anzeige der zusätzlichen Gelbzeit zeigt jedoch Fußgängern die Räumzeit an und verringert die Sorge, dass die Zeit der Überschreitung nicht ausreicht. • Mit Hilfe der Gelbzeit können Kraftfahrer, die als paralleler Verkehr beim Abbiegen wartepflichtig sind, besser erkennen, dass die Fußgänger noch zu Recht den Überweg passieren. Im Einzelfall können gelb blinkende Warnsignale, die abbiegenden Kraftfahrern den Vorrang der Fußgänger anzeigen sollen, eingespart werden. 	<ul style="list-style-type: none"> • Die Abweichung von den Richtlinien birgt die Gefahr der Missdeutung des Rotsignals: Der Beginn der Rotzeit verlangt, dass nicht wie üblich noch die Straße geräumt werden kann, sondern dass die Straße geräumt ist. • Es kann zu Gefährdungen für Fußgänger kommen, wenn das „Hinterherlaufen“ während und gegen Ende der Gelbzeit vorkommt. • Das finanzielle Risiko, als Kommune bei Schadensfällen in Regress genommen zu werden, ist besonders bei abweichenden Regelungen von einer Richtlinie sehr hoch. • Die Umrüstung aller ca. 1.000 signalgeregelten Überwege in Wuppertal würde auf Basis der heute vorhandenen Technik Kosten von etwa 1,3 Mio. € erzeugen und könnte nicht schneller als in einem Zeitraum von 4 bis 5 Jahren abgewickelt werden. • Für Sehschwache ist die Unterscheidung von Rot und Grün nur noch erschwert möglich, da die Fußgängersignale nur mit je einem Rot- und Grünsignal ausgerüstet sind. Infolge dessen wäre ein zusätzlicher Aufwand erforderlich, um eine mit der heutigen Version (dreifeldig zweibegriffig) vergleichbare Funktionsqualität zu erhalten.

Tab. 3-2: Gegenüberstellung von Vor- und Nachteilen beim Düsseldorfer Modell aus Sicht der Stadt Wuppertal (vgl. Stadt Wuppertal 2007)

eine Gelbphase für Fußgänger (durch einen gelben laufenden Fußgänger symbolisiert) vor, die auf die Grünphase für Fußgänger folgt.

Die Stadt Zürich, Dienstabteilung Verkehr, hat einen Flyer zum Thema „Einfach sicher – Verkehrssicherheit dank Fußgänger-Ampel“ herausgegeben. Die folgenden Auszüge aus dem Text des Flyers lassen deutlich einen Unterschied zum „Düsseldorfer Modell“ erkennen:

- „Die Ampel schaltet auf Grün: Das Betreten der Fahrbahn ist erlaubt. Der Grünbeginn ist der beste Zeitpunkt, vor allem für ältere Personen, für gehbehinderte Personen und für Kinder, um die Straße zu betreten.“
- „Die Ampel schaltet auf Gelb: Fußgängerstreifen nicht mehr betreten! Befinden Sie sich noch auf dem Fußgängerstreifen, gehen Sie ruhig weiter. Niemals stehen bleiben oder gar umkehren!“



Bild 3-8: Fußgänger-Lichtsignalanlage in Zürich

- „Die Ampel schaltet auf Rot: Gehen Sie zügig weiter. Die Zeit genügt, um das gegenüberliegende Trottoir sicher zu erreichen, bevor der Querverkehr freie Fahrt erhält.“

In Zürich gibt es also eine „Alles-Rot-Phase“ mit einem Räumanteil für Fußgänger bei Fußgänger-Rot. In Düsseldorf hingegen bedeutet das Umschalten von Fußgänger-Gelb auf Fußgänger-Rot, dass der Kraftfahrzeugverkehr unmittelbar (1-2 s) danach frei gegeben wird (vgl. Tabelle 3-1).

3.4.2 Zweifeldige dreibegriffige Signalisierung

Niederlande

In den Niederlanden erfolgt die Fußgängersignalisierung mit einer zweifeldigen Signalisierung in der Signalfolge Rot – Grün – Grünblinker – Rot.

JANSEN (vgl. Stadt Aachen) berichtete bereits im Jahr 1989 aus den Niederlanden, dass am Ende der Fußgängerfreigabezeit (Mindestzeit 6 s) ein Grünblinker (Mindestzeit 3 s) einsetzt, welches das folgende Rotsignal ankündigt. Das nach dem Grünblinker erscheinende Rotsignal verbietet dem Fußgänger das Betreten der Fußgängerfurt und sagt, dass er so schnell wie möglich weitergehen soll. Die Räumzeit wird in der Regel mit 1,2 m/s berechnet.

In den Niederlanden dürfen Fußgänger ihren Querungsvorgang bei Grün und Grünblinker starten.

Bei langsameren Fußgängern (die in der Regel mit 0,8 bis 1,0 m/s gehen) wird davon ausgegangen, dass sie nicht mehr die Fußgängerfurt betreten, wenn das Grünblinker beginnt.

Die Dauer des Grünblinkers beträgt bei den im Rahmen von Vorsondierungen gefundenen Fallbeispielen in den Städten Arnhem, Nijmegen, Utrecht

	A	B	C	D	E	F	G
Kfz-Signal	Grün	Gelb	Rot				Rot
Kfz-Regelung	Fahren	Stoppen	Halten				Anfahren
Fußgänger-Signal	Rot			Grün	Gelb	Rot	
Fußgänger-Regelung	Warten			Gehen	Nicht starten, Räumen	Räumen, Warten	Warten

Tab. 3-3: Dreifeldige dreibegriffige Fußgängersignalisierung in Zürich

und Zwolle begutachteten Anlagen nahezu einheitlich 3 Sekunden. In Zwolle wurden einzelne Anlagen mit einer Dauer des Grünblinkens von 6 Sekunden vorgefunden.

Die Fußgängersignalisierung ist eingebettet in eine Steuerungsstrategie, die durch eine starke Separierung der Verkehrsströme gekennzeichnet ist. Fußgänger können in der Regel die Knotenpunkte getrennt von den Abbiegeströmen passieren.

Verkehrsströme erhalten in den Niederlanden mit Ausnahme der Hauptbeziehungen häufig nur dann eine Freigabe, wenn eine Anforderung vorliegt. Fußgänger fordern ihre Freigabe durch Anforderungstaster an. Der hohe Separationsgrad führt in Verbindung mit den Detektionsnotwendigkeiten an stärker frequentierten Knotenpunkten oft zu längeren Wartezeiten für die Verkehrsteilnehmer. Bei den Fußgängern führt dies den Beobachtungen vor Ort zufolge zu häufigen Rotlichtverstößen, sobald Zeitlücken in den Kfz-Strömen die Chance zum Überqueren bieten.



Bild 3-9: Separate Abwicklung des Fußgängerverkehrs in Zwolle (NL)

Die Knotenausstattung mit Leit- und Informations-einrichtungen in den Niederlanden unterscheidet sich deutlich von der in Deutschland. Durch eine betont auffällige Markierung werden die Wegeführungen und Konfliktpunkte optisch deutlich kenntlich gemacht. Auffällig ist auch die kontrastreiche Gestaltung der Signalmasten.

Österreich

In Österreich erfolgt die Signalisierung des Fußgängerverkehrs mit einer zweifeldigen Signalisierung in der Signalfolge Rot – Grün – Grünblinken – Rot.

Um das Verhalten der Fußgänger an Lichtsignalanlagen zu erläutern, hat die Stadt Wien eine „kleine Ampelkunde“ im Internet veröffentlicht, die Folgendes beinhaltet (vgl. <http://www.wien.gv.at/verkehr/ampeln/ampelkunde.html>):

- Fußgänger haben die Farben Rot und Grün.
- Die Fahrbahn darf bei Grün bzw. Grünblinken betreten und überquert werden.
- Ist die Straße durch eine Schutzinsel geteilt, darf auch das zweite Stück nur bei Grün überquert werden.
- Schaltet die Fußgängerampel auf Rot, ist zügig weiterzugehen und nicht umzukehren.
- Eine Sonderform der Fußgängerampel ist jene mit Restrotanzeige: Sie gibt an, wann die Ampel auf Grün schaltet.
- Fußgängerampeln können zusätzlich mit einem gelben Warnblinker ausgestattet sein. Dieser weist speziell Autofahrerinnen und Autofahrer auf die Fußgängerinnen und Fußgänger hin.

	A	B	C	D	E	F	G
Kfz-Signal	Grün	Gelb	Rot				Rot
Kfz-Regelung	Fahren	Stoppen	Halten				Anfahren
Fußgänger-Signal	Rot			Grün	Grünblinken	Rot	
Fußgänger-Regelung	Warten			Starten, Gehen	Starten, Gehen, Räumen	Räumen, Warten	Warten

Tab. 3-4: Zweifeldige dreibegriffige Fußgängersignalisierung in den Niederlanden

	A	B	C	D	E	F	G
Kfz-Signal	Grün	Gelb	Rot				Rot
Kfz-Regelung	Fahren	Stoppen	Halten				Anfahren
Fußgänger-Signal	Rot			Grün	Grünblinken	Rot	
Fußgänger-Regelung	Warten			Starten, Gehen	Starten, Gehen	Räumen, Warten	Warten

Tab. 3-5: Zweifeldige dreibegriffige Fußgängersignalisierung in Wien

	A	B	C	D	E	F	G
Kfz-Signal	Grün	Gelb	Rot				Rot
Kfz-Regelung	Fahren	Stoppen	Halten				Anfahren
Fußgänger-Signal	Rot			Grün	Grünblinken	Rot	
Fußgänger-Regelung	Warten			Starten, Gehen	Nicht starten, 2/3 Räumen	1/3 Räumen, Warten	Warten

Tab. 3-6: Zweifeldige dreibegriffige Fußgängersignalisierung in Basel

Schweiz

In Basel wird der Übergang von der Freigabe auf die Sperrzeit für Fußgänger mittlerweile durch ein Grünblinken geregelt, nachdem zuvor, wie in anderen Städten der Schweiz auch, das Fußgänger-Gelb eingesetzt wurde.

Um das Verhalten an einer Fußgänger-Lichtsignalanlage zu veranschaulichen, hat die Kantonspolizei Basel-Stadt eine Simulation in das Internet gestellt (vgl. <http://www.polizei.bs.ch>). Daraus ergibt sich im dargestellten Fall für den Fußgängerverkehr folgende Signalisierung: 7 s Grünzeit, 6 s Grünblinken, 8 s Zwischenzeit (zwischen dem Beginn des Grünblinkens und dem Grünbeginn für den anfahrenden Kfz-Verkehr).

England

Bei den pelican crossings (Pedestrian Light Controlled) erfolgt die Signalisierung des Fußgängerverkehrs mit einer zweifeldigen Signalisierung in der Signalfolge Rot – Grün – Grünblinken – Rot. Die Signalgeber sind vor (klein am Mast) und hinter der Konfliktfläche angeordnet.

Leuchtet das Fußgängersignal Grün, kann der Fußgänger, nachdem er sich versichert hat, dass der Kfz-Verkehr steht, mit der Überquerung beginnen.

Wenn die grüne Figur zu blinken beginnt, ist ausreichend Zeit, um die andere Straßenseite zu erreichen. Während des Fußgänger-Grünblinkens darf kein neuer Überquerungsvorgang gestartet werden. Mehrere Literaturquellen weisen allerdings darauf hin, dass dies häufig von den Fußgängern missverstanden/ignoriert wird (z. B. MAXWELL 2011). Der Fußgänger soll bei Grünblinken vor der Konfliktfläche warten und erneut die Freigabe anfordern.

Der Fußgänger drückt zur Aktivierung den Taster. Es erscheint der Hinweis „WAIT“.

Tabelle 3-7 macht deutlich, dass das Prinzip der pelican crossings auf die gegenseitige Rücksichtnahme zwischen Kraftfahrern und Fußgängern setzt (vgl. Tabelle 3-7, „F“).

Japan

Die Lichtsignale für Fußgänger haben in Japan die Signalfolge Rot – Grün – Grünblinken – Rot (vgl. BOLTZE, KITTLER, NAKAMURA 2008).

Russland

Die Lichtsignale für Fußgänger in Russland haben ebenfalls die Signalfolge Rot – Grün – Grünblinken – Rot. Zudem werden die Restgrün- und -rotzeit (in der oberen Kammer) angezeigt (Bild 3-10).

	A	B	C	D	E	F	G
Kfz-Signal	Grün	Gelb	Rot			Gelbblinken	
Kfz-Regelung	Fahren bei freier Konfliktfläche	Stoppen	Halten			Fußgänger räumen lassen	
Fußgänger-Signal	Rot		Grün		Grünblinken	Rot	
Fußgänger-Regelung	Warten		Gehen bei stehendem Kfz-Verkehr		Nicht starten, Räumen	Warten	

Tab. 3-7: Regelung für pelican crossings in England (vgl. WALKER et al. 2005)



Bild 3-10: Grünblinken in Novokuznetsk (Russland)

USA

Um eine Verwechslung mit den Signalen des Kraftfahrzeugverkehrs auszuschließen, wurden für die Fußgängersignale in den USA die Schriftformen mit WALK = Gehen (meist grün) und DON'T WALK = nicht gehen (meist rot) gewählt.

In San Francisco werden für den Fußgängerverkehr Signalgeber in der Signalfolge Rot – Grün – Rotblinken – Rot verwendet. Während der rot blinkenden Hand, die die Räumzeit verdeutlicht, darf kein Überquerungsvorgang mehr gestartet werden.

Hinsichtlich der Phasen und Phasenfolgen wurden einige Probleme in San Francisco sichtbar: Nach Beginn des Fußgänger-Rotblinkens erhielt der Kraftfahrzeugverkehr das Rot+Gelb-Signal bzw. der Beginn des roten Fußgängersignals war gleichbedeutend mit dem Anfang des Kfz-Grün-Signals. Die Unwissenheit bei den Verkehrsteilnehmern über diese Regelung und die Nichtbefolgung des rot blinkenden bzw. roten Fußgängersignals waren verantwortlich für Unfälle mit verletzten Fußgängern in San Francisco.

Um die Verkehrssicherheit für Fußgänger zu verbessern und um die Konflikte zwischen Fußgän-

gern und Kraftfahrern zu verringern, stattete die Stadt San Francisco im Jahr 2001 im Rahmen eines Pilotprogramms 14 Kreuzungen mit Restzeitanzeigen für Fußgänger aus. Die Restzeitanzeige zeigt die verbleibende Zeit vom Beginn des Fußgängergrüns bis zum Ende des rot blinkenden Fußgängersignals (und manchmal auch die Länge der Fußgängersperrzeit) an. Gleichzeitig wurde der Beginn des Rot+Gelb-Signals für die Kraftfahrer auf den Beginn des festen Rotsignals für die Fußgänger verschoben.

Das Pilotprogramm aus dem Jahr 2001 wurde mit folgenden Ergebnissen wissenschaftlich begleitet (MARKOWITZ et al. 2006):

- Der Anteil der Rotläufer hat statistisch signifikant abgenommen.
- Der Anteil der Fußgänger, die während der rot blinkenden Hand den Überquerungsvorgang starteten, ist leicht zurückgegangen.
- Nur 17 % (nach der Umrüstung) bzw. 40 % (vor der Umrüstung) der Befragten kannten den Sinn der rot blinkenden Hand. Dies deutet darauf hin, dass die Fußgänger den Überquerungsstart nach der Restzeitanzeige ausrichteten.

	A	B	C	D	E	F	G
Kfz-Signal	Grün	Gelb	Rot		Rot	Grün	
Kfz-Regelung	Fahren	Stoppen	Halten		Anfahren	Fahren	
Fußgänger-Signal	Rot			Grün	Rotblinken	Rot	
Fußgänger-Regelung	Warten			Gehen	Nicht starten, Räumen	Warten	

Tab. 3-8: Dreibegriffige Fußgängersignalisierung in San Francisco (vor der Umrüstung)

	A	B	C	D	E	F	G
Kfz-Signal	Grün	Gelb	Rot			Rot	Grün
Kfz-Regelung	Fahren	Stoppen	Halten			Anfahren	Fahren
Fußgänger-Signal	Rot			Grün	Rotblinken	Rot	
Fußgänger-Regelung	Warten			Gehen	Nicht starten, Räumen	Warten	

Tab. 3-9: Dreibegriffige Fußgängersignalisierung in San Francisco (nach der Umrüstung)

- Der Anteil der Fußgänger, die den Überquerungsvorgang abbrechen, hat sich statistisch signifikant reduziert.
- Die Anzahl der Unfälle zwischen Fußgängern und Kraftfahrern ist zurückgegangen.
- Etwa 90 % der Befragten gaben an, dass die Restzeitanzeigen hilfreicher als die herkömmlichen Anlagen ohne Zeitanzeigen sind.

Aufgrund der positiven Ergebnisse wurden bis Januar 2006 etwa 700 der 1.100 vorhandenen signalisierten Kreuzungen in San Francisco mit Fußgänger-Restzeitanzeigen ausgestattet.

In den Jahren 2002 und 2003 fand in Montgomery Country, Maryland (ECCLES, TAO, MANGUM 2004), ebenfalls eine Vorher-/Nachher-Untersuchung von Fußgänger-Restzeitanzeigen für fünf Kreuzungen mit insgesamt 20 ausgestatteten Furten statt. Ähnlich wie bei der Untersuchung in San Francisco waren die Ergebnisse positiv. Neben den bereits aufgeführten positiven Auswirkungen auf das Fußgängerverhalten (MARKOWITZ et al. 2006) wurde auch deutlich, dass die Kraftfahrer großes Verständnis für Fußgänger während der angezeigten Räumzeit (blinkendes „DON'T WALK“) zeigten. Es wurde ein signifikanter Rückgang der Konflikte zwischen Fußgängern und Kraftfahrern festgestellt.

3.4.3 Restrot- und Restgrünanzeigen Hamburg

Am 28.09.2005 wurde in Hamburg Deutschlands erste Lichtsignalanlage mit Restrotanzeige für Fußgänger in Betrieb genommen (vgl. Bild 3-12). Die Anlage befindet sich am Gänsemarkt und ist festzeitgesteuert. Sie wird mit einer Umlaufzeit von 60 Sekunden betrieben.

Die Wirksamkeit der Lichtsignalanlage mit Restrotanzeige wurde in Vorher-Erhebungen (zwischen dem 08.02. und 31.03.2005) und Nachher-Erhebungen (zwischen dem 10.11. und 24.11.2005) mit

- Fußgänger- und Kfz-Verkehrszählungen,
- verhaltensorientierten Beobachtungen und
- Befragungen vor Ort

untersucht (SCHLABBACH, CELIKKAN 2006).

Es wurden drei Stundengruppen festgelegt, welche die maßgeblichen Szenarien abbilden. Der Zeitraum 11 bis 13 Uhr erfasst frühe Einkaufsverkehre und die Mittagspause der Berufstätigen. Das Intervall 16 bis 18 Uhr erfasst die nachmittägliche Hauptverkehrszeit mit Einkaufs-/Berufsverkehr. Der Zeitraum 20 bis 21 Uhr bezieht sich auf den Frei-



Bild 3-11: Fußgängersignalanlage mit Restrotanzeige (Grün in... Zeitangabe in Sekunden) in Hamburg



Bild 3-12: Fußgängersignalanlage mit Restrotanzeige bei durch Mittelinsel geteilter Furt in Hamburg

Zeitraum	Fußgänger in Richtung		Kfz in Richtung	
	Passage	Gänsemarkt	Jungfernstieg	Gänsemarkt
Vorher				
11-13 Uhr	820	630	332	498
16-18 Uhr	928	659	325	549
20-21 Uhr	367	180	171	330
Nachher				
11-13 Uhr	772	614	203	477
16-18 Uhr	1.067	792	374	522
20-21 Uhr	523	269	212	313

Tab. 3-10: Durchschnittliche Verkehrsstärken pro Stunde (SCHLABBACH, CELIKKAN 2006)

zeitsektor (Kinos, Gastronomie). Mit Touristen kann in allen drei Szenarien gerechnet werden. Die Erhebungen wurden von montags bis freitags durchgeführt. Tabelle 3-10 zeigt die durchschnittlichen Verkehrsstärken pro Stunde.

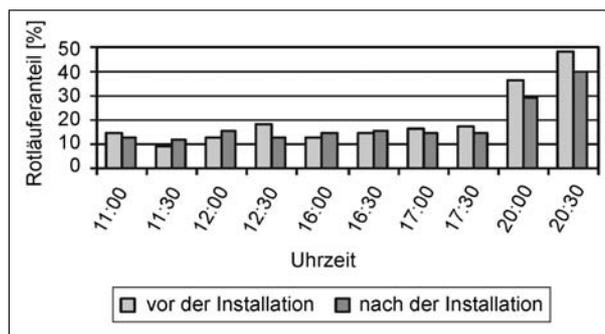


Bild 3-13: Gegenüberstellung der Rotläuferanteile ohne und mit Restrotanzeige in Gehrichtung vom Gänsemarkt zur Passage (SCHLABBACH, CELIKKAN 2006)

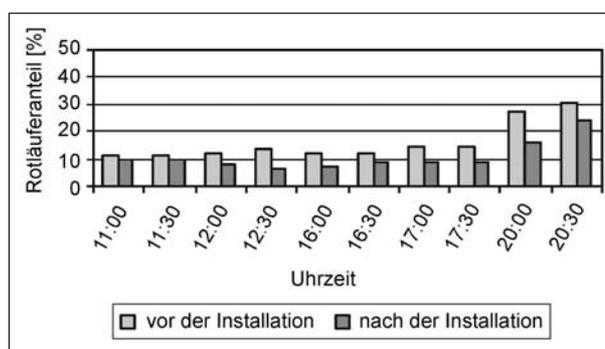


Bild 3-14: Gegenüberstellung der Rotläuferanteile ohne und mit Restrotanzeige in Gehrichtung von der Passage zum Gänsemarkt (SCHLABBACH, CELIKKAN 2006)

Die Wirksamkeit der Restrotanzeige zeigt sich am Rückgang des Rotläuferanteils von vorher 21,0 % auf nachher 16,7 % (durchschnittlich über alle Szenarien und beide Gehrichtungen). Diese abnehmende Tendenz streut unterschiedlich stark nach Szenarien und Gehrichtung. Bild 3-13 und Bild 3-14 machen deutlich, dass die Wartebereitschaft bei den Fußgängern in Richtung Gänsemarkt stärker als in Richtung Passage ist. Dies erklärt sich vermutlich damit, dass die Passage für viele Fußgänger ein Ziel ist, das – unmittelbar vor Augen – nunmehr erreicht werden will. Die Rotläuferanteile sind im abendlichen Szenario am größten, was wahrscheinlich auf die geringeren Kfz-Verkehrsstärken zurückzuführen ist.

Aus der Befragung (760 Fragebögen) ergab sich eine spürbare Anhebung der generellen Schwellenwerte, wenn nach der zumutbaren Wartezeit im Nachherzustand gefragt wurde (maximale Wartezeit 50 Sekunden). Auf die spezifische Situation am Gänsemarkt angesprochen, bezeichnen nachher 81 % (gegenüber vorher 76 %) die Wartezeit als zumutbar.

Bei einer Beurteilung der Restrotanzeige stufen 8 % diese als „vorbildlich“, 20 % als „nachahmens-

wert", 43 % als „interessant“, 12 % „als wenig sinnvoll“ und 17 % als „völlig überflüssig“ ein. Dieses Ergebnis ist durchaus kompatibel mit anderen Antworten, beispielsweise zum Verhalten während der Sperrzeit der Fußgänger-Lichtsignalanlage. Hier wollten vorher nur 38 % auf Grün warten, mit Hilfe der Restrotanzeige war es jeder Zweite, der sich für das regelgerechte Verhalten entschied. Darüber hinaus wird der Wartevorgang von 33 % der Befragten mit größerer Gelassenheit empfunden und weitere 18 % stuften ihr Verhalten als „konzentriert“ auf die Restrotanzeige ein.

Aus verkehrsgutachtlicher Sicht wurde das Pilotprojekt insgesamt positiv bewertet, vor allem wegen der Reduzierung des Rotläuferanteils. Mittel- und langfristig sollte aber mit gewissen Gewöhnungseffekten gerechnet werden, die das positive Bild eintrüben können. Als Einsatzkriterien für weitere Anlagen schlug SCHLABBACH (2007) vor, dass Restrotanzeigen an Fußgänger-Lichtsignalanlagen mit hohem Fußgängerverkehrsaufkommen, an Schulen und Altenheimen infrage kommen. Mittlerweile sind zehn weitere Anlagen umgesetzt.

Bochum

Seit Ende 2007 kommen in Bochum an zwei Überquerungsstellen Fußgängerschutzanlagen mit Restzeitanzeigen zur Anwendung. Beide Anlagen sichern im Zuge wichtiger Verbindungsachsen des Fußgängerverkehrs (Anbindung Hauptbahnhof zur Fußgängerzone) die Überquerungsvorgänge über eine stärker befahrene Hauptverkehrsstraße (mit Mitteltrennung). Neben dem Restrot wird hier auch das Restgrün für Fußgänger angezeigt (vgl. Bild 3-15 und Bild 3-16).

Österreich

Die Stadt Wels in Österreich wurde mit dem „Walkspace Award 08“ für einen innovativ neugestalteten Fußgängerschutzweg ausgezeichnet: Die Überquerungsanlage besitzt eine Breite von 23 m, Barrierefreiheit durch komplette Lage des Überweges auf einer Teilaufpflasterung, LED-Leuchten im Boden und Restrotanzeige (vgl. Bild 3-17).

In Wien wurde in der Hofmühlgasse im Sommer 2009 die erste Restrotanzeige eingerichtet. Ende 2009 gab es zehn Lichtsignalanlagen mit Restrotanzeige für Fußgänger in Wien.

Niederlande

In den Niederlanden kommen verkehrsabhängige Count-Down-Regelungen zum Einsatz. So wird auf die Anzeige von Zahlenwerten verzichtet. Stattdessen läuft ein „Punktekrans“, dessen Geschwindigkeit des „Herunterwanderns“ in Abhängigkeit von der Belegungssituation und Anforderung einzelner Richtungsströme variiert.

In Zwolle sind mehrere Knotenpunkte mit Count-Down-Anlagen ausgestattet (vgl. Bild 3-18). Die



Bild 3-15: Restrot-/Restgrünanzeige in Bochum



Bild 3-16: Fußgängerschutzanlage mit Restrot-/Restgrünanzeige an der Fußgängerzone in Bochum



Bild 3-17: Signalisierte Überquerungsstelle für Fußgänger in Wels in Österreich (Flyer Stadt Wels zum „Walkspace Award 2008“)

Count-Down-Anzeiger sind neben den Signalgebern für den Radverkehr angebracht, geben aber sowohl Radfahrern als auch Fußgängern eine Orientierung über die verbleibende Wartezeit.



Bild 3-18: Count-Down-Anlage in Zwolle in den Niederlanden (BOLTZE, KITTLER, NAUKAMURA 2008)



Bild 3-19: Anzeige der verbleibenden Sperr- und Freigabezeit in Balkenform in Tokio (BOLTZE, KITTLER, NAUKAMURA 2008)

Japan

In Japan gibt es keine verbindlichen Richtlinien zur Lichtsignalsteuerung (BOLTZE, KITTLER, NAKAMURA 2008). Es wurde aber ein Handbuch zur Lichtsignalsteuerung entwickelt, das inhaltlich vergleichbar mit den RiLSA ist. Für Fußgänger werden Freigabezeiten unter Annahme einer Gehgeschwindigkeit von 1,0 m/s so berechnet, dass die Fußgänger die Fahrbahnbreite vollständig queren können. Dies führt bei großen Furten mit acht oder mehr zu überquerenden Fahrstreifen zu sehr langen Fußgängerfreigabezeiten, die für die Umlaufzeit maßgebend werden. Hinzu kommt, dass von der japanischen Polizei häufig unter Hinweis auf die Verkehrssicherheit längere Räumzeiten und Freigabezeichen als nach dem Handbuch erforderlich gewählt werden. In Japan werden daher teilweise Anzeigen der verbleibenden Freigabe- bzw. Sperrzeit verwendet. Die Darstellung erfolgt in Form einer Balkenanzeige (vgl. Bild 3-19) oder einer Anzeige der verbleibenden Restsekunden. In Tokio sind knapp 10 % der Anlagen an Hauptknoten mit Restzeitanzeigen ausgestattet.

Weitere Länder

Die Recherchen von CELIKKAN, HOFFMANN, SCHLABBACH (2008) und eigene Ortsbesichtigungen zeigen, dass in vielen Städten Technologien und Darstellungsweisen entwickelt wurden, die Fußgängerfreigabe-/wartezeit anzuzeigen. Restzeitanzeigen findet man in z. B. Dublin, Kopenhagen, Oslo, Seoul, Shanghai, in kanadischen, türkischen (in Kombination mit schneller laufenden Fußgängern) und russischen Städten (in Kombination mit Grünblinken).



Bild 3-20: Restrot- und (Restgrünanzeigen in Bodrum (Türkei)



Bild 3-21: Restgrünanzeige in Rio de Janeiro (Brasilien)

3.4.4 Anzeige der Räumzeit durch Gelbblinken für den abbiegenden Kraftfahrer

Saarbrücken

In Saarbrücken erfolgte seit 1985 eine Umstellung der Fußgänger-Signalisierung: Die bis dahin ausschließlich separate Freigabe des Fußgängerverkehrs wurde aufgegeben und es wurde eine Freigabe des Fußgängerverkehrs zeitgleich mit dem abbiegenden Kfz-Verkehr eingeführt. Wegen der Umstellungsproblematik wurde an allen von der Umstellung betroffenen Fußgängerfurten ein gelbes einfeldiges Blinklicht angebracht, und zwar unmittelbar unter den Fußgängersignalgebern und zwecks guter Erkennbarkeit auf den abbiegenden Autofahrer ausgerichtet. Wenn von einer Seite aus abgelenkt wird, ist es an dem einen entsprechenden Signalmast angebracht. Wird beidseits abgelenkt, ist das Blinksignal an beiden Signalmasten der Furt.

Die Signalscheibe zeigt einen schwarzen Fußgänger auf gelbem Grund. Das Blinken erfolgt im 1-Sekunden-Takt.

Bild 3-22 und Tabelle 3-11 zeigen die Saarbrücker Lösung und die dazugehörige Signalfolge an den Fußgängersignalen. Das Blinklicht beginnt 1 Sekunde vor der Freigabe des abbiegenden Kfz-Verkehrs. Das bedeutet konkret, dass es

- entweder etwa zeitgleich mit Beginn des Fußgängergrüns beginnt, wenn der notwendige Zeitvorsprung des Fußgängers vor dem Freigabezeitbeginn des abbiegenden Kraftfahrzeugverkehrs an der Furt relativ gering ist, oder
- dass es während des Fußgängergrüns beginnt, wenn der Fußgänger einen relativ langen Zeit-



Bild 3-22: Der Kfz-Verkehr und der parallele Fußgängerverkehrsstrom haben Grün. Das gelbe Blinklicht ist aus der Kfz-Richtung gut zu sehen (oben). Nach Beendigung der Fußgängergrünzeit blinkt das Gelbsignal noch bis Ende der Fußgängerräumzeit; Fußgänger- und Kfz-Verkehr haben inzwischen schon Rot (Saarbrücken) (unten)

vorsprung vor Freigabezeitbeginn des abbiegenden Kraftfahrzeugverkehrs hat.

	A	B	C	D	E	F	G
Abbiegendes Kfz-Signal	Rot	Rot Gelb	Grün		Gelb	Rot	
Kfz-Regelung	Halten	Anfahren	Fahren		Stoppen	Halten	
Gelbblinken		Achten auf Fußgänger					
Fußgänger-Signal	Rot	Grün		Rot			Rot
Fußgänger-Regelung	Warten	Gehen		Räumen, nicht starten			Warten

Tab. 3-11: Zweifeldige zweibegriffige Fußgängersignalisierung mit Gelbblinken in Saarbrücken

Das Blinklicht blinkt bis zum Ende der Fußgängerräumzeit. Der Kraftfahrer wird durch das Blinklicht darauf aufmerksam gemacht, dass der Fußgänger Vorrang hat, und er erhält zugleich eine Information, wie lange der Fußgänger noch räumen darf.

HÄCKELMANN bewertet, ob die Saarbrücker Lösung zur Problematik der Anzeige der Fußgängerräumzeit beitragen kann:

- Das Saarbrücker Gelbblinken wird nur an Knotenpunkten angewendet, an denen der abbiegende Kfz-Verkehr auf gleichzeitig frei gegebenen Fußgängerverkehr trifft. Es scheidet also an reinen Fußgängerfurten aus oder müsste hier ergänzt werden.
- In seiner Grundkonzeption ist es ein Signal, das auf den Autofahrer bezogen ist. Daher ist es wegen seiner optischen Ausrichtung auf den abbiegenden Kfz-Verkehr für den Fußgänger auf der Furt nicht immer gut einsehbar. Dieses wäre u. U. nur zu beheben, wenn ein zweites und signalzeitidentisches Signal mit Ausrichtung auf die Fußgängerfurt installiert würde.
- Wenn, was häufig der Fall ist, nur eine Abbiegerichtung des Kfz-Verkehrs zugelassen ist, also entweder nur rechts abbiegender oder nur links abbiegender Kfz-Verkehr, wird das Gelbsignal nur an dem Fußgänger-Signalmast angebracht, an dem es auf den abbiegenden Kfz-Verkehr gerichtet werden kann; am Mast am anderen Ende der Fußgängerfurt wird es dann nicht angebracht. Dieses Problem wäre ebenso zu beheben, indem ein Gelbsignal grundsätzlich auch am zweiten Mast angebracht wird – obwohl es dort für den Kfz-Verkehr nicht erforderlich ist.
- Das gelbe Blinksignal kann in seiner derzeitigen Anwendung vom Fußgänger hinsichtlich sei-

ner Bedeutung nur schwer interpretiert werden: Je nach örtlicher Situation und Signalplankonstellation würde aus der Sicht des Fußgängers während seiner Grünzeit kein Gelbblinken (zu Beginn der Fußgänger-Grünzeit) oder ein Gelbblinken (während der Kfz-Freigabezeit und bis zum Ende der Fußgängerräumzeit) vorhanden sein. Hier wäre in jedem Fall Aufklärung über die Bedeutung des Gelbblinkens erforderlich.

Die „Saarbrücker Lösung“ des Gelbblinkens dient deshalb primär dem Schutz der Fußgänger gegenüber dem abbiegenden Kfz-Verkehr. Ohne entsprechende Anpassungen kann es jedoch nicht als generelle Anzeige für den gegen Rot querenden Fußgänger über seine Räumzeit fungieren.

Weitergehender Schutz der Fußgänger gegenüber abbiegendem Kfz-Verkehr fordert der GDV in seinem 2011 veröffentlichten Kommentar zur RiLSA 2010. Danach „sollte aus Sicht der Verkehrssicherheit die gesonderte Signalisierung der Rechtsabbieger bzw. eine signaltechnische Trennung der Rechtsabbiege- und der parallelen Fußgängerströme der Regelfall sein“.

3.4.5 Fußgängersignalstandorte vor der Konfliktfläche

Aachen

Im Aachener Feldversuch (HEUSCH und BOESEFELDT 1991) wurden zwei Kreuzungen so umgebaut, dass sich die Fußgängersignalstandorte vor der zu kreuzenden Fahrbahn befanden.

Durch das nach dem Betreten der Fahrbahn nicht mehr zu sehende Signal sollte eine Verunsicherung der Fußgänger durch den Wechsel von Grün auf Rot vermieden werden. Beim Feldversuch in Aachen wurde auch von den Kraftfahrern ein umsich-



Bild 3-23: Knotenpunkte in Aachen mit Fußgängersignalstandorten vor der Konfliktstelle (Ministerium für Stadtentwicklung und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen 1991)

tigeres Fahrverhalten erwartet, das eine Sicherheitsverbesserung mit sich bringen sollte.

Aus den Versuchsergebnissen konnte jedoch keine Empfehlung für den Einsatz in Aachen gegeben werden: Die Anordnung der Signalgeber vor der zu kreuzenden Fahrbahn war für die Fußgänger in den wenigen Anwendungsfällen höchst ungewohnt. Die Erkennbarkeit des Signals im Zulauf war gering. Eine Ungewissheit bei den Fußgängern beginnt beim Betreten der Fahrbahn.

Niederlande

JANSEN berichtete bereits auf einem Symposium 1989 in Aachen, dass in Maastricht damit experimentiert wurde, die Fußgängersignale vor der Fußgängerfurt aufzustellen. Dabei wurde Grün nur als Startsignal von 6 s Dauer gegeben, in Verbindung mit einem akustischen Signal sogar nur von 4 s. Als Vorteile wurden genannt, dass dadurch kein „optischer Konflikt“ mehr besteht, weil nach dem Betreten der Fußgängerfurt ja kein Signal mehr sichtbar ist, und zugleich ein Zeitgewinn erzielt wird für die Gesamtsignalisierung der Anlage.

England

Auch bei dem in England (insbesondere in London) praktizierten „puffin crossing“ (= pedestrian user-friendly intelligent crossing) sind die Signalgeber an einem Anforderungstaster vor der Fahrbahn installiert (Bild 3-24). Der Mast steht am Bordstein und ist seitlich auf die querungswilligen Fußgänger ausgerichtet. Aufgrund der niedrigeren Höhe können Fußgängerpuls das Signal u. U. verdecken (MAXWELL 2011).

Puffin crossings in England sind zweifelndig. Sie haben zudem eingebaute Detektorerfassungs-



Bild 3-24: Puffin crossing in England (MAXWELL 2011)



Bild 3-25: Detektor an puffin crossing (MAXWELL 2011)

systeme (Bild 3-25). Puffin crossings wurden entwickelt, um Verzögerungen im Kfz-Strom zu reduzieren und um das Komfort- und Sicherheitsgefühl der Fußgänger während des Überquerungsvorgangs zu verbessern (vgl. WEBSTER 2006).

Videodetektoren erfassen die Fußgänger nach Drücken sowohl beim Warten im Seitenraum als

	A	B	C	D	E	F	G
Kfz-Signal	Grün	Gelb	Rot				Rot
Kfz-Regelung	Fahren bei freier Konfliktfläche	Stoppen	Halten				Halten
Fußgänger-Signal	Rot			Grün...	Rot	Rot	
Fußgänger-Regelung	Warten			Gehen, wenn Kfz-Verkehr steht	Räumzeit (ggf. Verlängerung)	Nicht starten	

Tab. 3-12: Regelung für puffin crossings in England (WALKER et al.)

auch später beim Überquerungsvorgang. Ersteres erfolgt, damit die Anlage reagieren kann, wenn ein Fußgänger Überquerung anfordert, dann aber eine Zeitlücke findet, bevor das Fußgängerfreigabesignal erscheint, oder der Fußgänger danach von seinem Startpunkt weggeht. Die Anlage bricht dann die Fußgängeranforderung ab.

Wenn das Fußgänger-Grün erscheint, soll der Überquerungsvorgang begonnen werden. Wenn der Fußgänger z. B. eine Person mit Kinderwagen oder mit Rollator ist, dann erfasst der Detektor dies und rechnet damit, dass diese „mobilitätseingeschränkten“ Fußgänger länger für die Querung brauchen. Die Fußgänger-Grünphase wird entsprechend angepasst. Das bedeutet für das Signalprogramm, dass der Kfz-Verkehr durch den Befehl des Detektors so lange das Rot behält, bis die mobilitätseingeschränkte Person die gesamte Furlänge überquert hat. Im Gegensatz zu pelican crossings haben puffin crossing kein Blinken (weder Grünblinken für die Fußgänger noch Gelbblinken für die Kraftfahrer).

2005 und 2006 erschienen Untersuchungen zum Verkehrsablauf und zur Verkehrssicherheit (WALKER 2005, WEBSTER 2006). Im Rahmen der Untersuchung aus dem Jahr 2005 wurden fünf puffin crossings mit fünf pelican crossings in London verglichen. Es ergaben sich folgende Ergebnisse:

- Die Beobachtungen an den puffin crossings zeigten im Vergleich zu pelican crossings längere Wartezeiten für das erste Fahrzeug, das während Rot anhält. Dies liegt vor allem an den verlängerten Fußgänger-Grünzeiten durch das Detektorerfassungssystem.
- An puffin crossings gibt es während der Räumzeit (angezeigt durch Rot) weniger Überque-

rungsstarts als während der Räumzeit (angezeigt durch Grünblinken) an pelican crossings.

- Lange Wartezeiten führen an beiden Anlagentypen zu häufigerem Gehen bei Rot.
- Das Verhalten von Fußgängern und Kraftfahrern an beiden Anlagentypen war stark von den Umfeldfaktoren abhängig: Schüler verhielten sich anders als Berufstätige oder Einkäufer.

Die Unfallanalyse aus dem Jahr 2006 hatte zum Ziel, das Unfallgeschehen an 23 puffin crossings mit der Unfallsituation an Kontrollgruppen im Vorher-Nachher-Vergleich (jeweils drei Jahre) zu analysieren. Als Kontrollgruppen wurden „no formal crossing“, „zebra crossing“ und „pelican crossing“ herangezogen. Es wurde der Bereich 50 m beidseits der Anlagen in die Untersuchung mit einbezogen. Die Unfallanalyse zeigte folgendes Ergebnis (WEBSTER 2006): Bezogen auf die Kontrollgruppen konnte über alle 23 Standorte von puffin crossings eine Reduzierung der Unfallrate aller Unfälle um 15 % und der Unfälle mit Fußgängerbeteiligung um 26 % festgestellt werden. Daraus wurde gefolgert, dass puffin crossings kein größeres Risiko für die Verkehrsteilnehmer als andere „formal crossings types“ in London haben. Aus Verkehrssicherheitsgründen spricht damit den Autoren der Studie zufolge nichts gegen die Einrichtung von puffin crossings. Im Jahr 2006 gab es 111 puffin crossings in London. Vom Department of Transport wurde das Ziel ausgegeben, dass puffin crossings die Standardform für Überquerungsanlagen werden sollen.

Im Jahr 2011 erschien erneut eine Verkehrssicherheitsuntersuchung vom transport research laboratory. Ziel war es, die quantitativen Ergebnisse der vorherigen Untersuchungen nun mit zahlenmäßig und statistisch abgesicherten Aussagen zur Verkehrssi-

cherheit an puffin crossings zu verifizieren. Die Untersuchung bezog sich auf 40 Fußgängerfurten auf der Strecke und auf 10 Knotenpunkte, die alle von pelican crossings zu puffin crossings umgestaltet wurden. Die Veränderungen bezogen sich nur auf die Verkehrstechnik. Die statistische Analyse wurde mit einem Modell gestützt, das Zeittendenzen und Saisonfaktoren berücksichtigt. Die Gegenüberstellung der Unfalldaten eines Vorher- und Nachher-Zeitraumes (insgesamt 14 Jahre) zeigte Folgendes:

- 17 % weniger Unfälle mit Verletzten an den Furten auf der Strecke (statistisch signifikant auf einem 5%-Niveau),
- 19 % weniger Unfälle mit Verletzten über alle 50 Furten (statistisch signifikant auf einem 5%-Niveau),
- 24 % weniger Fußgängerunfälle mit Verletzten (statistisch signifikant auf einem 10%-Niveau),
- 16 % weniger Kfz-Unfälle mit Verletzten (statistisch signifikant auf einem 10%-Niveau).

Aufgrund dieser Ergebnisse unterstützen die Autoren die Einführung von weiteren puffin crossings. Da ihre Untersuchung den Schwerpunkt auf Furten auf der Strecke hatte, soll sich eine weitere Analyse auf Knotenpunkte konzentrieren.

3.4.6 Rundum-Grün für Fußgänger

Aachen

HEUSCH und BOESEFELDT setzten sich 1991 im Rahmen einer nordrhein-westfälischen Untersuchung in der Stadt Aachen mit den Signalisierungs- und Sicherungsmöglichkeiten des Fußgängerver-

kehrs auseinander. Drei ausgewählte Kreuzungen wurden im Rahmen dieses Feldversuches mit einer Rundum-Grün-Signalprogrammstruktur ausgestattet (vgl. Bild 3-26). Die Feldversuche zeigten zwar sowohl Vorteile als auch Nachteile, insgesamt wurde aber das Rundum-Grün zur Anwendung empfohlen.

Köln

Rundum-Grün mit (nahezu) zeitgleicher Freigabe sämtlicher Fußgängerströme eines Knotens in einer vom Kfz-Verkehr freien Phase kommt in Deutschland überwiegend an kompakten Knotenpunkten zur Anwendung. Sie ermöglichen Fußgängern eine beeinträchtigungsarme Knotenquerung mit oft geringen Gesamtwarzeiten (z. B. durch das Diagonalqueren). Konfliktpotenziale zwischen Fußgängern und Abbiegern werden bei dieser Signalisierungsform vermieden.

Es existieren im Rahmen dieser Regelung Lösungen, bei denen das Diagonalqueren z. B. durch Markierung von Diagonalfurten unterstützt wird (vgl. Köln, Bild 3-27), als auch Regelungen, bei denen eine Beschränkung auf Furten in der herkömmlichen Ausgestaltungsweise erfolgt. Vereinzelt sind auch Fallbeispiele an großflächigeren,



Bild 3-27: Rundum-Grün mit diagonalem Queren in Köln



Bild 3-26: Ausgewählte Kreuzungen mit Rundum-Grün in Aachen (Ministerium für Stadtentwicklung und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen 1991)

vom Kfz-Verkehr dann allerdings schwächer frequentierten Knoten, zu finden.

Japan

In Japan (BOLTZE, KITTLER, NAKAMURA 2008) können die Fußgänger an Knotenpunkten mit hoher Fußgängerbelastung den Knotenpunkt mit Rundum-Grün in seltenen Fällen auch diagonal überqueren (Bild 3-28).



Bild 3-28: Rundum-Grün mit diagonalem Queren für Fußgänger in Japan (BOLTZE, KITTLER, NAKAMURA 2008)

3.5 Anforderungen mobilitätseingeschränkter Personen

Menschen mit einer Mobilitätseinschränkung – insbesondere die großen Gruppen der Menschen mit einer Sehbeeinträchtigung bzw. Sehbehinderung und einer Gehbehinderung sowie Rollstuhlnutzende – stellen besondere Anforderungen an Überquerungsanlagen, die durch eine Lichtsignalanlage abgesichert sind. Die Ausgestaltung von Lichtsignalanlagen unter besonderer Berücksichtigung der Belange mobilitätseingeschränkter Personen ist entsprechend den RiLSA und der DIN 32981 (Zusatzeinrichtungen für Blinde und Sehbehinderte an Straßenverkehrs-Signalanlagen) auszuführen. Zu berücksichtigen sind auch die „Hinweise für barrierefreie Verkehrsanlagen“ (H BVA, Ausgabe 2011).

Die spezifischen Anforderungen mobilitätseingeschränkter Menschen betreffen verschiedene Aspekte des Überquerungsvorgangs, die zeitlich nacheinander auftreten:

- Phase 1: Auffinden der Überquerungsanlage und des Signalgebermastes,
- Phase 2: Erkennen der Freigabe der Fußgängerfurt,
- Phase 3: sicheres Überqueren der Fußgängerfurt.

Bei allen Phasen des Überquerungsvorgangs ist das so genannte Zwei-Sinne-Prinzip zu beachten, das besagt, dass zur Erfüllung von Barrierefreiheit immer mindestens zwei der drei – der für die Verkehrsteilnahme wichtigen – Sinne (Sehen, Hören und Fühlen) angesprochen werden müssen.

Phase 1 – Auffinden der Überquerungsanlage

Damit eine mit einer LSA ausgestattete Überquerungsanlage von sehbehinderten und blinden Men-



Bild 3-29: Auffindestreifen zum Signalmast in Hofgeismar (Hessen)

schen aufgefunden werden kann, muss diese über taktile Bodenindikatoren und/oder ein akustisches Orientierungssignal geortet werden können (Bild 3-29).

Bei der Verwendung von Bodenindikatoren soll ein quer über den gesamten Seitenraum verlegter taktiler Auffindestreifen zum Signalgebermast führen.

Nach DIN 32981 soll ein akustisches Orientierungssignal („Tackgeräusch“) in einem Umkreis von 4 bis 5 m vom Signalgebermast zu hören sein und muss sich eindeutig vom Freigabesignal unterscheiden. Die akustischen Signale sollten sich möglichst dem Umgebungslärm automatisch anpassen.

Phase 2 – Erkennen der Freigabe der Fußgängerfurt

Neben dem optischen Lichtsignal kann die Freigabe für sehbehinderte und blinde Menschen über ein

akustisches Freigabesignal angezeigt werden, das möglichst nur auf Anforderung zugeschaltet werden sollte. Bei komplexen Straßenraumsituationen, in denen das akustische Freigabesignal nicht exakt zugeordnet werden kann, sollte die Freigabe zusätzlich über einen taktilen vibrierenden Signalgeber angezeigt werden.

Die akustische und taktile Freigabe darf nur mit Start der Grünzeit erfolgen, bei Anforderung während einer laufenden Grünzeit muss die Anforderung gespeichert und die Signale dürfen erst bei der nächsten Grünzeit zugeschaltet werden.

Phase 3 – Überqueren der Fußgängerfurt

Sehbehinderten und blinden Menschen kann mit dem akustischen Freigabesignal eine Orientierung (Richtungsführung) beim Überquerungsvorgang gegeben werden. Das Freigabesignal zeigt dabei die Freigabezeit an und soll noch in einer Entfernung von ca. 8 m, aber mindestens bis zur Fahrbahnmitte zu hören sein, damit es als Zielorientierung dienen kann.

Signalgeber (Anforderungstaster) können mit taktilen Zusatzinformationen (keilförmige Pfeile nach DIN 32981) ausgestattet werden, die über die Gehrichtung oder weitere Besonderheiten (z. B. Anzahl der Fahrstreifen, Mittelinseln, Gleisanlagen) informieren.

Für Menschen mit einer Gehbehinderung, Rollator- und Rollstuhlnutzende ist eine Bordsteinabsenkung auf höchstens 3 cm oder eine Ausführung des Bordsteinverlaufs mit differenzierter Bordhöhe in Höhe der Fußgängerfurt zu realisieren. Bei Ausfüh-



Bild 3-30: Taktile Zusatzinformation über die Gehrichtung in Düsseldorf, Nordrhein-Westfalen (links) und in Darmstadt, Hessen (rechts)

rung der Überquerungsstelle mit differenzierter Bordhöhe ist darauf zu achten, dass sich der Bereich mit Nullabsenkung nicht in Höhe des Signalgebermastes befindet, damit blinde Menschen nicht unvermittelt auf die Fahrbahn gelangen.

Für alle Menschen mit einer Mobilitätseinschränkung sind die Länge der Freigabezeit und die zu Grunde gelegte Räumgeschwindigkeit von herausragender Bedeutung. Nach den RiLSA muss bei LSA mit akustischen Zusatzeinrichtungen die Freigabezeit so bemessen sein, dass rechnerisch die gesamte Furlänge überquert werden kann. Eine Aussage zu den anzusetzenden Gehgeschwindigkeiten erfolgt dabei nicht. Im (mittlerweile verworfenen) DIN-Entwurf 18030 zum barrierefreien Bauen wurde für die Berechnung der Freigabezeit gefordert, dass unter Annahme einer Gehgeschwindigkeit von 1,0 m/s zwei Drittel der Fahrbahn zurückgelegt werden können.

Nach den RiLSA soll für die Räumgeschwindigkeit (1,0 m/s bis 1,5 m/s) der untere Wert nur dann zur



Bild 3-31: Taktile Zusatzinformation über Anzahl und Lage der Fahrstreifen in Wien (oben) und Spittal, Österreich (unten)

Anwendung kommen, wenn LSA überwiegend zum Schutz für Menschen mit Mobilitätseinschränkung eingerichtet werden. Im DIN-Entwurf 18030 wurde grundsätzlich eine Räumgeschwindigkeit von 1,0 m/s gefordert. Die DIN 18024-1 („Barrierefreies Bauen“) fordert eine Räumgeschwindigkeit von 0,8 m/s.

4 Befragung von Städten

4.1 Vorgehen und Datenbasis

Um einen Überblick zu erhalten, welche Formen der Fußgängersignalisierung in der Praxis eingesetzt werden und welche Erfahrungen dazu vorliegen, wurde eine Umfrage in 61 deutschen Städten sowie in Wien und Zürich durchgeführt (Bild 4-1). Die Auswahl der insgesamt 63 Städte wurde durch die Fachkommission Verkehrsplanung des Deutschen Städtetages unterstützt. Der Schwerpunkt der befragten Städte in Deutschland liegt im Bundesland Nordrhein-Westfalen. Bzgl. der Einwohneranzahl sind bei der Städtebefragung am stärksten die Städte mit Einwohnerzahlen zwischen 100.000 und 200.000 (21 Städte) bzw. 200.000 bis 300.000 Einwohnern (15 Städte) vertreten. Es folgen die Städte mit 500.000 bis 1.000.000 Einwohnern (11 Städte).

Für die Städtebefragung wurde ein 6-seitiger Fragebogen entwickelt, der sich wie folgt gliedert:

Der erste Teil des Fragebogens betrifft wesentliche Kenndaten der Signalisierung, wie z. B. zur Anzahl der Lichtsignalanlagen in der Stadt, zur Anzahl der Fußgängeranforderungsanlagen, zur Umlaufzeit, zur Räumgeschwindigkeit der Fußgänger oder zur Mindestgrünzeit für Fußgänger. Im anschließenden Teil bezogen sich die Fragen auf die eingesetzten Arten der Fußgängersignalisierung und auf Anwendungsmuster (z. B. Einsatz in Abhängigkeit von der Lage im Stadtgebiet oder von der Nähe zu besonderen Einrichtungen) sowie auf Erfahrungen mit den eingesetzten Signalisierungsformen. Schließlich wurden spezielle betriebliche und entwurfstechnische Fragen gestellt. Das Thema der mobilitätseingeschränkten Personen wurde ebenfalls aufgenommen.

Darüber hinaus sollten die befragten Städte Stellung beziehen, ob die Fußgängersignalisierung in Deutschland (ggf. mit Anpassung der Regelwerke) verändert werden sollte.

	Versand	Rücklauf
Baden-Württemberg	7	4
Bayern	5	4
Berlin	1	1
Brandenburg	2	1
Bremen	1	1
Hamburg	1	1
Hessen	4	4
Mecklenburg-Vorpommern	3	2
Niedersachsen	5	4
Nordrhein-Westfalen	19	15
Rheinland-Pfalz	4	3
Saarland	1	1
Sachsen	3	3
Sachsen-Anhalt	2	2
Schleswig-Holstein	1	0
Thüringen	2	1
Österreich (Wien)	1	1
Schweiz (Zürich)	1	0
Summe	63	48

Tab. 4-1: Versand und Rücklauf der Fragebögen

Insgesamt gingen 48 Fragebögen (teilweise mit angefügten erläuternden Berichten) als Rücklauf ein. Die Rücklaufquote liegt damit bei 76 % (vgl. Tabelle 4-1).

Im Laufe der Auswertung ergaben sich noch Rückfragen, die telefonisch mit den genannten Ansprechpartnern geklärt werden konnten.

4.2 Ergebnisse der Städtebefragung

4.2.1 Anzahl der Lichtsignalanlagen und der Fußgänger-LSA auf der Strecke

Die Anzahl der Lichtsignalanlagen je Stadt weist eine große Spannweite auf. Unter Beachtung, dass die Anlagen einer Kreuzung oder Einmündung als eine Anlage zu zählen waren, liegen die absoluten Werte in einem Spektrum zwischen 18 und 2.050 Anlagen je Stadt. Knapp 70 % aller befragten Städte betreuen bis zu 400 Anlagen (Bild 4-2).

Um die Anzahl der Lichtsignalanlagen pro Stadt vergleichen zu können, wird sie auf die Einwohnerzahl bezogen (Bild 4-3). Etwa 40 % der befragten

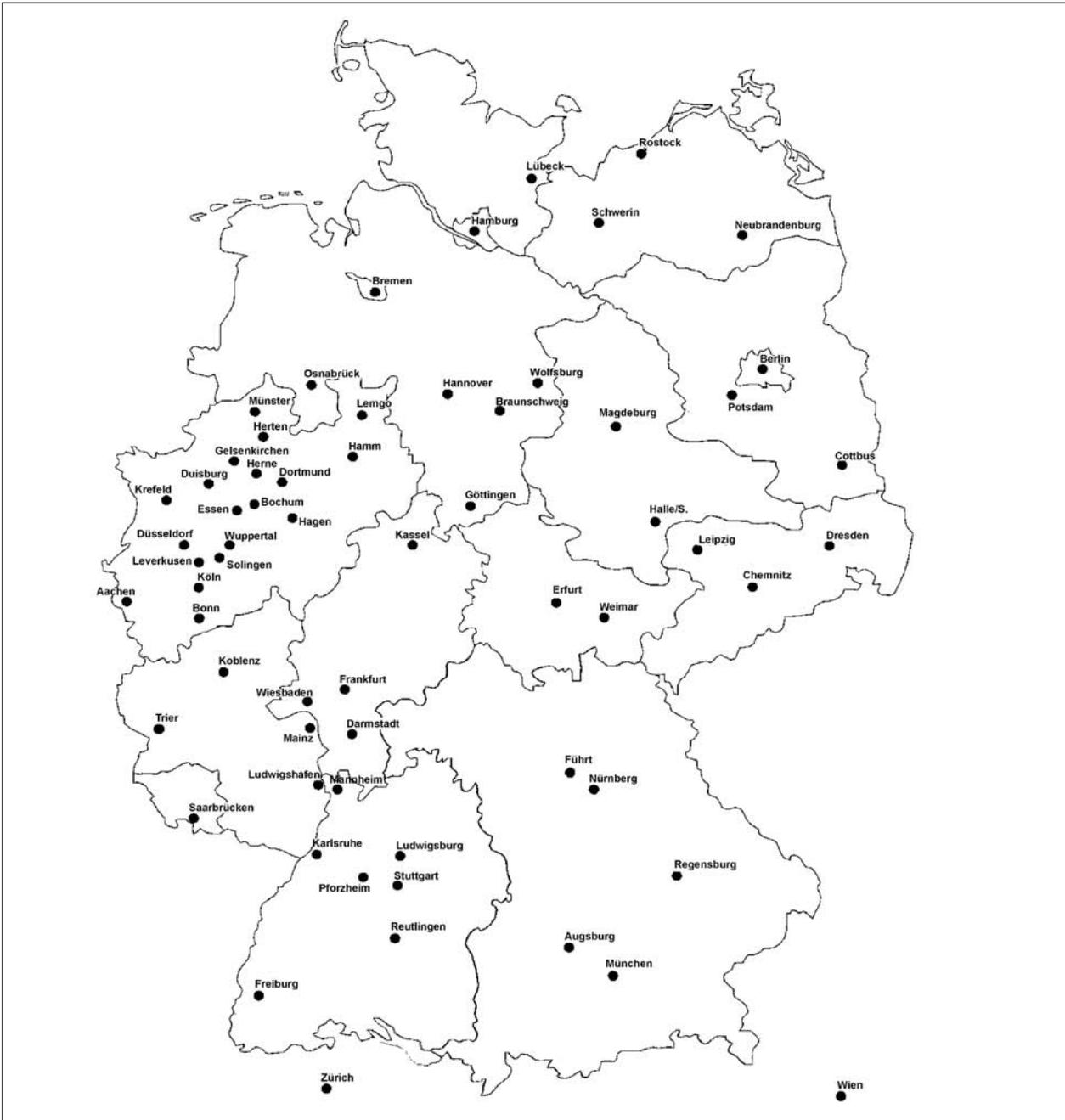


Bild 4-1: Überblick über die Städte der Städtebefragung

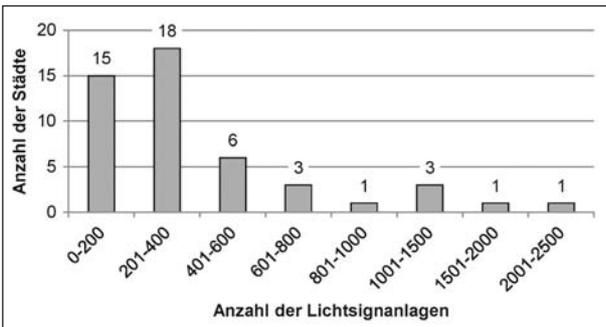


Bild 4-2: Absolute Anzahl aller Lichtsignalanlagen je Stadt (n = 48)

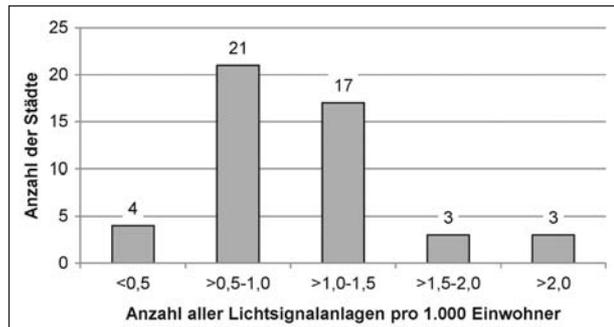


Bild 4-3: Anzahl der Lichtsignalanlagen pro Einwohner nach Klassen (n = 48)

Städte verfügen über 0,5 bis 1,0 LSA/1.000 EW und weitere 33 % der Städte haben 1,0 bis 1,5 LSA/1.000 EW.

In der Summe betreuen die 48 Städte 19.342 Lichtsignalanlagen, davon befinden sich etwa 75 % der Anlagen an vollsignalisierten Knotenpunkten. 4.784 Anlagen (25 %) befinden sich als Fußgänger-Lichtsignalanlagen auf der Strecke. Auch hier ergibt sich bezüglich der Anzahl der Anlagen auf der Strecke eine große Bandbreite (vgl. Bild 4-4). Bezogen auf die Einwohnerzahl weisen etwa 35 % der befragten Städte weniger als 0,2 Fg-LSA/1.000 EW auf und weitere 45 % der Städte haben eine Anzahl von 0,2 bis 0,4 Fg-LSA/1.000 EW.

4.2.2 Umlaufzeit

Bei der Umlaufzeit wurden Werte zwischen 30 und 120 Sekunden genannt. Am häufigsten kommen in den befragten Städten 60 bis 90 Sekunden zur Anwendung (vgl. Bild 4-5). Die verwendete Umlaufzeit ist nach Angaben der Städte abhängig von:

- Lage der LSA im Stadtgebiet (im Stadtgebiet Begrenzung der Umlaufzeit auf 90 s; in Außenbereichen auch längere Umlaufzeiten möglich),
- Anzahl der überquerenden Fußgänger (hohes Fußgängeraufkommen = kürzere Umlaufzeit, geringes Fußgängeraufkommen = längere Umlaufzeit),
- Schulwegplan oder FSA an Schulen mit 45 s Umlaufzeit,
- ÖPNV-Bevorrechtigung,
- Koordinierung (Grüne Welle),
- Belastungen im MIV bzw. erforderliche Leistungsfähigkeit der Knotenpunkte.

4.2.3 Räumgeschwindigkeit der Fußgänger

Die meisten Städte nannten verschiedene Fußgänger-Räumgeschwindigkeiten, mit denen sie rechnen, wobei die angegebenen Räumgeschwindigkeiten zwischen 1,0 und 1,5 m/s lagen (Bild 4-6). Gut 90 % der Städte setzen zumeist die Regelräumgeschwindigkeit nach RiLSA von 1,2 m/s an. 22 dieser 41 Städte ergänzten jedoch, dass in Ausnahmefällen (Alten- und Blindeneinrichtungen) die Geschwindigkeit von 1,0 m/s gewählt wird. Zwei Städte rechnen konsequent mit einer Räumge-

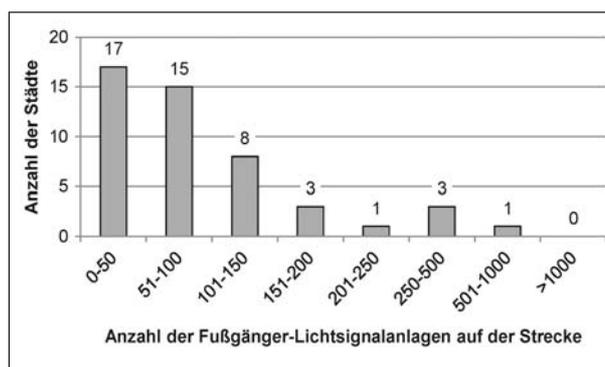


Bild 4-4: Absolute Anzahl der Fußgänger-Lichtsignalanlagen auf der Strecke je Stadt (n = 48)

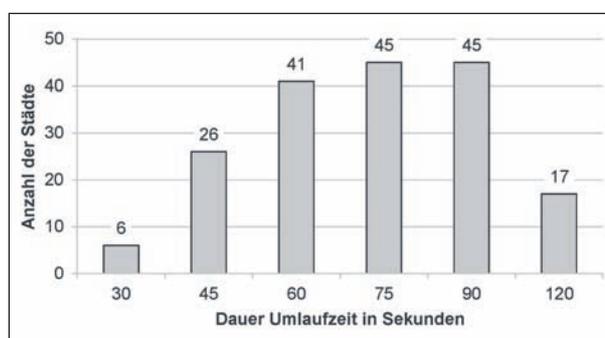


Bild 4-5: Umlaufzeiten (Mehrfachangaben, n = 180)

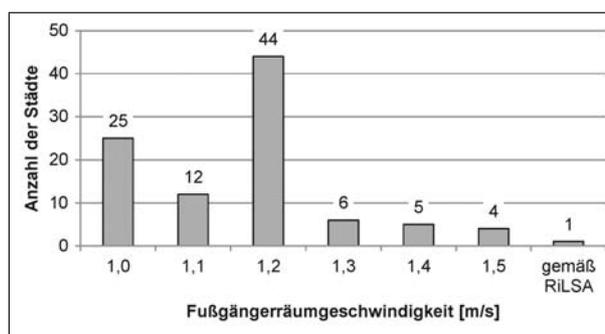


Bild 4-6: Räumgeschwindigkeit der Fußgänger (Mehrfachangaben, n = 97)

windigkeit von 1,0 m/s. Nur 4 Städte (8 %) wenden auch den nach RiLSA zulässigen Maximalwert von 1,5 m/s an. Bei durch Mittelinseln getrennten Furten mit progressiver Steuerung für den Fußgängerverkehr geben mehrere Städte an, häufiger höhere Räumgeschwindigkeiten anzusetzen als bei Furten über ungeteilte Fahrbahnen.

Eine Stadt ergänzte, dass eigene Messungen ergaben, dass Fußgänger mit Hilfsmitteln (z. B. mit Rollatoren) mit teilweise nur 0,5 m/s eine Fahrbahn räumen. Diese Messung bestätigt das Ergebnis der Literaturanalyse (vgl. H BVA 2011).

4.2.4 Abbiegende Kfz und Fußgänger zeitgleich

Ein Zeitvorsprung des Fußgängers an Knotenpunkten bei parallel zum Kfz-Verkehr laufenden Fußgängerverkehren wird mit 0 bis 6 Sekunden angegeben. Schwerpunktmäßig lagen die Angaben bei 0 bis 2 Sekunden (vgl. Bild 4-7).

Auf die Frage, ob Fußgängerfreigaben auch bei gleichzeitig links abbiegendem Kfz-Verkehr erfolgen, wurde in über 95 % der Fälle mit „ja“ geantwortet.

4.2.5 Mindestgrünzeit für Fußgänger

Bei der Frage 2 zur Mindestgrünzeit wurde neben der Angabe von Einzelwerten oft auf die Abhängigkeit von der Furlänge hingewiesen (Bild 4-8). Knapp 50 % der Städte wenden als Mindestgrünzeit für Fußgänger einen Wert von 5 Sekunden an. Neun Städte setzen an einzelnen Anlagen auch Fußgänger-Mindestgrünzeiten von über 10 Sekunden ein.

4.2.6 Signalisierungsformen

Die in den Städten zum Einsatz kommenden Signalisierungsformen ergeben sich gemäß Tabelle 4-2. In fast allen Städten kommt bei Grünanforderung durch Fußgänger eine Anforderungsbestätigung zum Einsatz. Immerhin 30 Städte (62 %) nutzen bei verkehrsabhängiger Steuerung auch die

Möglichkeit, die Fußgängerfreigabezeit in Abhängigkeit vom Kfz-Verkehr zu verlängern. 19 Städte (40 %) setzen Detektoren ein, die die Freigabezeit verlängern, wenn Fußgänger noch queren. 25 Städte (52 %) haben nach eigener Angabe Anlagen mit einem Rundum-Grün für Fußgänger.

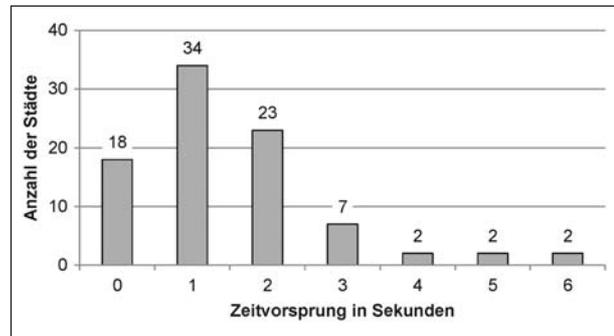


Bild 4-7: Zeitvorsprung der Fußgänger (Mehrfachangaben, n = 88)

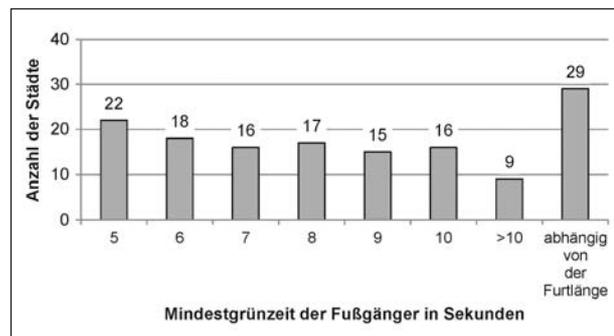


Bild 4-8: Mindestgrünzeit der Fußgänger (Mehrfachangaben, n = 142)

Anzahl der Städte mit dieser Form der Fußgängersignalisierung	
46	zweifeldig in der Signalfolge Grün – Rot – Grün
16	dreifeldig in der Signalfolge Grün – Rot – Grün (2 Rotkammern)
43	Anforderungsbestätigung „Signal kommt“ entweder am Druckknopf oder am Mast am Signalgeber
3	Restrotanzeigen (Countdownregelung, die zeigt, wie viele Sekunden noch Rot ist)
1	Restgrünanzeigen (Countdownregelung, die zeigt, wie viele Sekunden noch Grün ist)
19	Einsatz von Fußgänger-Detektoren für eine Verlängerung der Freigabezeit bei noch querenden Fußgängern
30	Einsatz von verkehrsabhängigen Steuerungen an Fußgänger-LSA, damit bei „nicht mehr dichtem Kfz-Verkehr“ der Fußgänger früher Grün bekommt
25	Rundum-Grün
20	Alles-Rot-/Sofort-Grün
44	gelbes Blinklicht als Hilfssignal
2	dreifeldig in der Signalfolge Rot – Gelb – Grün
1	in den letzten Sekunden der Freigabezeit für Fußgänger erfolgt ein (Grün-)Blinken der Fußgängersignale
1	Signalstandorte vor der Konfliktfläche

Tab. 4-2: Übersicht über den Einsatz von unterschiedlichen Signalisierungsformen in den Städten (Mehrfachnennung möglich)

Darüber hinaus wurden genannt:

- Signalanlage mit Dauergrün für Fußgänger und Anforderung durch den Kraftfahrer,
- Rot-Dunkel-Signalanlagen in der Signalfolge Rot – Grün – Dunkel,
- Dunkel-Dunkel-Signalanlagen bei Fußgängerfurten an Dreiecksinseln über Rechtsab- oder -einbiegefahrstreifen,
- Rot-Dunkel-Signalanlagen in der Signalfolge Rot – Rot + Gelb – Dunkel bei Gleisquerungen,
- gelbes Blinklicht bei Gleisquerungen oder bei bedingt verträglichen Kfz-Abbiegern.

13 % bis 65 % aller Anlagen in den Städten sind mit Zusatzeinrichtungen für mobilitätseingeschränkte Personen ausgestattet. Als Maßnahmen zur Berücksichtigung dieser Personengruppen wurden genannt:

- akustische Signale zum Auffinden des Mastes,
- akustische und taktile Freigabe (Ton und Vibration),
- Anforderungstaster mit Anzeige der Laufrichtung und mit weiteren Hinweisen zur Überquerung,
- taktile Bodenindikatoren (Rippen- und Noppenplatten),
- Bordabsenkungen.

4.3 Probleme und Lösungsansätze zur Verbesserung der Fußgänger-signalisierung

Die Städte wurden nach ihnen bekannten Problemen mit der herkömmlichen Fußgängersignalisierung in der Signalfolge Grün – Rot gefragt. 10 von 48 Städten waren keine Probleme mit diesen Anlagen bekannt. Eine Stadt unterstützte die derzeitige Regelung ausdrücklich: „Wir halten die derzeitige Signalisierung für die sicherste Möglichkeit, da ein irgendwie geartetes Anzeigen der Räumzeit Fußgänger verstärkt dazu verleiten wird, noch während der Räumzeit, und damit bei Rot, die Straße zu betreten.“

38 Städte benannten Probleme, die nachfolgend unkommentiert angeführt werden:

- Grünzeit wird als zu kurz empfunden, da Fußgängern oft nicht bewusst ist, dass sie durch anschließende Räumzeit, die bei Rot abläuft, geschützt sind.
- Häufig wird der Wunsch geäußert, die Freigabezeit zu verlängern, sodass langsame Fußgänger die Straße bei Grün gesamt überqueren können.
- Verunsicherungen beim Fußgänger.
- Fehlendes Bewusstsein bei vor allem älteren Fußgängern, dass gegen Rot geräumt werden darf.
- Geschwindigkeiten für Fußgänger in der RiLSA respektieren nicht die tatsächlichen Gehgeschwindigkeiten älterer Menschen.
- Unsicherheiten bei älteren Bürgern (insbesondere an einer FSA mit langer Furtlänge).
- Unsicherheiten bei Grundschulkindern und bei älteren Bürgern (z. B. an FSA mit langer Furtlänge nahe des Friedhofs).
- Ältere Menschen haben Angst, nach Grünende die Furt bei Rot zu räumen, und kehren um, wenn sie gerade erst die Fahrbahn betreten haben.
- Konflikte zwischen Rechts-/Linksabbiegern und parallelen Fußgängern.
- Probleme bei der progressiven Schaltung, wenn Fußgänger-Signale auf der Mittelinsel bereits Rot, am äußeren Fahrbahnrand aber noch Grün zeigen.
- Progressive Schaltung von Fußgängerfurten führt zu Missverständnissen und zu Problemen mit akustischen Signalen.
- Teilweise wurde aggressives „Drängeln“ der Autofahrer während der Räumzeit beobachtet oder berichtet.
- Fehlverhalten/Drängeln/Aggressionen der Kraftfahrer.
- Verbale, nonverbale Interaktionen, Verkehrskonflikte, Unfallrisiken.
- Hauptsächliches Problem ist, dass Fahrzeugführer sich an dem – möglicherweise Rot zeigenden – Signal der Fußgänger orientieren.

- Betreten der Furt in der letzten Sekunde der Grünzeit.

Als Maßnahmen zur Vermeidung der genannten Probleme wurden von den Städten folgende Punkte genannt:

- Aufklärungsarbeit (Öffentlichkeitsarbeit in Printmedien und TV sowie in Fahrschulen) sowohl für Fußgänger als auch für Kraftfahrer.
- Bei Bürgerbeschwerden: Erläutern des richtigen Verhaltens, Bestärken, dass sie gegen Rot räumen dürfen. Zusenden eines von der Stadt entwickelten Merkblatts.
- Verkehrserziehung an Schulen und Kindergärten.
- Anzeige der Restfreigabezeit an Festzeitsteuerungen.
- Darstellung der Räumzeit: Grünblinken oder Gelb als Vorstufe zu Rot oder durch Rotblinken in Anlehnung an einige internationale Beispiele (die Farbe Rot assoziiert eindeutig „HALT vor der Furt“, das Blinken aber differenziert gleichzeitig hinsichtlich des Räumvorgangs bereits auf der Fahrbahn befindlicher Fußgänger gegenüber einem stehenden Signal).
- Düsseldorfer Räum-Gelb grundsätzlich sinnvoll, doch aufwändiger einzuführen bzw. nachzurüsten als Grünblinken-Räumen.
- Das Modell der Stadt Düsseldorf kann nicht überzeugen.
- Grünblinken am Ende der Freigabezeit, danach erst die Räumzeit.
- Blinkendes Fußgänger-Rot, bis die gesicherte Fußgängerräumzeit abgelaufen ist, und blinkendes Grün kurz vor Grünende für Fußgänger.
- Reduzierung der Räumgeschwindigkeit für Fußgänger.
- Signalgeber vor der Furt anbringen, Kleinsignalgeber zusätzlich in geringer Höhe am Mast anbringen.
- Auffälligere Furtmarkierungen.
- Grünzeitverlängerung für Fußgänger soweit möglich (mindestens gesamte Fahrbahn sollte während der Grünzeit gequert werden können).

- Erhöhung des zeitlichen Vorlaufes der Fußgänger-Signalfreischaltung vor der des bedingt verträglichen Kfz-Verkehrs.

Die Hälfte der Städte befürwortet eine Verbesserung der Fußgänger-Signalisierung. Von diesen 24 Städten ist gut die Hälfte der Meinung, dass dafür sowohl die StVO als auch die RiLSA verändert werden müssten.

5 Zwischenfazit

Der Regelfall der Fußgängersignalisierung in Deutschland ist die zweifeldige Signalisierung mit der zweibegriffigen Signalfolge Grün – Rot – Grün. Die Signalgeber sind hinter der Konfliktfläche angeordnet und während des Überquerungsvorganges von Fußgängern und abbiegenden Kraftfahrern zu sehen. Die Räumgeschwindigkeit nach RiLSA 2010 beträgt i. d. R. 1,2 m/s (Schwankungsbreite von 1,0 bis 1,5 m/s).

§ 37 StVO beschreibt u. a. folgendes Verhalten für Fußgänger an Lichtsignalanlagen: „Wechselt Grün auf Rot, während Fußgänger die Fahrbahn überschreiten, so haben sie ihren Weg zügig fortzusetzen.“ Die Räumzeiten der Fußgänger laufen während des Signalisierungszustandes Rot ab, was zur Folge hat, dass Fußgänger nach dem Signalwechsel von Grün auf Rot gegen Rot laufen.

Es wird vermutet und zunächst durch die Städtebefragung bestätigt, dass die in Deutschland praktizierte Fußgängersignalisierung zu Problemen führt: zum einen bei Interaktionen zwischen dem Fußgänger- und abbiegenden Kraftfahrzeugverkehr, denn abbiegende Kraftfahrer zeigen u. U. (während der Fußgängerräumzeit bei Rot) nicht die gebotene Rücksichtnahme gegenüber Fußgängern. Zum anderen kann die Fußgängersignalisierung insbesondere bei Kindern und älteren Menschen zu Irritationen beim „Gehen gegen Rot“ oder sogar zum Abbruch des Überquerungsvorganges führen. Unabhängig davon wird die reine Fußgängerfreigabezeit von den Fußgängern oft als zu kurz empfunden.

Um diesen Problemen entgegenzuwirken, werden im In- und Ausland unterschiedliche Signalisierungsformen angewendet:

- Bei der dreifeldigen Signalisierung wird die Räumzeit mit einem Fußgänger-Gelb verdeutlicht und damit angestrebt, den o. a. Problemen entgegenzuwirken. Diese Art der Signalisie-

nung ist in Deutschland nur in Düsseldorf eingerichtet, wo dreifeldig vierbegriffig die Signalfolge Rot – Rot + Gelb – Grün – Gelb angezeigt wird. In Zürich wird dreifeldig dreibegriffig die Signalfolge Rot – Grün – Gelb angezeigt. In der Fachwelt besteht eine uneinheitliche Meinung zum Fußgänger-Gelb. Sicherheitsvorteile konnten bisher noch nicht nachgewiesen werden.

- Eine zweifeldige dreibegriffige Signalisierung mit Grünblinken kommt in zahlreichen Ländern zum Einsatz, zum Teil allerdings mit verschiedenen Bedeutungen. So wird mit dem Grünblinken das herannahende Ende der Freigabezeit angezeigt (z. B. Niederlande, Österreich) oder es werden damit Teile der Räumzeit signalisiert (Basel, Schweiz). Das Rotblinken in den USA signalisiert dagegen die komplette Räumzeit für die Fußgänger.
- Lichtsignalanlagen mit Restzeitanzeige zeigen in einem zusätzlichen Feld die verbleibende Wartezeit (in Sekunden) bis zum grünen Signal (Restrotanzeige) bzw. bis zum Rotsignal (Restgrünanzeige). Solche Anlagen sind in manchen Ländern die Regel, in Deutschland sieht man diesen Typ bisher eher selten. Die deutschen Restzeitanzeigen sind an Festzeitsteuerungen gebunden und haben keinen Bezug zur Räumzeit. Die Restzeitanzeigen in den USA (San Francisco), die mit dem Rotblinken kombiniert sind, zeigen die Fußgängerräumzeit. Um die Anzeige der Restzeit auch an verkehrsabhängig gesteuerten Lichtzeichenanlagen möglich zu machen, wird für eine Countdown-Regelung in den Niederlanden ein „Punktekrantz“ eingesetzt, dessen Geschwindigkeit des „Herunterwanderns“ in Abhängigkeit von der Belegungssitua-

tion und Anforderung einzelner Richtungsströme variiert.

- Die Anzeige der Freigabe- und Räumzeit der Fußgänger durch das Hilfssignal Gelbblinken für abbiegende Kraftfahrer wird flächendeckend an Knotenpunkten in Saarbrücken eingesetzt.
- Durch Fußgängersignalstandorte vor der Konfliktfläche soll die Verunsicherung der Fußgänger beim Gehen durch den Wechsel von Grün auf Rot durch das nicht mehr zu sehende Signal nach Betreten der Fahrbahn vermieden werden. Kraftfahrer können beim Abbiegen dann nicht mehr erkennen, ob die Fußgänger Grün oder Rot haben.

Diese Signalisierungsformen zeigen, dass im In- und Ausland verschiedene Lösungsansätze zur Anwendung kommen, die bewirken sollen, die Sicherheit und den Komfort für Fußgänger an Lichtsignalanlagen zu steigern. Weiterhin wird deutlich, dass sich nur ein Teil dieser Ansätze auf die Regelung und Anzeige der Fußgängerräumzeit bezieht.

Für die Verbesserung der Bedingungen für Fußgänger an Lichtsignalanlagen reicht es jedoch nicht aus, sich isoliert auf diese Darstellungsformen (der Räumzeit) zu konzentrieren. Der dargestellte Erkenntnisstand macht deutlich, dass für die Verkehrssicherheit der Fußgänger auch weitere wichtige Randbedingungen (z. B. Mindestgrünzeit, Räumgeschwindigkeit) ausschlaggebend sein können. Unter Beachtung dieses Aspektes können die dargestellten Signalisierungsansätze nur teilweise miteinander vergleichbar sein.

Tabelle 5-1 erläutert zusammenfassend die verschiedenen Signalisierungsformen und ihre Merkmale.

Art der Signalisierung für den Fußgängerverkehr		Rechtliche Regelung für den Fußgängerverkehr	Umgang mit der sich anschließenden Freigabe für den Kraftfahrzeugverkehr (Kfz-Verkehr)
Fußgänger-Gelb	Fußgänger-Gelb in Düsseldorf zeigt die Fußgängerräumzeit	Dreifeldig vierbegriffig in der Signalfolge Rot – Rot + Gelb – Grün – Gelb	Die Freigabe für den Kfz-Verkehr erfolgt unmittelbar (1-2 s) nach dem Fußgänger-Gelb (oder bereits davor z. B. bei langen Einfahrwegen des Kfz-Verkehrs bis zur Furt)
	Fußgänger-Gelb in Zürich zeigt einen Teil der Fußgängerräumzeit (i. d. R. 2/3)	Dreifeldig dreibegriffig in der Signalfolge Rot – Grün – Gelb	Zwischen Fußgänger-Gelb und Freigabe für den Kfz-Verkehr gibt es eine Alles-Rot-Phase (Ablauf der Zwischenzeiten)

Tab. 5-1: Recherchierte Signalisierungsformen für den Fußgängerverkehr

Art der Signalisierung für den Fußgängerverkehr		Rechtliche Regelung für den Fußgängerverkehr	Umgang mit der sich anschließenden Freigabe für den Kraftfahrzeugverkehr (Kfz-Verkehr)	
Fußgänger-Blinken	Grünblinken in den Niederlanden zeigt das herannahende Ende der Fußgänger-Freigabezeit (i. d. R. 3 s)	Zweifeldig dreibegriffig in der Signalfolge Rot – Grün – Grünblinken	Grün/Grünblinken: Überquerungsvorgang starten; Rot: nicht starten und Fahrbahn räumen	Die Zwischenzeit beginnt bei Ende des Grünblinkens
	Grünblinken in Österreich zeigt das herannahende Ende der Fußgänger-Freigabezeit (4 s)	Zweifeldig dreibegriffig in der Signalfolge Rot – Grün – Grünblinken	Grün/Grünblinken: Überquerungsvorgang starten; Rot: nicht starten und Fahrbahn räumen	Zwischen Fußgänger-Grünblinken und Freigabe für den Kfz-Verkehr gibt es eine Alles-Rot-Phase (Ablauf der Zwischenzeiten)
	Grünblinken in der Schweiz zeigt (analog zum Fußgänger-Gelb) einen Teil der Fußgängerräumzeit (i. d. R. 2/3)	Zweifeldig dreibegriffig in der Signalfolge Rot – Grün – Grünblinken	Grün: Überquerungsvorgang starten; Grünblinken: Überquerungsvorgang nicht mehr starten; Fahrbahn räumen	Die Freigabe für den Kfz-Verkehr erfolgt unmittelbar nach Ende des Fußgänger-Grünblinkens
	Grünblinken in England (pelican crossing) zeigt die Fußgängerräumzeit	Zweifeldig dreibegriffig in der Signalfolge Rot – Grün – Grünblinken	Grün: Überquerungsvorgang starten; Grünblinken: Überquerungsvorgang nicht mehr starten; Fahrbahn räumen	Am Ende des Fußgänger-Grünblinkens erhält der Kfz-Verkehr ein Gelbblinken, welches noch andauert, wenn das Fußgänger-Rotsignal erscheint
	Rotblinken mit Restzeitanzeige in San Francisco zeigt die Fußgängerräumzeit	Zweifeldig dreibegriffig mit der Signalfolge Rot – Grün – Rotblinken	Rotblinken: Überquerungsvorgang nicht mehr starten; Fahrbahn räumen	Zwischen Fußgänger-Rotblinken und Freigabe für den Kfz-Verkehr gibt es eine Alles-Rot-Phase
Fußgänger-Restzeitanzeigen	Restrotanzeigen mittels Sekunden in Hamburg	Herkömmlich zweifeldig zweibegriffig in der Signalfolge Rot – Grün, Anzeige der Restwartezeit in Sekundenwerten	Grün: Überquerungsvorgang starten; Rot: nicht starten und Fahrbahn räumen	Zwischen Fußgänger-Grün und Freigabe für den Kfz-Verkehr gibt es eine Alles-Rot-Phase (Räumzeit für Fußgänger, Ablauf der Zwischenzeiten)
	Restzeitanzeigen mittels Sekunden in Bochum	Herkömmlich zweifeldig zweibegriffig in der Signalfolge Rot – Grün, Anzeige der Restfreigabe- sowie der Restwartezeit in Sekundenwerten	Grün: Überquerungsvorgang starten; Rot: nicht starten und Fahrbahn räumen	Zwischen Fußgänger-Grün und Freigabe für den Kfz-Verkehr gibt es eine Alles-Rot-Phase (Räumzeit für Fußgänger, Ablauf der Zwischenzeiten)
	Countdown-Regelung mittels variablen „Punktekranz“ in den Niederlande	Dreifeldig dreibegriffig in der Signalfolge Rot – Grün – Grünblinken, Anzeige der Restwartezeit	Grünblinken: Überquerungsvorgang starten; Rot: nicht starten und Fahrbahn räumen	Der Ablauf der Zwischenzeit beginnt bei Ende des Grünblinkens
Weitere Formen	Gelbblinken in Saarbrücken zeigt die Fußgänger-Freigabe- und die Fußgängerräumzeit	Herkömmlich zweifeldig zweibegriffig in der Signalfolge Rot – Grün	Grün: Überquerungsvorgang starten; Rot: nicht starten und Fahrbahn räumen	Zwischen Fußgänger-Grün und Freigabe für den Kfz-Verkehr gibt es eine Alles-Rot-Phase (Räumzeit für Fußgänger, Ablauf der Zwischenzeiten)
	Signalstandorte vor der Konfliktfläche mit eingebautem Detektorerfassungssystem in England	Zweifeldig zweibegriffig in der Signalfolge Rot – Grün	Grün: Überquerungsvorgang starten; Rot: nicht starten	Zwischen Fußgänger-Grün und Freigabe für den Kfz-Verkehr gibt es eine Alles-Rot-Phase (Räumzeit für Fußgänger, Ablauf der Zwischenzeiten)

Tab. 5-1: Fortsetzung

6 Lösungsansätze

6.1 Kriterienkatalog und Bewertung der Lösungsansätze

Aufbauend auf den Ergebnissen der Literaturanalyse, dem Erkenntnisstand, den Vorsondierungen vor Ort und den Ergebnissen aus der Städtebefragung werden die in Tabelle 5-1 dargestellten Regelungen als im Sinne des Forschungsthemas grundsätzlich in Betracht kommende Lösungsansätze angesehen.

Für die Bewertung dieser Lösungsansätze bzw. für die darauf aufbauende Auswahl der im Rahmen von Wirkungsuntersuchungen zu betrachtenden Lösungsansätze wurde ein Kriterienkatalog entwickelt. Dieser umfasst folgende Kriterien:

- Verkehrssicherheit der Anlage: Daten zur Unfallsituation; subjektive Unsicherheit,
- Akzeptanz der Anlage durch Fußgänger: Rotläuferanteil,
- Begreifbarkeit der Anlage für den Fußgängerverkehr,
- Begreifbarkeit der Anlage für den Kraftfahrzeugverkehr,
- Einpassung/Integrationsfähigkeit der Anlage in die Belange anderer Verkehrsteilnehmer (Rad, ÖPNV),
- kapazitätsbeeinflussende Maßnahme (auch unter Beachtung der rechtlichen Regelung),

- Verträglichkeit mit der Barrierefreiheit,
- Verbesserung der Überquerungsbedingungen,
- Breite des Anwendungsbereiches (z. B. in Bezug auf Festzeitsteuerung oder verkehrabhängige Steuerung),
- Investitionskosten/Umrüstungsaufwand (z. B. von zwei auf mehrere Kammern),
- Betriebskosten,
- Kompatibilität mit der deutschen Regelungssystematik für die Signalisierung (RILSA, StVO),
- Übereinstimmung mit dem Schwerpunkt des Forschungsvorhabens.

Diese Kriterien werden nach Zielerreichungsgraden eingestuft (vgl. Tabelle 6-1). Wegen der für zahlreiche Lösungsansätze bzw. Kriterien fehlenden Wirkungsuntersuchungen kann die Bewertung zum Teil nur qualitativ nach Einschätzung der Bearbeiter des Forschungsvorhabens erfolgen. Das Ergebnis der Bewertung zeigt Tabelle 6-2.

++	Zielerreichungsgrad sehr gut
+	Zielerreichungsgrad gut
o	Zielerreichungsgrad mittel
-	Zielerreichungsgrad schlecht
--	Zielerreichungsgrad sehr schlecht
k. A.	keine Angabe möglich

Tab. 6-1: Zielerreichungsgrade

Lösungsansatz		Kriterien												
		Verkehrssicherheit der Anlage	Akzeptanz der Anlage	Begreifbarkeit der Anlage für den Fg-verkehr	Begreifbarkeit der Anlage für den Kfz-verkehr	Verbesserung der Überquerungsbedingungen	Einpassung in Belange anderer Verkehrsteilnehmer	Kapazitätsbeeinflussende Maßnahme	Verträglich mit der Barrierefreiheit	Breite des Anwendungsbereiches	Investitionskosten/Umrüstungsaufwand	Betriebskosten	Kompatibilität mit deutschen Regelungen/StVO	Schwerpunkt des Forschungsvorhabens
Fußgänger-Gelb	Gelbbalken: Düsseldorf	o	o	+	o	+	o	o	o	+	-	o	-	+
	Gelbbalken: Zürich	+	+	+	o	+	o	o	o	+	-	o	-	+

Tab. 6-2: Lösungsansätze nach Kriterien und Zielerreichungsgrad

Lösungsansatz		Kriterien													
		Verkehrssicherheit der Anlage	Akzeptanz der Anlage	Begreifbarkeit der Anlage für den Fg-verkehr	Begreifbarkeit der Anlage für den Kfz-verkehr	Verbesserung der Überquerungsbedingungen	Einpassung in Belange anderer Verkehrsteilnehmer	Kapazitätsbeeinflussende Maßnahme	Verträglich mit der Barrierefreiheit	Breite des Anwendungsbereiches	Investitionskosten/Umrüstungsaufwand	Betriebskosten	Kompatibilität mit deutschen Regelwerken/SVO	Schwerpunkt des Forschungsvorhabens	
Fußgänger-Blinken	Grünblinken: Niederlande	+	+	+	o	+	o	Fg	o	+	-	o	--	+	
	Grünblinken: Österreich	o	o	+	o	+	o	Fg	o	+	-	o	--	+	
	Grünblinken: Schweiz (Basel)	+	o	+	o	+	o	o	o	+	-	o	--	+	
	Grünblinken: England (Pelican)	o	o	+	o	+	o	o	o	+	-	o	--	+	
	Rotblinken mit Restzeit: USA (San Francisco)	+	+	o	+	+	o	o	o	-	--	o	--	++	
Fußgänger-Restzeit anzeigen	Restrotanzeige: Hamburg	+	+	+	o	+	o	o	o	-	--	o	++	-	
	Restrotanzeige: Wien	+	+	+	o	+	o	Fg	o	-	--	o	++	-	
	Restrot-/Restgrünanzeige: Bochum	+	+	+	o	+	o	o	o	-	--	o	++	-	
	Countdown-Regelung: Niederlande	+	+	+	o	+	+	o	o	+	--	o	++	-	
Weitere Arten	Gelbes Hilfssignal: Saarbrücken	+	+	o	+	+	o	o	o	o	--	o	+	o	
	Signalstandorte vor Konfliktfläche mit Detektoren: England (puffin)	o	o	-	-	-	o	+	+	+	--	-	--	+	

Tab. 6-2: Fortsetzung

6.2 Auswahl der Lösungsansätze und der Fallbeispiele

Entsprechend dem Forschungsansatz liegt bei der Auswahl der Lösungsansätze der Betrachtungsschwerpunkt auf Signalisierungsformen, die den Übergang von der Freigabezeit zur Sperrzeit besonders regeln und damit entweder die gesamte bzw. Teile der Räumzeit für Fußgänger oder das herannahende Ende der Fußgänger-Freigabezeit verdeutlichen. Unter Berücksichtigung der Bewertungsergebnisse wurde der Schwerpunkt für die Auswahl der Fallbeispiele mit Wirkungsuntersuchungen auf die Regelungen mit Fußgänger-Gelb und Grünblinken gelegt, wobei zu berücksichtigen ist, dass die jeweiligen Lösungsansätze in den Untersuchungsstädten gemäß Tabelle 6-3 jeweils in modifizierten Formen zum Einsatz kommen.

Des Weiteren werden Anlagen betrachtet, die den Fußgängern an Lichtsignalanlagen zusätzliche Informationen vermitteln, wie dies bei den Restzeitanzeigen der Fall ist.

Um die Ergebnisse der Wirkungsuntersuchungen an den ausgewählten Lösungsansätzen mit der in Deutschland angewendeten herkömmlichen Signalisierungsform (zweifellig, zweibegriffig) vergleichen zu können, wird zusätzlich eine Kontrollgruppe betrachtet.

Tabelle 6-3 zeigt die ausgewählten Untersuchungsstädte und die jeweils durchgeführten Wirkungsuntersuchungen.

Lösungsansatz	Anzahl Fallbeispiele Verhaltensbeobachtungen	Fußgänger- befragungen	Unfallanalyse
Fußgänger-Gelb in Düsseldorf	3	100	Ja (makro/mikro)
Fußgänger-Gelb in Zürich	3	100	-
Grünblinken in den Niederlande (Eindhoven)	2	100	-
Grünblinken in Österreich (Graz)	2	100	-
Grünblinken in der Schweiz (Basel)	2	-	-
Restrot-/Restgrünanzeige in Bochum	2	100	Ja (mikro)
Kontrollgruppe (zweifeldig, zweibegriffig)	3	100	Ja (mikro)
Summe	17 Untersuchungsstellen	600 Fragebögen	

Tab. 6-3: Auswahl der untersuchten Lösungsansätze und der durchgeführten Erhebungen

7 Untersuchungsdesign für die Fallbeispiele

7.1 Auswahl der Fallbeispiele

Nach Festlegung der zu untersuchenden Lösungsansätze und Auswahl der dazu einzubeziehenden Städte (Tabelle 6-3) wurde besondere Aufmerksamkeit auf die Auswahl der konkreten Fallbeispiele vor Ort gelegt.

Für eine bessere Vergleichbarkeit der Fallbeispiele wurden aus dem sehr breiten Spektrum an möglichen Kenn- und Rahmengrößen folgende Eingrenzungen getroffen, die bei der Auswahl der Fallbeispiele nach Möglichkeit berücksichtigt werden sollten:

- Einbeziehung voll signalisierter Knotenpunkte; keine Fußgängerschutzanlagen auf der Strecke.
- Lage der Überquerungsanlagen: innerhalb der Stadtkernbereiche oder von Stadtteilzentren; Bereiche mit lebhafter Frequentierung durch den Fußgängerverkehr; keine differenzierten Ansprüche an die Umfeldnutzungen und die Nähe zu besonderen Einrichtungen (z. B. Einkaufszentren, Schulen, Senioreneinrichtungen, Bahnhöfe, Haltestellen).
- Teilnehmerstrukturelle Aspekte: möglichst breites Teilnehmerspektrum; alle Gehzwecke: Einkaufs-/Versorgungsverkehr, Berufspendlerverkehr, Schülerverkehr, Freizeitverkehr; hieraus resultierend Hauptbeobachtungszeiten der Verkehrsverhaltensbeobachtungen zwischen 11.00 und 17.00 Uhr.
- Überquerung der Fahrbahn: Hauptverkehrsstraßen nach Möglichkeit ohne Mitteltrennung; ma-

ximal vier Fahrstreifen im Zufahrtsquerschnitt; zulässige Höchstgeschwindigkeit 50 km/h.

- Radverkehrsführung: Einfluss des Radverkehrs auf die Fußgängerverkehrsabwicklung soll gering sein; daher Führung des Radverkehrs möglichst auf Fahrbahn/auf Fahrbahnniveau.
- Öffentlicher Verkehr: möglichst geringer Einfluss; keine ÖPNV-Beschleunigung mit deutlichen Beeinflussungen der Freigabezeiten des Fußgängerverkehrs.
- Kenn- und Rahmengrößen der Signalsteuerung: möglichst Lichtsignalanlagen mit Festzeitsteuerung oder leichten Freigabezeitanpassungen (Kfz-Verkehr); Umlaufzeiten möglichst im Bereich von 60 s bis 100 s.
- Signaltechnische Regelung des Fußgängerverkehrs: keine Mindestfreigabezeiten; in Ansatz gebrachte Räumgeschwindigkeiten im Bereich von 1,2 m/s; Freigabe des Fußgängerverkehrs in jedem Umlauf (keine Freigabeanforderung).
- Ersichtliche Sondereinflüsse auf das Überquerungsverhalten, wie z. B. aus der Witterung oder durch Baustellen im Nahbereich der Anlagen, wurden durch die Erhebungszeiten ausgeschlossen.

Da in den Untersuchungsstädten teilweise sehr verschiedene Signalisierungsphilosophien (unterschiedliche Umlaufzeiten, Festzeitsteuerung versus verkehrsabhängiger Steuerung, Einsatz von Mitteltrennungen, bedingt verträgliche Führung abbiegender Fahrzeuge versus getrennter Signalisierung) verfolgt werden, konnten bei der Auswahl der Untersuchungsfallbeispiele nicht immer alle oben genannten Auswahlkriterien berücksichtigt werden.

Zur Sicherstellung einer ausreichend hohen Anzahl von Untersuchungsfällen wurde vor allem Wert darauf gelegt, dass an den Furten eine lebhaft frequentierung durch den Fußgängerverkehr mit einem möglichst breiten Teilnehmerspektrum vorzufinden ist.

Ersichtliche Sondereinflüsse auf das Überquerungs- und Geschwindigkeitsverhalten blieben bei der Auswertung unberücksichtigt. In einem Fall wurde die Verhaltensbeobachtung z. B. wegen ein-

setzenden Regens abgebrochen, in einem anderen Fall wurde die Zeit während eines Polizeieinsatzes an der Furt nicht ausgewertet.

Aufgrund der notwendigen Einbeziehung von Fallbeispielen aus unterschiedlichen Ländern kann nicht vollständig ausgeschlossen werden, dass eine ggf. unterschiedliche Verkehrsmoral und eventuell differierende Praktiken in der Sanktionierung regelwidrigen Verhaltens auch zu einem unterschiedlichen Verkehrsverhalten führen.



Bild 7-1: Fallbeispiele und Untersuchungen in Basel

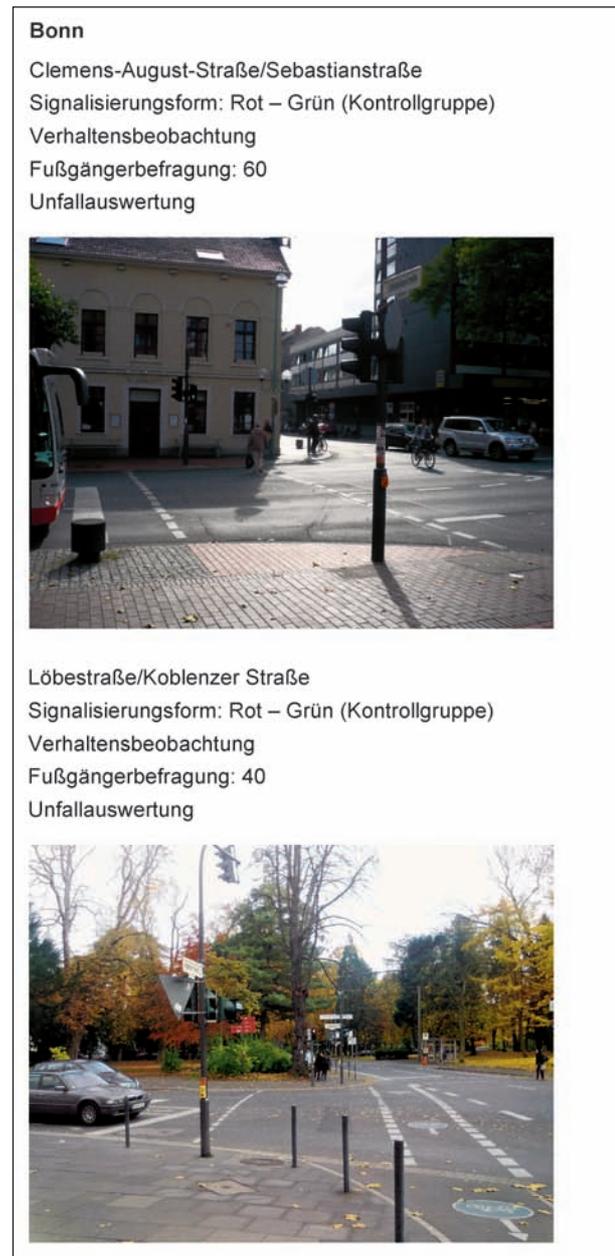


Bild 7-2: Fallbeispiele und Untersuchungen in Bonn

Bochum

Kortumstraße/Südring

Signalisierungsform: Restrot-/Restgrünanzeige

Verhaltensbeobachtung

Unfallauswertung



Kurt-Schumacher-Platz/Hauptbahnhof

Signalisierungsform: Restrot-/Restgrünanzeige

Verhaltensbeobachtung

Fußgängerbefragung: 100

Unfallauswertung



Oskar-Hoffmann-Straße/Königsallee

Signalisierungsform:

Rot – Grün (Kontrollgruppe)

Verhaltensbeobachtung

Unfallauswertung

**Bild 7-3:** Fallbeispiele und Untersuchungen in Bochum**Düsseldorf**

Brunnenstraße/Suitbertusstraße

Signalisierungsform: Fußgänger-Gelb

Verhaltensbeobachtung

Fußgängerbefragung: 12

Unfallauswertung



Markenstraße/Kölner Straße

Signalisierungsform: Fußgänger-Gelb

Verhaltensbeobachtung

Fußgängerbefragung: 59

Unfallauswertung



Oststraße/Immermannstraße

Signalisierungsform: Fußgänger-Gelb

Verhaltensbeobachtung

Fußgängerbefragung: 29

Unfallauswertung

**Bild 7-4:** Fallbeispiele und Untersuchungen in Düsseldorf

Zürich (CH)

Limmatquai/Rudolf-Brun-Brücke
 Signalisierungsform: Fußgänger-Gelb
 Verhaltensbeobachtung
 Fußgängerbefragung: 33



Rämistraße/Oberdorfstraße
 Signalisierungsform: Fußgänger-Gelb
 Verhaltensbeobachtung
 Fußgängerbefragung: 36



Talstraße/Bleicherweg
 Signalisierungsform: Fußgänger-Gelb
 Verhaltensbeobachtung
 Fußgängerbefragung: 31



Bild 7-5: Fallbeispiele und Untersuchungen in Zürich

Eindhoven (NL)

Mathildelaan/Emmasingel
 Signalisierungsform: Grünblinken
 Verhaltensbeobachtung
 Fußgängerbefragung: 50



Stationsplein/Vestdijk
 Signalisierungsform: Grünblinken
 Verhaltensbeobachtung
 Fußgängerbefragung: 50



Bild 7-6: Fallbeispiele und Untersuchungen in Eindhoven



Bild 7-7: Fallbeispiele und Untersuchungen in Graz

Standort	mittige Furttiefe [m]	Mittel-trennung	bedingt verträgliche Abbieger	LSA-Steuerung	Umlaufzeiten [s]	Fg-Grün [s]	Fg-Gelb/Grünblinken [s]
BS – Centralbahnplatz	14,50	ja	nein	verkehrsabhängig	51-77	23-31	8
BS – Feldbergstraße	10,00	nein	nein	verkehrsabhängig	i. d. R. 90	6-10	4
BO – Kortumstraße	9,50	ja	nein	Festzeit	90	24	-
BO – Kurt-Schumacher-Platz	6,50	ja	nein	Festzeit (Ausnahme Busanforderung)	90	23	-
BO – Oskar-Hoffmann-Straße	15,50	nein	ja	Festzeit	90	20	-
BN – Clemens-August-Straße	10,60	nein	ja	verkehrsabhängig	i. d. R. 64-84	14-34	-
BN – Löbestraße	15,50	nein	ja	verkehrsabhängig	i. d. R. 75	i. d. R. 14	-
D – Brunnenstraße	13,50	nein	ja	Festzeit	70	6	10
D – Markenstraße	14,20	nein	ja	Festzeit	70	8	11
D – Oststraße	14,00	nein	ja	Festzeit	70	7	12
EH – Mathildelaan	11,90	ja	nein	verkehrsabhängig	88-108	21-24	3
EH – Stationsplein	6,50	ja	nein	verkehrsabhängig	i. d. R. 72	10-16	3
G – Esperantoplatz	10,60	nein	ja	Festzeit	60/72	6/12	4
G – Keplerstraße	13,00	nein	ja	Festzeit	100	10	4
ZH – Limmatquai	14,10	nein	ja	verkehrsabhängig	i. d. R. 48	i. d. R. 15	7
ZH – Rämistraße	11,50	nein	ja	verkehrsabhängig	42-48	5-8	5
ZH – Talstraße	11,00	nein	ja	verkehrsabhängig	39-56	9-26	5

Tab. 7-1: Merkmale der Fallbeispiele und während der Erhebung erfasste Signalzeiten

7.2 Untersuchungsmethodik

7.2.1 Verhaltensbeobachtungen

Bei den Verhaltensuntersuchungen wurden die verschiedenen Signalisierungsformen hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf das Überquerungsverhalten der Fußgänger und das Interaktionsgeschehen mit anderen Verkehrsteilnehmern vornehmlich unter verkehrssicherheitsbezogenen Aspekten untersucht.

Durchgeführt wurde die Verhaltensbeobachtung mit Hilfe einer systematischen, strukturierten Videobeobachtung. Insgesamt wurden 85,5 Videostunden ausgewertet. Die Aufnahmestandorte wurden dabei so gewählt, dass eine Beeinflussung der Fußgänger unwahrscheinlich war. Bei Anlagen mit Mittel-trennung wurde jeweils nur eine der beiden Furten untersucht. Die Auswertung umfasste örtliche, teilnehmer- und verhaltensbezogene Merkmale sowie das Interaktionsgeschehen.

Örtliche Merkmale/Anlagenmerkmale

- Lage der Fußgänger-Lichtsignalanlage im Stadtgebiet,
- Umfeldnutzungen (Wohnen, Geschäfte, Nähe zu besonderen Einrichtungen),
- Signalisierungsform (unter Beachtung des Übergangs Sperrzeit – Freigabe – Sperrzeit),
- Festzeitsteuerung oder verkehrsabhängige Steuerung,
- fußgängerrelevante Signalprogrammstruktur (u. a. Umlaufzeit, Freigabe-/Sperrzeiten, Grünzeit für den Fußgängerverkehr),
- Signalfelder/Kammern (Anzahl), Signalgeber (LED),
- ggf. Anforderungsbestätigung,
- Zahl und Breite der zu überquerenden Fahrstreifen des Kfz-Verkehrs, Breite der Furt, Markierung.

Teilnehmerbezogene Merkmale

- Kraftfahrzeugverkehr:
 - Verkehrsstärke,
- Fußgängerverkehr:
 - Verkehrsstärke,
 - Einteilung in die Teilnehmergruppen:
 - Fußgänger-Hauptgruppe,

- Senioren (Sichtprüfung),
- Menschen mit einer Mobilitätseinschränkung,
- Unterscheidung mobilitätseingeschränkter Personen:
 - Nutzer von Elektro-Rollstühlen,
 - Nutzer von Rollstühlen,
 - Fußgänger mit Rollator,
 - Fußgänger mit Gehstock,
 - Fußgänger mit Unterarmgehilfe,
 - Fußgänger mit erkennbarer Geheinschränkung, aber ohne Gehhilfe,
 - Fußgänger mit Blinden-Langstock.

Verhaltensbezogene Merkmale

- Eintreffenskonstellation der Fußgänger an der Furt bezogen auf den Signalisierungszustand,
- Überquerungszeitpunkt bezogen auf den Signalisierungszustand (Grün-Läufer, Grünblinken-Läufer, Gelb-Läufer, Rot-Nachläufer, Rot-Wagnisläufer, Rot-Vorläufer),
- Gehgeschwindigkeiten der Teilnehmergruppen bezogen auf den Signalisierungszustand,
- benötigte Zuwegzeit vom Start des Überquerungsvorgangs bis zur Bordsteinkante,
- Besonderheiten beim Überquerungsvorgang ohne Interaktion mit dem Kfz-Verkehr (z. B. Abbruch des Überquerungsvorgangs).

Es wurden alle Überquerungsvorgänge von Fußgängern erfasst, die innerhalb der Furtmarkierungen und in einem ca. 1 m breiten Bereich außerhalb der Markierung stattfanden. Überquerungen, die der Furt und damit ggf. der Signalisierung nicht mehr zugeordnet werden konnten, wurden nicht ausgewertet. Die für die Überquerung benötigte Zeit der einzelnen Fußgänger wurde in dem Zeitraum „1. Fuß wird auf die Fahrbahn gesetzt“ bis „1. Fuß wird auf der gegenüberliegenden Straßenseite auf den Gehweg gesetzt“ gemessen.

Interaktionsgeschehen

- Anzahl der Interaktionen zwischen Fußgängern und Kraftfahrzeugen,
- Ausprägung der Interaktionen (Verkehrsauffälligkeit, Konflikt der Schwerestufe I, Konflikt der Schwerestufe II, Unfall).

Standort	Erhebungstag	Uhrzeit (Auswertestunden)
BS – Centralbahnplatz	Donnerstag, 23.09.2010	12.00-17.00 (5)
BS – Feldbergstraße	Freitag, 24.09.2010	10.30-12.30 (2)
BO – Kortumstraße	Dienstag, 15.06.2010	11.00-15.00 (4)
BO – Kurt-Schumacher-Platz	Dienstag, 10.08.2010	11.00-15.00 (4)
BO – Oskar-Hoffmann-Straße	Dienstag, 17.08.2010	11.00-16.30 (4,5)
BN – Clemens-August-Straße	Mittwoch, 15.09.2010	11.00-17.00 (6)
BN – Löbestraße	Freitag, 19.11.2010	10.00-16.00 (6)
D – Brunnenstraße	Dienstag, 13.07.2010	11.00-16.00 (5)
D – Markenstraße	Mittwoch, 14.07.2010	10.00-15.00 (5)
D – Oststraße	Donnerstag, 19.08.2010	11.00-16.15 (5)
EH – Mathildelaan	Freitag, 29.10.2010	10.00-17.00 (7)
EH – Stationsplein	Donnerstag, 28.10.2010	10.00-17.00 (7)
G – Esperantoplatz	Mittwoch, 30.03.2011	11.00-16.00 (5)
G – Keplerstraße	Dienstag, 29.03.2011	11.00-16.00 (5)
ZH – Limmatquai	Montag, 20.09.2010	11.00-16.00 (5)
ZH – Rämistraße	Dienstag, 21.09.2010	11.00-16.00 (5)
ZH – Talstraße	Mittwoch, 22.09.2010	11.00-16.00 (5)

Tab. 7-2: Erhebungs- und Auswertezeiten

7.2.2 Befragungen von Fußgängern

Bei der Befragung der Fußgänger an den Fallbeispielen wurde darauf geachtet, möglichst eine in etwa typische Altersstruktur zu erreichen. Für jede ausgewählte Signalisierungsform (Fußgänger-Gelb, Grünblinken sowie herkömmliche Signalisierung mit/ohne Restzeitanzeige) wurden jeweils 200 Fußgänger nach

- den Routinen ihrer Überquerungen an den betrachteten Anlagen,
- ihren Regelkenntnissen,
- ihrer Wahrnehmung und der Bewertung der Signalisierungsform,
- situativen Einflüssen auf ein eventuelles „schneller Laufen“ oder „Rotlaufen“ an der betrachteten Anlage,

- der grundsätzlichen und speziellen Akzeptanz von Fußgängersignalanlagen auch über die beobachtete verkehrsbezogene Signalakzeptanz an der Anlage hinaus

befragt.

Personen, die einen Führerschein besitzen und ein Kraftfahrzeug nutzen können, wurden in einem gesonderten Fragenblock auf Abbiegesituationen, bei denen sie als Kraftfahrer auf Fußgänger treffen können, befragt.

7.2.3 Unfallanalyse

Für die deutschen Fallbeispiele Bochum, Bonn und Düsseldorf wurden die bei den örtlichen Polizeidienststellen verfügbaren Verkehrsunfallanzeigen eines dreijährigen Zeitraums für Unfälle mit Fußgängerbeteiligung auf mögliche Einflüsse der Signalschaltung hin ausgewertet. Betrachtet wurden hier insbesondere

- der Signalisierungszustand zum Unfallzeitpunkt,
- die Unfallursachen einschließlich möglicher Rotlichtübertretungen der Fußgänger bzw. der Unfallgegner,
- der Unfallort im Straßenraum (Unfallorte nach Verkehrsfläche sowie nach Signalfurt) sowie
- die Unfallhergänge, z. B. in Hinblick auf im Längsverkehr fahrende bzw. ein- oder abbiegende Kfz als Unfallgegner.

Für die Stadt Düsseldorf wurden für einen fünfjährigen Untersuchungszeitraum die Unfälle mit Fußgängerbeteiligung an allen 620 Lichtsignalanlagen analysiert.

Die daraus resultierenden Fußgänger-Unfallkenngrößen der Anlagen wurden mit vergangenen Unfalluntersuchungen in der Stadt Düsseldorf (Ministerium für Wirtschaft, Technologie und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen (1997)) verglichen.

7.3 Begriffsdefinitionen

Fußgänger-Hauptgruppe

Alle Fußgänger, die nicht der Gruppe der Senioren oder der mobilitätseingeschränkten Personen zugeordnet werden.

Gelb-Läufer

Fußgänger, der während des Fußgänger-Gelbsignals den Überquerungsvorgang beginnt (1. Fuß auf Fahrbahn).

Grün-Läufer

Fußgänger, der während des Fußgänger-Grünsignals den Überquerungsvorgang beginnt (1. Fuß auf Fahrbahn).

Grünblinken-Läufer

Fußgänger, der während des blinkenden Grünsignals den Überquerungsvorgang beginnt (1. Fuß auf Fahrbahn).

Interaktion

Eine Interaktion zwischen Verkehrsteilnehmern liegt dann vor, wenn durch das Verhalten eines Verkehrsteilnehmers ein anderer zu einer erkennbaren Reaktion gezwungen wird oder sich die Verkehrsteilnehmer räumlich und zeitlich so nahe kommen, dass eine Reaktion erfolgen müsste. Das Ausmaß der Reaktion bzw. räumlichen und zeitlichen Nähe wird als Verkehrsauffälligkeit, Konflikt oder Unfall beschrieben.

Konflikt der Schwerstufe I

Konflikte der Schwerstufe I sind solche Interaktionen, bei denen die Abstände zwischen überquerenden Fußgängern und (motorisierten) Verkehrsteilnehmern so eingeschätzt werden, dass mindestens ein Verkehrsteilnehmer deutlich reagiert oder reagieren müsste. Reaktionen können beispielsweise leichte bis mittlere Ausweich- oder Bremsmanöver sein.

Konflikt der Schwerstufe II

Konflikte der Schwerstufe II sind solche Interaktionen, bei denen die Abstände zwischen überquerenden Fußgängern und (motorisierten) Verkehrsteilnehmern so eingeschätzt werden, dass mindestens ein Verkehrsteilnehmer heftig reagiert oder reagieren müsste. Kollisionen werden nur knapp verhindert. Reaktionen können beispielsweise abrupte Brems- und starke Ausweichmanöver sein.

Mobilitätseingeschränkte Personen

Fußgänger, die eindeutig erkennbar eine körperliche Beeinträchtigung besitzen und sich in den

meisten Fällen einer Fortbewegungs- oder Orientierungshilfe bedienen. Fußgänger mit Kinderwagen etc. werden in dieser Untersuchung nicht der Gruppe mobilitätseingeschränkter Menschen zugeordnet.

Rot-Nachläufer

Fußgänger, der während der Fußgängerräumzeit (Rot-Signal) den Überquerungsvorgang beginnt (1. Fuß auf Fahrbahn).

Rot-Vorläufer

Fußgänger, der während der Zwischenzeit zwischen Kfz-Freigabezeitende und Fußgänger-Freigabezeitbeginn (Rot-Signal) den Überquerungsvorgang beginnt (1. Fuß auf Fahrbahn).

Rot-Wagnisläufer

Fußgänger, der während der Fußgänger-Sperrzeit und der Kfz-Freigabezeit den Überquerungsvorgang beginnt (1. Fuß auf Fahrbahn).

Senioren

Fußgänger, die aufgrund ihres Bewegungsablaufs oder ihres äußeren Erscheinungsbildes in die Gruppe der älteren Menschen eingestuft worden sind. Auch sich äußerlich in guter physischer Verfassung befindliche Personen wurden dieser Gruppe zugeordnet.

Verkehrsauffälligkeit

In dieser Untersuchung werden Verkehrsauffälligkeiten als solche Interaktionen zwischen Fußgängern und anderen Verkehrsteilnehmern verstanden, bei denen ein Verkehrsteilnehmer durch das Verhalten eines anderen Verkehrsteilnehmers behindert und/oder zu Reaktionen gezwungen wird. Die Abstände zwischen den Verkehrsteilnehmern sind aber noch so groß, dass es nicht zu kritischen Situationen kommt. Zu den Reaktionen gehören beispielsweise Hupen, Verringerung der Geschwindigkeit bzw. leichtes Abbremsen, verzögertes Anfahren.

Zuwegzeit

Zeit, die beim Signalwechsel auf Grün von wartenden Fußgängern benötigt wird, um bis zur Bordsteinkante zu gelangen. Die Zuwegzeit beinhaltet auch eine Reaktionszeit.

8 Verhaltensuntersuchungen

8.1 Untersuchungskollektive

Kollektiv zum Überquerungsverhalten

Es wurden insgesamt 34.135 Fußgänger in die Auswertungen zum Überquerungsverhalten einbezogen. Der überwiegende Anteil (ca. 89 %) wurde der Fußgänger-Hauptgruppe, knapp 10 % den Senioren und knapp 1 % den mobilitätseingeschränkten Personen zugeordnet (Tabelle 8-1).

Auffällig ist, dass insbesondere an den deutschen Standorten der Seniorenanteil mit 12,7 % bis 18,4 % deutlich höher ist als bei den Standorten des benachbarten Auslands. Eine Ausnahme bildet das Fallbeispiel „Oststraße“ in Düsseldorf. Auch die

Anteile mobilitätseingeschränkter Personen sind in den deutschen Beispielen teilweise deutlich höher als im Gesamtdurchschnitt.

Kollektiv zum Geschwindigkeitsverhalten

Zur Auswertung der Gehgeschwindigkeiten wurde eine Teilmenge aus der Grundgesamtheit erhoben. Fallbeispiele, bei denen weniger als 1.000 Fußgänger erfasst worden sind, wurden vollständig berücksichtigt. Bei Standorten mit mehr als 1.000 Fußgängern wurden aus jeder vollen Erhebungsstunde gleichverteilt so viele Umläufe zufällig ausgewählt, dass ca. 1.000 Fußgänger in die Auswertung einbezogen werden konnten. Die Gehgeschwindigkeiten von Personen mit einer Mobilitätseinschränkung wurden weitestgehend komplett ausgewertet.

Untersuchungsfallbeispiele	Gesamt	davon ...					
		Fußgänger-Hauptgruppe		Senioren		Personen mit Mobilitätseinschränkung	
Grün/Rot (Standard)	1.787	1.458	81,6 %	301	16,8 %	28	1,6 %
	5,24 %	4,78 %		8,99 %		9,89 %	
BO – O.-Hoffmann-Straße	408	325	79,7 %	75	18,4 %	8	2,0 %
BN – C.-August-Straße	487	405	83,2 %	74	15,2 %	8	1,6 %
BN – Löbestraße	892	728	81,6 %	152	17,0 %	12	1,3 %
Restzeitanzeige	6.019	5.140	85,4 %	796	13,2 %	83	1,4 %
	17,63 %	16,85 %		23,78 %		29,33 %	
BO – Kortumstraße	4.519	3.892	86,1 %	576	12,7 %	51	1,1 %
BO – K.-Schumacher-Platz	1.500	1.248	83,2 %	220	14,7 %	32	2,1 %
Grünblinken	18.344	16.687	91,0 %	1.538	8,4 %	119	0,6 %
	53,74 %	54,70 %		45,94 %		42,05 %	
BS – Centralbahnplatz	3.893	3.722	95,6 %	150	3,9 %	21	0,5 %
BS – Feldbergstraße	251	234	93,2 %	14	5,6 %	3	1,2 %
EH – Mathildelaan	3.438	3.257	94,7 %	165	4,8 %	16	0,5 %
EH – Stationsplein	9.154	8.048	87,9 %	1.046	11,4 %	60	0,7 %
G – Esperantoplatz	1.193	1.073	89,9 %	109	9,1 %	11	0,9 %
G – Keplerstraße	415	353	85,1 %	54	13,0 %	8	1,9 %
Fg-Gelb	7.985	7.219	90,4 %	713	8,9 %	53	0,7 %
	23,39 %	23,67 %		21,30 %		18,73 %	
D – Brunnenstraße	853	685	80,3 %	153	17,9 %	15	1,8 %
D – Markenstraße	611	507	83,0 %	100	16,4 %	4	0,7 %
D – Oststraße	1.497	1.407	94,0 %	72	4,8 %	18	1,2 %
ZH – Limmatquai	1.478	1.328	89,9 %	143	9,7 %	7	0,5 %
ZH – Rämistraße	1.721	1.589	92,3 %	128	7,4 %	4	0,2 %
ZH – Talstraße	1.825	1.703	93,3 %	117	6,4 %	5	0,3 %
Gesamt	34.135	30.504	89,4 %	3.348	9,8 %	283	0,8 %

Tab. 8-1: Anzahl und Teilnehmerstruktur der für das Überquerungsverhalten ausgewerteten Fußgänger

Kleinere Differenzen zwischen dem Kollektiv zum Überquerungsverhalten und dem ausgewählten Kollektiv zum Geschwindigkeitsverhalten sind dadurch zu erklären, dass einzelne Personen, bei denen keine genaue Messung erfolgen konnte, weil sie z. B. verdeckt in einem Pulk gelaufen sind, nicht in die Geschwindigkeitsuntersuchung einbezogen wurden (Tabelle 8-2).

In der Summe wurden von 14.204 Fußgängern die Überquerungsgeschwindigkeiten ermittelt. Hierin

enthalten sind 1.613 Senioren (11,4 %) und 275 mobilitätseingeschränkte Personen (1,9 %) (Tabelle 8-3).

Für die Ermittlung der „Zuwegzeit“ wurde eine kleine Zufallsstichprobe am Untersuchungsfallbeispiel Oskar-Hoffmann-Straße (Bochum) genommen. Ausgewählt wurden aus drei Erhebungsstunden insgesamt 124 Fußgänger (95 aus der Fußgänger-Hauptgruppe, 23 Senioren und 6 mobilitätseingeschränkte Personen)

Untersuchungsfallbeispiele	Gesamt	davon ...					
		Fußgänger-Hauptgruppe		Senioren		Personen mit Mobilitätseinschränkung	
Grün/Rot (Standard)	1.777	1.448	81,5 %	301	16,9 %	28	1,6 %
	12,51 %	11,76 %		18,66 %		10,18 %	
BO – O.-Hoffmann-Straße	408	325	79,7 %	75	18,4 %	8	2,0 %
BN – C.-August-Straße	487	405	83,2 %	74	15,2 %	8	1,6 %
BN – Löbestraße	882	718	81,4 %	152	17,2 %	12	1,4 %
Restzeitanzeige	2.079	1.712	82,3 %	286	13,8 %	81	3,9 %
	14,64 %	13,90 %		17,73 %		29,45 %	
BO – Kortumstraße	1.043	851	81,6 %	142	13,6 %	50	4,8 %
BO – K.-Schumacher-Platz	1.036	861	83,1 %	144	13,9 %	31	3,0 %
Grünblinken	4.770	4.242	88,9 %	413	8,7 %	115	2,4 %
	33,58 %	34,44 %		25,60 %		41,82 %	
BS – Centralbahnplatz	1.010	921	91,2 %	69	6,8 %	20	2,0 %
BS – Feldbergstraße	242	225	93,0 %	14	5,8 %	3	1,2 %
EH – Mathildelaan	1.012	941	93,0 %	55	5,4 %	16	1,6 %
EH – Stationsplein	1.053	872	82,8 %	124	11,8 %	57	5,4 %
G – Esperantoplatz	1.038	930	89,6 %	97	9,3 %	11	1,1 %
G – Keplerstraße	415	353	85,1 %	54	13,0 %	8	1,9 %
Fg-Gelb	5.578	4.914	88,1 %	613	11,0 %	51	0,9 %
	39,27 %	39,90 %		38,00 %		18,55 %	
D – Brunnenstraße	853	685	80,3 %	153	17,9 %	15	1,8 %
D – Markenstraße	611	507	83,0 %	100	16,4 %	4	0,7 %
D – Oststraße	1.106	1.033	93,4 %	56	5,1 %	17	1,5 %
ZH – Limmatquai	1.011	893	88,3 %	111	11,0 %	7	0,7 %
ZH – Rämistraße	1.000	869	86,9 %	128	12,8 %	3	0,3 %
ZH – Talstraße	997	927	93,0 %	65	6,5 %	5	0,5 %
Gesamt	14.204	12.316	86,7 %	1.613	11,4 %	275	1,9 %

Tab. 8-2: Anzahl und Teilnehmerstruktur der für das Geschwindigkeitsverhalten ausgewerteten Fußgänger

Rollstuhl	E-Rollstuhl	Rollator	Unterarmgehstütze	Gehstock	Blindenlangstock	hinkende Person	Gesamt
13	21	48	62	91	2	38	275
4,7 %	7,6 %	17,5 %	22,5 %	33,1 %	0,7 %	13,8 %	100,0 %

Tab. 8-3: Anzahl und Anteile der erfassten Mobilitätseinschränkungen bei der Geschwindigkeitsuntersuchung

Kfz-Verkehre

An den Untersuchungsstandorten wurden 71.492 Kraftfahrzeuge gezählt, die den Furtbereich der Fußgänger überfahren. Beim überwiegenden Anteil (ca. 89 %) handelt es sich um Verkehrsströme, die getrennt vom Fußverkehr signalisiert sind. Die Standorte mit einer Restzeitanzeige in Bochum sowie die Standorte in Basel und Eindhoven weisen aufgrund ihrer Lage (keine Abbiegeströme) oder der Signalstruktur nur signaltechnisch gesicherte Führungen auf. An den anderen Standorten wurden 7.899 abbiegende Kfz in Zusammenhang mit einer bedingt verträglichen Signalisierung gezählt (s. Tabelle 8-4).

8.2 Überquerungsverhalten

8.2.1 Standorte mit Grün-Rot-Signalisierung

Die Fallbeispiele mit herkömmlicher Grün-Rot-Signalisierung weisen mit durchschnittlich 96,6 % eine sehr gute Regelbefolgung (Rot-Beachtung) auf.

Knapp 80 % der bei Grün querenden Fußgänger erreichten die andere Straßenseite auch bei Grün, nur 20,7 % liefen also während des Überquerungsvorgangs gegen Rot. An der Furt Löbestraße in Bonn, die in Relation zur Überquerungslänge gerin-

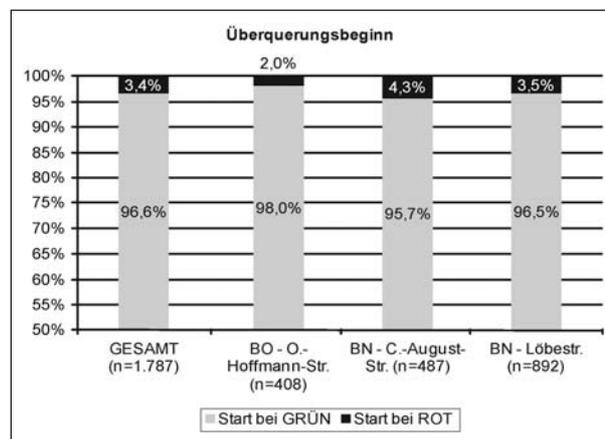


Bild 8-1: Überquerungsbeginn an Standorten mit Grün-Rot-Signalisierung

Untersuchungsfallbeispiele	Gesamt		signaltechnisch gesicherte Verkehrsströme			Abbiegeströme bedingt verträglicher Signalisierungen		
	absolut	Ø Kfz/h	Kfz absolut	Ø Kfz/h	Ø Kfz/Umlauf	Kfz absolut	Ø Kfz/h	Ø Kfz/Umlauf
Grün/Rot (Standard)	12.273		8.808			3.465		
BO – O.-Hoffmann-Straße	3.336	741	2.620	582	15,7	716	159	4,3
BN – C.-August-Straße	5.157	860	4.238	706	15,2	919	153	3,3
BN – Löbestraße	3.780	630	1.950	325	7,6	1.830	305	7,2
Restzeitanzeige	6.154		6.154		-			
BO – Kortumstraße	3.362	841	3.362	841	21,4	-	-	-
BO – K.-Schumacher-Platz	2.792	698	2.792	698	17,3	-	-	-
Grünblinken	24.483		23.112			1.371		
BS – Centralbahnplatz	3.397	679	3.397	679	14,0	-	-	-
BS – Feldbergstraße	2.200	1.100	2.200	1.100	19,8	-	-	-
EH – Mathildelaan	5.193	742	5.193	742	15,7	-	-	-
EH – Stationsplein	7.048	1.007	7.048	1.007	25,4	-	-	-
G – Esperantoplatz	2.321	464	1.665	333	5,7	656	131	2,2
G – Keplerstraße	4.324	865	3.609	722	20,1	715	143	4,0
Fg-Gelb	28.582		25.519			3.063		
D – Brunnenstraße	1.905	381	1.602	320	6,3	303	61	1,2
D – Markenstraße	4.959	992	3.588	718	13,6	1.371	274	5,2
D – Oststraße	6.364	1.273	5.908	1.182	22,8	456	91	1,8
ZH – Limmatquai	4.015	803	3.451	690	9,5	564	113	1,6
ZH – Rämistraße	6.567	1.313	6.294	1.259	16,3	273	55	0,7
ZH – Talstraße	4.772	954	4.676	935	10,9	96	19	0,2
Gesamt	71.492		63.593			7.899		

Tab. 8-4: Kfz-Verkehrsstärken während der Erhebung

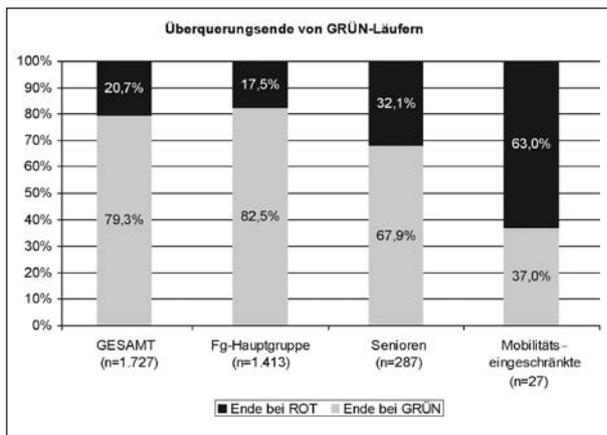


Bild 8-2: Signalbild beim Überquerungsende verschiedener Nutzergruppen

gere Freigabezeiten aufweist, ist dieser Anteil mit rund 31 % besonders hoch.

Etwa ein Drittel der Senioren und knapp zwei Drittel der mobilitätseingeschränkten Personen liefen an den drei Fallbeispielen gegen Rot. Bei kürzeren Freigabezeiten, wie an der Löbestraße in Bonn, steigert sich dieser Anteil auf 47,6 % (Senioren) und 81,8 % (mobilitätseingeschränkte Personen).

Es wurde keine Person beobachtet, die beim Signalwechsel auf Rot auf der Fahrbahn umdrehte. Fußgänger, die während des Grün-Signals an der Furt ankamen, begannen in der Regel auch noch ihre Überquerung. Lediglich bei fünf Fußgängern (von 1.732 bei Grün an der Furt Ankommenden), darunter zwei Senioren und eine Person mit Mobilitätseinschränkung, wurde beobachtet, dass sie in dieser Situation den Überquerungsvorgang nicht mehr begannen, sondern auf die nächste Grünphase warteten.

Den größten Anteil an den relativ wenigen Rot-Läufnern machen mit 61,7 % die Rot-Nachläufer aus, also diejenigen Fußgänger, die nach Signalwechsel von Grün auf Rot während der Räumzeit starteten. Immerhin 27,0 % dieser Rot-Nachläufer waren Senioren, die das Laufen bei Rot dem Warten vorzogen.

8.2.2 Standorte mit Restzeitanzeige

Mit 93,8 % der Fußgänger, die während Grün querten, liegt an den Standorten mit Restzeitanzeige in Bochum eine immer noch gute Befolgung der Signalregelung vor. Am Standort Kurt-Schumacher-Platz sind jedoch die Rot-Läuferanteile mit 12,7 % relativ hoch. Dies ist sehr wahrscheinlich den örtli-

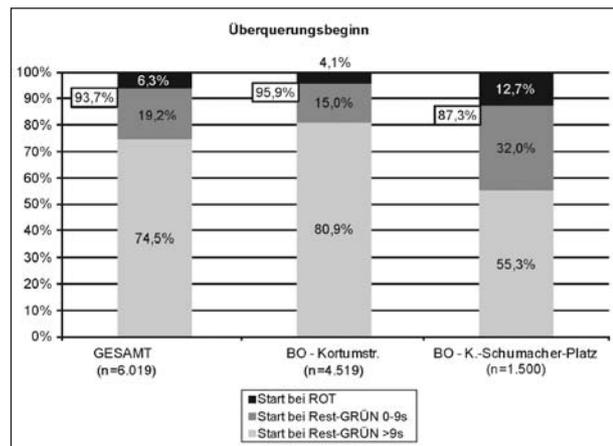


Bild 8-3: Überquerungsbeginn an Standorten mit Restzeitanzeige

chen und verkehrlichen Rahmenbedingungen – kurze Überquerungslänge, übersichtliche Verkehrssituation mit Einrichtungsverkehren, relativ geringe Kfz-Belastung – zuzuschreiben.

Aufgrund der Mitteltrennungen an beiden Fallbeispielen sind die Freigabezeiten mit 23 bzw. 24 Sekunden für Fußgänger, die aus dem Seitenraum in Richtung Mittelinsel queren, so lang, dass beinahe alle Fußgänger, die ihren Überquerungsvorgang bei einer angezeigten Restgrünzeit ≥ 10 s starteten, die Überquerung auch während Grün beendeten. Lediglich ein Senior und zwei mobilitätseingeschränkte Personen liefen in diesem Fall gegen Rot.

Anders sieht dies bei denjenigen Fußgängern aus, welche die Überquerung bei einer Restgrünzeit ≤ 9 s starteten. Hier liefen 52,9 % gegen Rot, bei den Senioren sogar 65,7 % und bei den mobilitätseingeschränkten Menschen 96,6 %.

In der Summe liefen 11,0 % aller bei Grün gestarteten Fußgänger an den beiden Anlagen gegen Rot.

Insbesondere Fußgänger, die von der Mittelinsel kamen, also bei Überquerung der zweiten Furt den Überquerungsvorgang bei einer Restgrünzeit ≤ 9 s noch begannen, liefen meist gegen Rot. Dies trifft insbesondere auch auf Senioren und mobilitätseingeschränkte Personen zu, die das Laufen gegen Rot einem zusätzlichen Halt auf der Mittelinsel vorzogen.

Insgesamt besitzt die Restzeitanzeige kaum eine Wirkung dahingehend, dass Überquerungsvorgänge bei kurzer Restgrünzeit nicht mehr begonnen werden. Acht Fußgänger, die während Grün an der

Anlage ankamen, starteten den Überquerungsvorgang nicht mehr, davon sieben bei einer Restgrünanzeige ≤ 9 s. Gegenüber 1.157 Fußgängern, die dann noch starteten, bedeutet dies einen Anteil von weniger als einem Prozent. Bis auf eine Person von der Mittelinsel waren es Fußgänger am Fahrbahnrand, welche die Überquerung nicht mehr begannen.

Die bei Rot Laufenden setzen sich vor allem aus Rot-Nachläufern (203; 53,9 %) und Rot-Vorläufern (142; 37,7 %) zusammen. Am Standort Kurt-Schumacher-Platz waren mit 15,2 % (29) auch größere Anteile an Wagnisläufern zu beobachten.

Bei den Senioren (31; 60,8 %) und den mobilitätseingeschränkten Personen (4; 100 %) sind die Anteile an Rot-Nachläufern höher als in der Fußgänger-

ger-Hauptgruppe. Dagegen kommen beinahe alle (28 von 31; 90,3 %) Wagnisläufer aus der Fußgänger-Hauptgruppe. Bei dieser Nutzergruppe ist auch festzustellen, dass bei den Rot-Nachläufern mehr Fußgänger von der Mittelinsel querten als vom Fahrbahnrand.

Während kein Fußgänger beim Signalwechsel von Grün auf Rot auf der Fahrbahn umdrehte, war dies bei einem Rot-Nachläufer an der Anlage Kurt-Schumacher-Platz zu registrieren.

8.2.3 Standorte mit Fußgänger-Gelb

Bei der Wertung des Überquerungsverhaltens an den Standorten mit Fußgänger-Gelb ist zu beachten, dass in Düsseldorf das Gelb die gesamte Räumzeit anzeigt, während in Zürich mit dem Gelb nur zwei Drittel der Räumzeit angezeigt werden. In beiden Städten darf bei Gelb die Fahrbahn nicht mehr betreten werden (Bild 8-5).

Durchschnittlich 90,5 % der Fußgänger querten bei Grün. 9,5 % querten während der Sperrsignale, davon 8,0 % bei Gelb und 1,5 % bei Rot. In Zürich belaufen sich diese Anteile auf 11,0 % und in Düsseldorf auf 8,0 %. Zu beachten ist jedoch, dass es über alle Anlagen betrachtet eine große Spanne (5,4 bis 14,4 %) an Fußgängern gab, die während der Sperrzeit starteten.

In der Summe schafften es lediglich 26,3 % der Fußgänger, während der kompletten Freigabezeit die Furt zu überqueren, 58,6 % liefen gegen Gelb

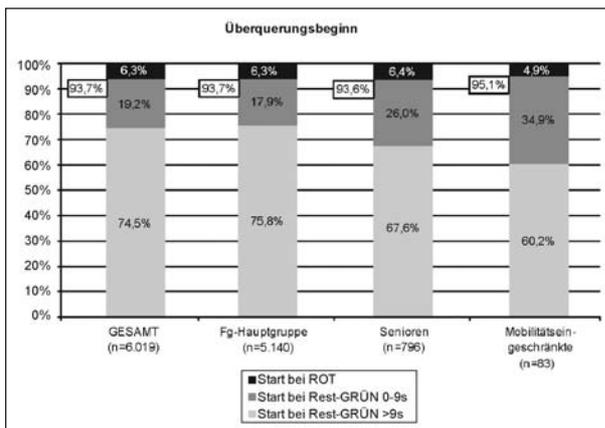


Bild 8-4: Überquerungsbeginn an Standorten mit Restzeitanzeige nach Nutzergruppen

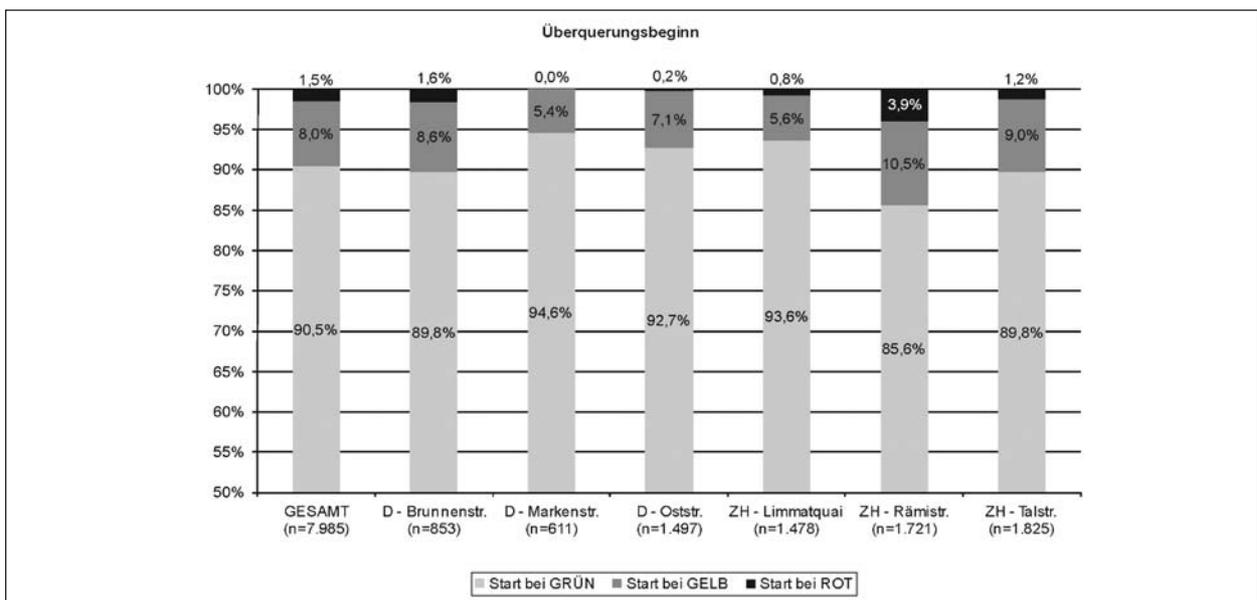


Bild 8-5: Überquerungsbeginn an Standorten mit Fußgänger-Gelb

und immerhin 15,0 % gegen Rot. Nur 14,4 % Fußgänger, die bei Gelb noch losliefen, konnten auch bei Gelb ihren Überquerungsvorgang noch beenden, der Rest der Gelb-Läufer lief gegen Rot. Diese Situationen führten zu keinen im Rahmen der Videoüberwachung erkennbaren Konflikten mit nicht verträglichen Kfz-Verkehren.

In Düsseldorf wurde bei einer Gesamtzahl von 2.732 Fußgängern nur ein einziger Fußgänger beobachtet, der noch bei Grün die andere Fahrbahnseite erreichen konnte. 95,8 % der Fußgänger liefen gegen Gelb. 4,2 % der Grün-Läufer und 58,0 % der Gelb-Läufer liefen gegen Rot, besitzen also zumindest das theoretische Risiko, mit nicht verträglichen Kfz-Verkehrsströmen in Konflikt zu geraten.

In Zürich ergibt sich zwischen den Anlagen ein differenzierteres Bild. Während an den Standorten Limmatquai und Talstraße im Durchschnitt 62,8 % der Fußgänger vollständig während der Anzeige des Grün-Signals queren konnten und 29,9 % gegen Gelb sowie 7,3 % gegen Rot liefen, waren es am Standort Rämistraße 48,6 %, die gegen Gelb, und 50,8 %, die gegen Rot liefen. An dieser Anlage erreichten lediglich acht Personen (Grün-Läufer) die andere Fahrbahnseite bei Grün. Aufgrund der kürzeren Gelb-Zeiten liefen in Zürich beinahe alle der Gelb-Läufer gegen Rot, nur drei Fußgänger konnten während des angezeigten Gelb-Signals die gesamte Furt überqueren.

Die langsamen Nutzergruppen weisen erwartungsgemäß deutlich größere Anteile von Fußgängern auf, die gegen Rot laufen. Während im Durchschnitt

der Anteil der gegen Gelb Laufenden relativ konstant bleibt, erhöht sich der Anteil der gegen Rot Laufenden bei den Senioren auf 20,8 % und bei den mobilitätseingeschränkten Personen auf 38,0 %. Den Überquerungsvorgang während Grün zu beenden, schafften nur 19,7 % der Senioren bzw. 8,0 % der Mobilitätseingeschränkten.

Auch hier gibt es im Vergleich der Städte deutliche Unterschiede. In Düsseldorf liefen 89,3 % der Senioren gegen Gelb und 10,7 % gegen Rot. Mobilitätseingeschränkte Personen liefen jeweils zur Hälfte gegen Gelb und gegen Rot. Der Großteil mobilitätseingeschränkter Personen (82,3 %), die gegen Rot liefen, erreichte jedoch kurz nach Gelbende den Seitenraum, musste also bei Rot nur noch eine geringe Distanz bis zum Bordstein überwinden. Die wenigen Mobilitätseingeschränkten (3), die sich beim Wechsel auf Rot noch auf einer potenziellen Konfliktfläche befanden, kamen nicht in Konflikt mit dem Kfz-Verkehr, da entweder der nicht verträgliche Querverkehr noch nicht eintraf oder abbiegende Kraftfahrzeuge bereits vor der Furt warteten und die Fußgänger passieren ließen.

In Zürich sind es im Mittel 34,9 % der Senioren, die gegen Gelb liefen, 29,1 % gingen gegen Rot. Mobilitätseingeschränkte Personen gingen zu 62,5 % gegen Gelb und zu 12,5 % gegen Rot. An der Rämistraße zeigt sich dagegen eine ähnliche Verteilung wie in Düsseldorf.

Das Gelb-Signal besitzt nur eine eingeschränkte Sperrwirkung auf Fußgänger. Zwei Drittel der Fußgänger, die bei Gelb an der Furt ankamen, begannen dann noch den Überquerungsvorgang. In Düsseldorf überquerten noch 56 % und in Zürich sogar

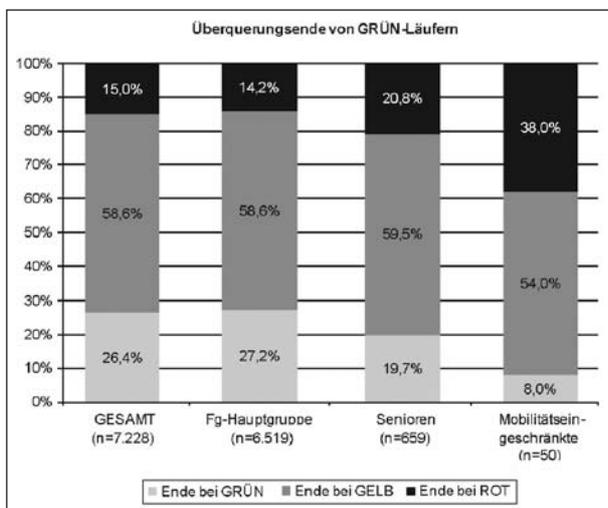


Bild 8-6: Signalbild beim Überquerungsende verschiedener Nutzergruppen

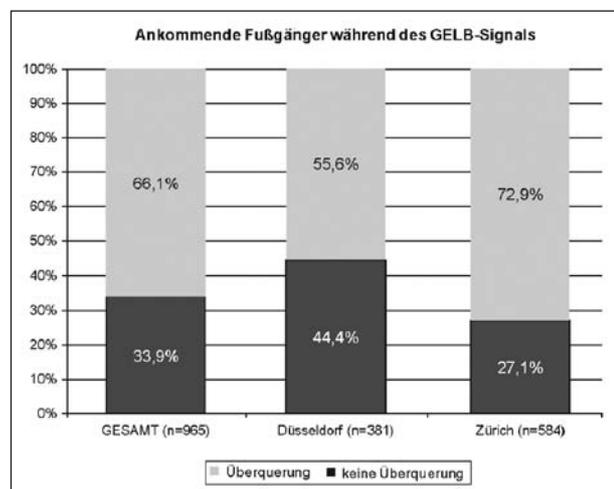


Bild 8-7: Signalwirkung des Fußgänger-Gelb

73 % der bei Gelb an der Furt ankommenden Fußgänger. Bei den Senioren und mobilitätseingeschränkten Personen, denen das Gelb eine besondere Hilfe sein soll, waren es sogar drei Viertel, die dann noch den Überquerungsvorgang begannen.

Bei Betrachtung der Rot-Läufer ist zu beachten, dass Rot-Nachläufer lediglich in Zürich auftreten können, in Düsseldorf zählen diese zu den Gelb-Läufern. Im Durchschnitt machen die Rot-Vorläufer den größten Anteil (52,1 %) aus, gefolgt von den Nachläufern (38,8 %) und den Wagnisläufern (15,1 %). Insbesondere in Düsseldorf gibt es zwischen den Anlagen sehr unterschiedliche Verhaltensmuster. Während am Standort Markenstraße keine Rot-Läufer auftraten, gab es am Standort Brunnenstraße mit 78,5 % einen sehr hohen Anteil an Wagnisläufern. Hier spielen weitere Randbedingungen ein, die nicht weiter untersucht wurden.

An den untersuchten Anlagen wurden keine Fußgänger beobachtet, die bei Grün starteten und dann beim Signalwechsel auf der Fahrbahn umdrehten. An den zwei Anlagen in Zürich Limmatquai und Talstraße wurde jeweils eine Person beobachtet, die bei Gelb loslief und beim Wechsel auf Rot umdrehte. Zudem gab es am Standort Rämistraße drei Rot-Nachläufer sowie am Standort Düsseldorf-Markenstraße zwei Rot-Wagnisläufer, die nach 1 bis 2 Schritten umdrehten.

8.2.4 Standorte mit Grünblinken für Fußgänger

In den untersuchten Städten wird das Grünblinken unterschiedlich eingesetzt. In Eindhoven (3 s) und

in Graz (4 s) zeigt es das Ende der Grünzeit, die Fahrbahn darf in diesen Fällen also noch betreten werden. In Basel wird es analog zum Fußgänger-Gelb in Zürich angewendet und zeigt ca. 2/3 der Räumzeit an, die Fahrbahn darf nicht mehr betreten werden.

Zwischen den Städten, aber auch innerhalb der Städte zeigt sich ein differenziertes Bild des regelkonformen bzw. regelwidrigen Verkehrsverhaltens. Über alle Anlagen zusammen querten 86,2 % der Fußgänger während der reinen Grünzeit, 5,3 % während Grünblinkens und 8,4 % während Rot.

In Basel querten 87,9 % während Grün (Freigabezeit). Mit einem durchschnittlichen Anteil von 3,3 % weisen die Anlagen in Basel relativ niedrige Rotläuferanteile auf. Aber immerhin weitere 8,8 % der Fußgänger begannen ihre Überquerung regelwidrig während Grünblinkens.

An den Grazer Anlagen zeigt sich, trotz unterschiedlichen Bedeutungsinhaltes der Grünblinkensymbolik, ein ähnliches Verhaltensmuster wie in Basel. 84,3 % querten bei Grün, 9,0 % bei Grünblinken (zulässig) und 6,7 % bei Rot. Im Unterschied zu Basel sind zwar die Rotläuferanteile etwas höher, aber aufgrund der unterschiedlichen Regelung querten mehr Fußgänger (93,3 %) während der Freigabezeit (Grün + Grünblinken).

In Eindhoven wurden im Vergleich der Standorte mit Grünblinken die höchsten Rotläuferanteile (10,7 %) und niedrigsten Anteile der Überquerungen bei Grünblinken (3,7 %) festgestellt. Die Anteilswerte der Überquerungen bei Grün (85,9 %) sind äh-

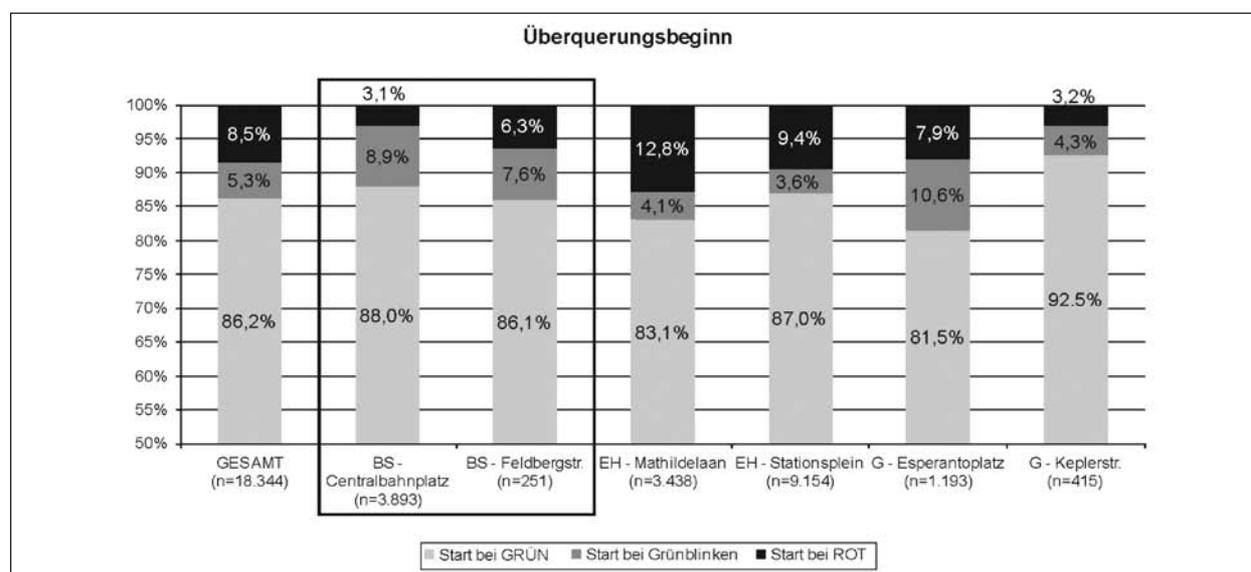


Bild 8-8: Überquerungsbeginn an Standorten mit Grünblinken

lich derer in den anderen beiden Städten. Insgesamt querten 89,7 % während der Freigabezeit. Die abweichenden Ergebnisse sind vermutlich auf die Anlagenspezifika (Übersichtlichkeit durch Mitteltrennung und große Fußgängerströme am Rande des Fußgängerbereichs) sowie auf die mit 3 s kürzesten Zeiten für das Grünblinken zurückzuführen.

Wie viele Fußgänger die Überquerung während des stehenden Grünsignals beenden können, ist in hohem Maße von der Länge der Grünzeit abhängig. Die Anlagen mit Mitteltrennung (Eindhoven, Basel-Centralbahnplatz) und dementsprechend langen Grünzeiten weisen aus diesem Grund mit Anteilen von 73,9 % bis 90,2 % die höchsten Werte bei der Einzelfallbetrachtung der Anlagen auf. Nach den städteweise aggregierten Werten lässt sich festhalten, dass in Eindhoven der größte Teil der Fußgänger innerhalb der Freigabezeit (Grün + Grünblinken) den kompletten Überquerungsvorgang beenden konnte. 81,52 % erreichten während Grün, weitere 11,1 % während Grünblinkens die andere Fahrbahnseite. Lediglich 7,4 % liefen gegen Rot

In Basel und Graz sind ca. gleich hohe Anteile an Fußgängern festzustellen, die während der Freigabezeit, aber bei unterschiedlichen Signalbildern, die Überquerung beenden konnten. In Basel beendeten 70,9 % der Fußgänger während Grün die Überquerung, in Graz sind dies nur 13,1 %, weitere 56,8 % bei Grünblinken. 3,7 % liefen in Basel gegen Rot und 25,4 % gegen Grünblinken. In Graz liefen 30,2 % der Fußgänger gegen Rot.

Die Signalisierung in Eindhoven besitzt die größten Zeitreserven für die langsameren Verkehrsteilnehmer. Lediglich 6,4 % der Senioren und 17,5 % der Mobilitätseingeschränkten liefen gegen Rot. Immerhin noch 69,8 % der Mobilitätseingeschränkten konnten die Fahrbahn während Grün queren.

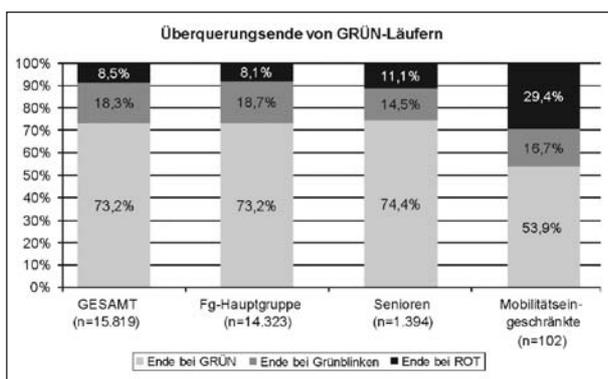


Bild 8-9: Signalbild beim Überquerungsende verschiedener Nutzergruppen

In Basel liefen dagegen 9,0 % der Senioren gegen Rot und 28,4 % gegen das die Räumzeit anzeigende Grünblinken. Bei den mobilitätseingeschränkten Personen waren es 14,3 %, die gegen Rot, und 33,3 %, die gegen Grünblinken liefen.

Die Signalisierung in Graz führt im Vergleich hierzu wegen der verhältnismäßig geringen Grünzeiten zu hohen Anteilen des Gehens gegen Rot. 48,6 % der Senioren liefen gegen Rot, 44,5 % gegen Grünblinken und lediglich 6,9 % schafften es, während des Grünsignals zu queren. Die mobilitätseingeschränkten Personen liefen zu 88,9 % gegen Rot, während Grün konnte keine Person aus dieser Gruppe die Überquerung beenden.

Das Grünblinken hat so gut wie keinen Einfluss dahingehend, dass Fußgänger ihren Überquerungsvorgang nicht mehr starten. In Eindhoven und Graz waren es knapp 97 % der bei Grünblinken an der Furt ankommenden Fußgänger, die dann noch querten. In Basel waren es 88 % der Fußgänger, die – in diesem Fall regelwidrig – den Überquerungsvorgang noch begannen.

Auch an den Standorten mit Grünblinken ist bei den Rot-Läufern ein sehr differenziertes Bild zwischen den verschiedenen Anlagen festzustellen. Die Eindhovener Beispiele sind gekennzeichnet durch geringe Rot-Vorläuferanteile (14,2 % aller Rot-Läufer), an den anderen Anlagen in Graz und Basel liegen diese Anteile bei ca. 20 bis 30 %. Dagegen sind die Anteile an Wagnisläufern in Eindhoven mit 35,9 % am größten. Die Rot-Nachläuferanteile liegen im Vergleich der Städte zwischen 42,3 und 57,4 %.

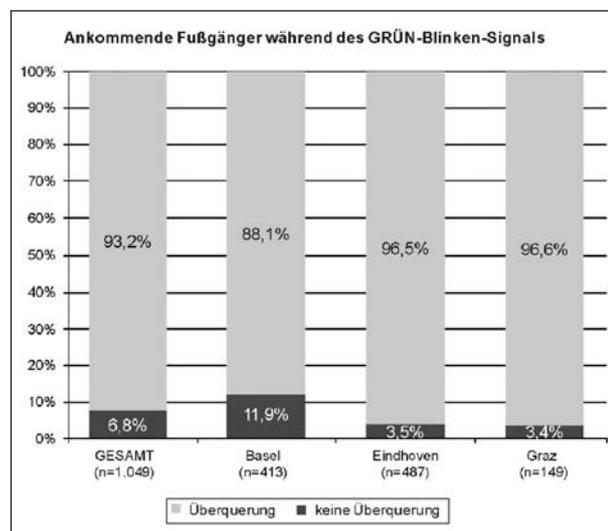


Bild 8-10: Signalwirkung des Grünblinkens

Wie bei allen anderen Anlagen wurde kein Fußgänger beobachtet, der beim Wechsel von Grün bzw. Grünblinken auf Rot auf der Fahrbahn umdrehte. Ein unaufmerksamer Rot-Nachläufer drehte nach kurzem Betreten auf der Fahrbahn um, als er das Rot-Signal bemerkte, und wäre dabei beinahe mit einem mittlerweile abbiegenden Mofa kollidiert, das aber noch vor dem Fußgänger abbremsen konnte (Konflikt der Schwerstufe II).

8.2.5 Vergleich der Signalisierungsformen

Die Häufigkeit des Gehens bei Rot ist in der Regel abhängig von zahlreichen Faktoren wie beispielsweise der Anzahl und Länge von Zeitlücken im Kfz-Verkehrsstrom in Kombination mit der Dauer der Wartezeit und der zu überbrückenden Überquerungslänge. Auch eine unterschiedliche Verkehrsmoral oder Sozialisation in verschiedenen Ländern, Städten und ggf. sogar Stadtteilen kann Einfluss auf die Regelbefolgung haben. Aufgrund der für diese Fragestellung geringen Anzahl von Fallbeispielen konnte kein Zusammenhang zwischen der Anzahl von Rot-Läufern und der Kfz-Verkehrsstärke pro Umlauf bzw. der Fußgänger-Wartezeit festgestellt werden. Eine leichte Verschiebung hin zu höheren Rot-Läuferanteilen gab es bei kürzeren Fußgängerfurten, auch wenn kein signifikanter Zusammenhang ermittelt wurde. Signifikant höhere Rot-Läuferanteile (Signifikanzniveau 0,05) gab es jedoch bei denjenigen Anlagen, die eine Mitteltrennung aufweisen.

Bei der Betrachtung, wie viele Fußgänger während der Freigabezeit gequert haben, wird deutlich, dass im Vergleich der Fallbeispiele die Regelbefolgung an den Anlagen mit herkömmlicher Grün-Rot-Sig-

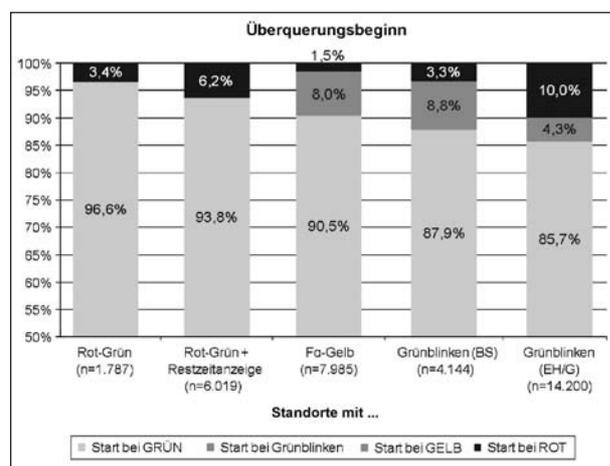


Bild 8-11: Überquerungsbeginn bei den Signalisierungsformen

nalisation am höchsten ist (Tabelle 8-5). Die Anlagen mit einem zusätzlichen Signal (Gelb oder Grünblinken) weisen deutlich höhere Anteile von Fußgängern auf, die während eines Sperrsignals gelaufen sind.

Hervorzuheben ist auch, dass das als Sperrsignal eingesetzte Fußgänger-Gelb und das Grünblinken (Basel) gegenüber dem Rot nur eine unzureichende Signalwirkung „HALT“ besitzen. Da ein Großteil der Fußgänger bei Aufleuchten dieser Signale noch quert, wird auch das Gehen gegen Rot nicht verhindert, sondern in die Phase der eigentlichen Sperrzeit verlegt, in der ein Konflikt mit dem Kraftfahrzeugverkehr wahrscheinlicher wird.

Die Restzeitanzeige in Bochum und das Grünblinken (Eindhoven, Graz) stellt in erster Linie einen Komfortgewinn für die querenden Fußgänger dar, indem das nahende Grün-Ende angezeigt wird. Die Untersuchung konnte nicht aufzeigen, dass langsamere Fußgängergruppen wie Senioren oder mobilitätseingeschränkte Personen diese Anzeige nutzen, um ggf. einen Überquerungsvorgang nicht mehr zu beginnen.

Überquerungsbeginn	Standorte mit ...				
	Grün – Rot	Restzeitanzeige	Fußgänger-Gelb	Grünblinken (BS)	Grünblinken (EH/G)
Freigabe	96,6 %	93,8 %	90,5 %	87,9 %	90,1 %
Sperrsignal	3,4 %	6,2 %	9,5 %	12,1 %	9,9 %

Tab. 8-5: Anteil überquerender Fußgänger während der Freigabe bzw. der Anzeige eines Sperrsignals

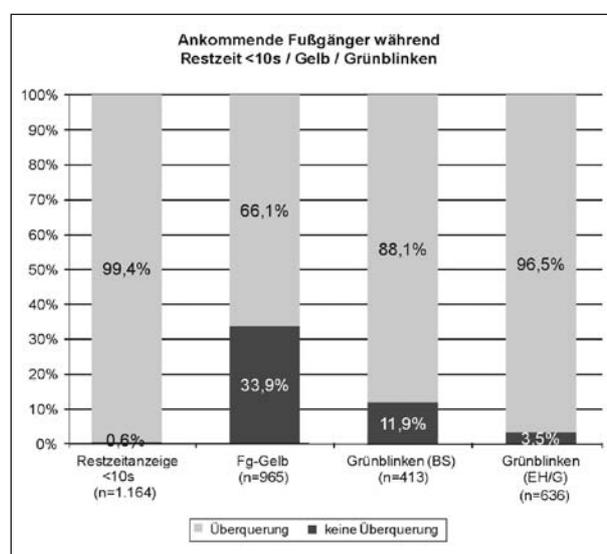


Bild 8-12: Wirkung von Signalen und Zeitanzeigen auf das Überquerungsverhalten

Bei den Anlagen mit herkömmlicher Grün-Rot-Signalisierung (auch mit Restzeitanzeige) und mit Grünblinken (EH, G) konnten bei den untersuchten Anlagen die meisten Fußgänger während der Freigabezeit ihren Überquerungsvorgang beenden. Das Fußgänger-Gelb kommt hingegen an den

beobachteten Stellen in Kombination mit kurzen Grünzeiten zum Einsatz. Dies hat zur Folge, dass für lediglich 42 % der Fußgänger in Zürich die Freigabezeit für eine vollständige Überquerung der Furt ausreicht. In Düsseldorf schaffte dies nur eine Person. In Basel, wo das Grünblinken die gleiche bzw. ähnliche Funktion besitzt, waren es immerhin 70,9 %. Selbst bei diesen Signalisierungen mit Anzeige der Räumzeit (bzw. eines Teils der Räumzeit) über ein separates Signal gehen bei den meisten untersuchten Anlagen noch rund 2-8 % der Grün-Läufer gegen Rot (der Mittelwert von 15 % über alle Anlagen ist beeinflusst durch den Standort ZH-Rämistraße). Fußgänger, die bei Gelb oder Grünblinken (BS) starten, laufen zu ca. 58 % (D), 93 % (BS) und 99 % (ZH) gegen Rot.

Bei den Senioren und mobilitätseingeschränkten Personen steigern sich an allen Signalisierungsformen die Anteile der Fußgänger, die gegen Rot laufen, deutlich. Da die Gruppe der mobilitätseingeschränkten Personen nicht oder kaum beschleunigen kann, beeinflusst vor allem die Länge der Freigabezeit in Relation zur Überquerungslänge die Anteile der gegen Rot Laufenden.

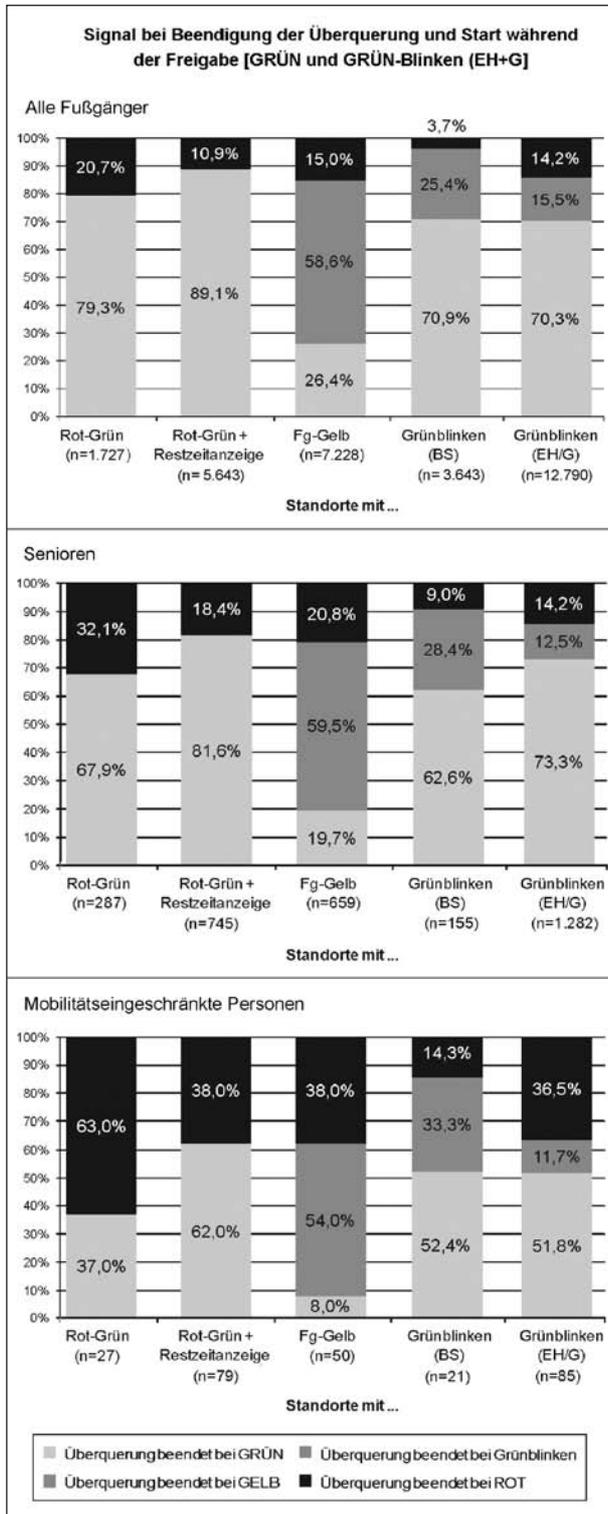


Bild 8-13: Signalbild beim Überquerungsende und Start während der Freigabezeit

8.3 Interaktionen mit Kfz-Verkehren

8.3.1 Signaltechnisch gesicherte Ströme

Interaktionen zwischen signaltechnisch gesicherten Strömen können dann auftreten, wenn sich Fahrzeugführer oder Fußgänger regelwidrig verhalten, indem sie ihre Signale nicht beachten.

In den Fällen, in denen Fußgänger bei Grün den Überquerungsvorgang starten und gegen Rot laufen, können grundsätzlich auch Interaktionen mit dem die Furt kreuzenden Kfz-Verkehr auftreten, wenn Fußgänger langsamer gehen, als es der im Programm angesetzten Räumgeschwindigkeit entspricht, bzw. Kfz-Verkehr Rotlichtübertretungen begeht. Bei den Fallbeispielen konnten derartige konfliktbehaftete Interaktionen jedoch nicht beobachtet werden.

Standorte mit Grün-Rot-Signalisierung

An den Standorten mit der herkömmlichen Grün-Rot-Signalisierung konnten in diesem Sinne keine Auffälligkeiten festgestellt werden. Signalmissachtungen führten hierbei zu keinen erkennbaren Reaktionen oder geringer räumlicher Nähe zwischen den Verkehrsteilnehmern.

Standorte mit Restzeitanzeige

Beim Standort Kurt-Schumacher-Straße mit Restzeitanzeige kam es bei zwei gemeinsam gehenden Rot-Wagnisläufern zu einer Verkehrsauffälligkeit, indem das herannahende Fahrzeug leicht abbremsen musste. Außerdem begannen drei Nachläufer zu laufen, eine erkennbare Reaktion von Seiten der Fahrzeugführer erfolgte nicht, da immer noch ein ausreichend großer Abstand bestand.

Standorte mit Fußgänger-Gelb

Auch bei den Standorten mit Fußgänger-Gelb gab es keine besonderen Verkehrsauffälligkeiten. Fußgänger, die bei Rot losliefen, sicherten sich gut ab und querten nur bei ausreichend großen Zeitlücken oder liefen bis zur Hälfte der Furt und ließen gerade anfahrende Fahrzeuge durchfahren.

Standorte mit Grünblinken

Auffälligkeiten gab es am Standort Basel-Centralbahnplatz. Aufgrund der unterschiedlichen Freigabezeiten zweier Linksabbiegefahrstreifen und zweier Geradeausfahrstreifen kommt es teilweise zu irritierenden und unübersichtlichen Situationen. In einem Fall querte ein Rot-Wagnisläufer von der Mittelinsel kommend vor bereits stehenden Linksabbiegern (Lieferwagen), sodass er keine Sicht auf einen herannahenden Pkw des noch frei gegebenen Geradeausstroms hatte. Durch das Beschleunigen des überquerenden Fußgängers konnte ein

Konflikt vermieden werden. Bei einem Konflikt der Schwerstufe I starteten zwei Fußgänger aus dem Seitenraum noch bei Rot die Überquerung, da die Linksabbieger bereits zum Stehen kamen. Ein freigegebener, geradeaus fahrender Pkw musste vor der Fußgängerfurt deutlich abbremsen.

8.3.2 Bedingt verträgliche Ströme

Bei den elf Fallbeispielen mit bedingt verträglicher Signalisierung der Abbiegeverkehre wurden insgesamt 3.116 Umläufe mit in der Summe 7.899 abbiegenden Kraftfahrzeugen ausgewertet.

In etwas weniger als der Hälfte der Umläufe (1.485) kam es überhaupt zu einem Zusammentreffen zwischen querenden Fußgängern und abbiegenden Kraftfahrzeugen. In den übrigen 52 % der Umläufe bog das Fahrzeug in einem so großen zeitlichen Abstand ab, dass der Verkehrsablauf beider Verkehre nicht beeinflusst wurde und weder Fußgänger noch Kraftfahrer aufeinander reagieren mussten. Hierzu zählen auch die Fälle, in denen es keine querenden Fußgänger und/oder abbiegenden Kraftfahrzeuge gab. Im Vergleich der einzelnen Anlagen gibt es aber eine große Bandbreite der Anteile von Umläufen ohne Aufeinandertreffen von Fußgängern und Kraftfahrzeugen (19 % bis 84 %) (Bild 8-14).

In 1.485 Umläufen kam es zwischen 4.544 abbiegenden Kraftfahrzeugen und querenden Fußgän-

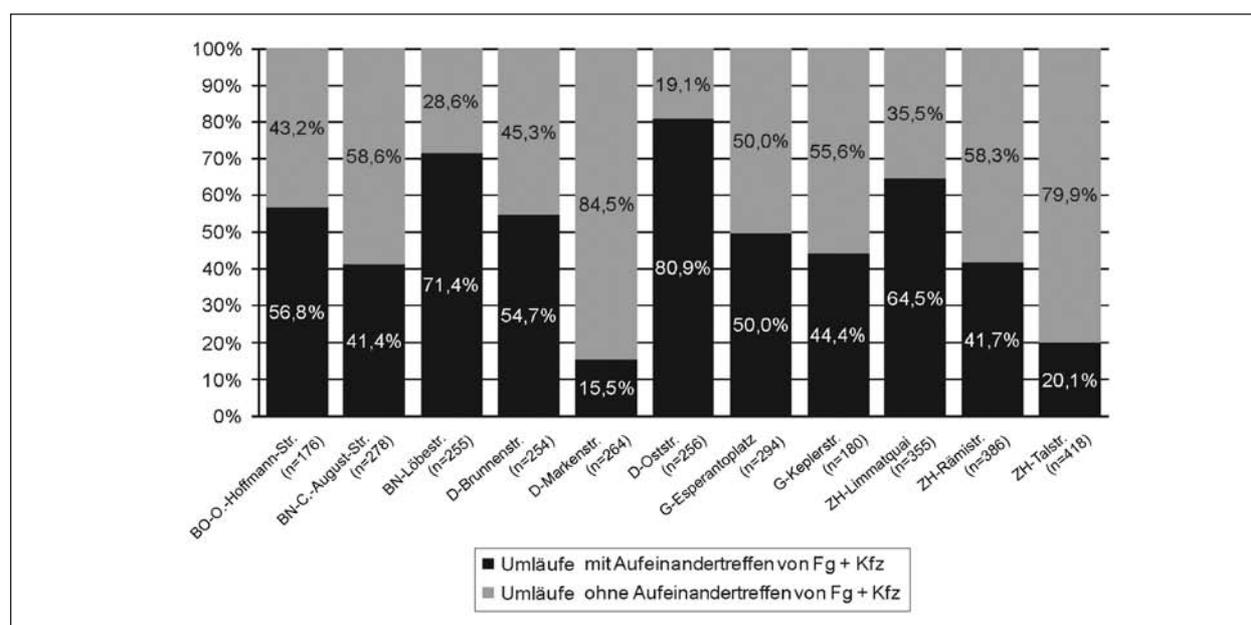


Bild 8-14: Anteil der Umläufe mit einem Aufeinandertreffen querender Fußgänger und abbiegender Kfz

gern zu einem gleichzeitigen Eintreffen an der potenziellen Konfliktfläche. 99 % dieser Umläufe (1.470) verliefen mit unauffälligen Interaktionen. Kraftfahrzeuge fuhren dabei mit angepasster Geschwindigkeit an die Furt heran, blieben rechtzeitig stehen und ließen Fußgänger passieren. Oftmals entscheidend war dabei das Verhalten des Pulkführers, nach dem sich auch die folgenden Fahrzeuge richten mussten.

Insgesamt wurden 14 Verkehrsauffälligkeiten und Konflikte zwischen Fußgängern und Kraftfahrern bei den Abbiegevorgängen beobachtet (vgl. Tabelle 8-6).

Bei 10 der 14 Fälle wurde die notwendige Interaktion von den Kraftfahrern provoziert, indem zu schnell an die Furt herangefahren wurde oder versucht wurde, noch zügig vor querenden Fußgängern abzubiegen.

Vier Interaktionen wurden von Fußgängern mitverursacht, die ihren Überquerungsvorgang nicht eindeutig anzeigten, bei Gelb plötzlich auf die Fahrbahn traten oder unaufmerksam die Fahrbahn betraten.

Untersuchungsfallbeispiele	Verkehrsauffälligkeiten	Konflikte Schwerestufe I	Konflikte Schwerestufe II
Bochum	0	0	0
O.-Hoffmann-Str.	0	0	0
Bonn	1	2	1
C.-August-Str.	0	1	0
Löbestraße	1	1	1
Düsseldorf	4	1	1
Brunnenstraße	2	0	1
Markenstraße	1	0	0
Oststraße	1	1	0
Graz	0	0	1
Esperantoplatz	0	0	1
Keplerstraße	0	0	0
Zürich	2	1	0
Limmatquai	1	0	0
Rämistraße	0	1	0
Talstraße	1	0	0
Gesamt	7	4	3

Tab. 8-6: Interaktionen bei bedingt verträglichen Signalisierungen zwischen Fußgängern und Kraftfahrern

8.4 Fußgängergeschwindigkeiten

8.4.1 Standorte mit Grün-Rot-Signalisierung

Über die drei Fallbeispiele mit Grün-Rot-Signalisierung wurde bei den Überquerungsvorgängen eine mittlere Gehgeschwindigkeit von 1,42 m/s ermittelt. Rund 85 % der Fußgänger waren dabei schneller als die im Regelfall bei den signaltechnischen Berechnungen anzuwendende Räumgeschwindigkeit von 1,2 m/s.

Ein deutlich anderes Bild ergibt sich bei den Geschwindigkeiten der älteren und mobilitätseingeschränkten Menschen. 15 % der Fußgänger aus diesen Gruppen waren langsamer als 1,08 m/s bzw. 0,76 m/s. Bei den mobilitätseingeschränkten Personen waren es sogar 85 %, die langsamer als mit 1,19 m/s querten.

Bei den Rot-Wagnisläufern (Mittelwert 1,66 m/s) und Rot-Nachläufern (Mittelwert 1,64 m/s) traten die signifikant höchsten Geschwindigkeiten auf (Signifikanzniveau 0,05).

	Mittelwert	v _{min}	v _{max}	v ₁₅	v ₈₅
Gesamt	1,42	0,58	4,47	1,21	1,62
Fg-Hauptgruppe	1,46	0,66	4,47	1,26	1,64
Senioren	1,26	0,74	2,20	1,08	1,45
Mobilitätseingeschränkte	0,94	0,58	1,28	0,76	1,19

Tab. 8-7: Geschwindigkeiten [m/s] an Standorten mit Grün-Rot-Signalisierung nach Nutzergruppe

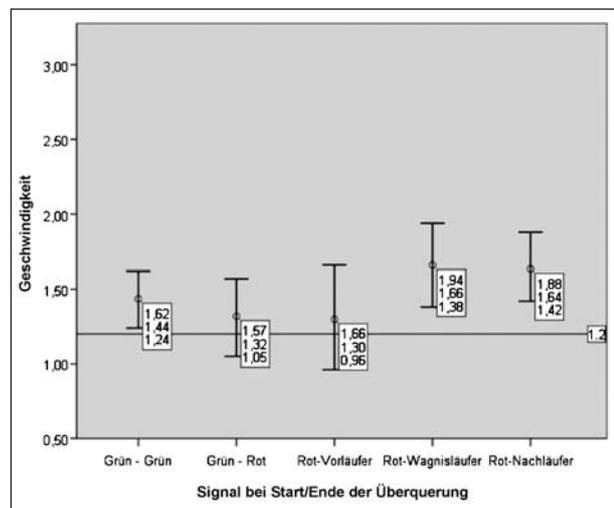


Bild 8-15: Geschwindigkeiten (m/s; v₈₅/Mittelwert/v₁₅) an Standorten mit Grün-Rot-Signalisierung nach Signalisierungszustand über alle Fußgänger

Signifikant schneller liefen auch die Fußgänger, die während des Grün-Signals komplett die Furt überqueren konnten (Mittelwert 1,44 m/s), gegenüber Fußgängern, die gegen Rot liefen (Mittelwert 1,32 m/s). Es konnte nicht nachgewiesen werden, dass der Signalwechsel auf Rot zu einem insgesamt schnelleren Überquerungsvorgang führt.

8.4.2 Standorte mit Restzeitanzeige

An den beiden Anlagen mit Restzeitanzeige wurde in der Zusammenfassung aller Gruppen eine mittlere Gehgeschwindigkeit von 1,30 m/s ermittelt, die v_{15} liegt bei 1,07 m/s.

Auch an diesen Anlagen sind bei den Senioren und mobilitätseingeschränkten Personen deutlich niedrigere Geschwindigkeiten festzustellen. Bei den Senioren liegt der Mittelwert bei 1,14 m/s, 15 % erreichen bis zu 0,93 m/s. 85 % der mobilitätseingeschränkten Personen laufen nicht schneller als 1,07 m/s, im Mittel sind es 0,91 m/s.

	Mittelwert	v_{min}	v_{max}	v_{15}	v_{85}
Gesamt	1,30	0,47	3,87	1,07	1,52
Fg-Hauptgruppe	1,34	0,47	3,87	1,14	1,53
Senioren	1,14	0,56	2,23	0,93	1,33
Mobilitätseingeschränkte	0,91	0,56	1,33	0,72	1,07

Tab. 8-8: Geschwindigkeiten [m/s] an Standorten mit Restzeitanzeige nach Nutzergruppe

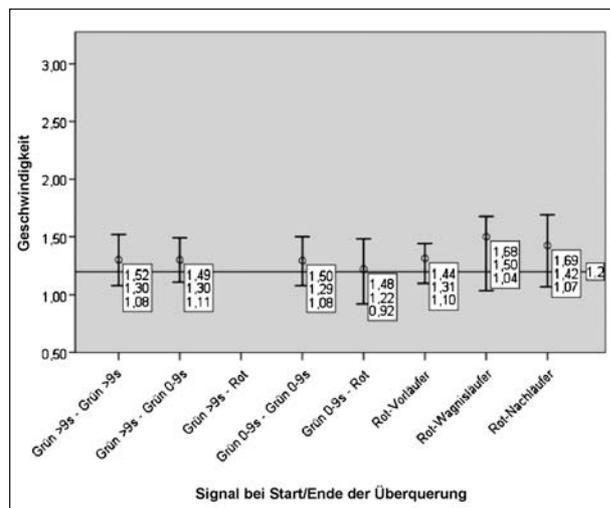


Bild 8-16: Geschwindigkeiten (m/s; v_{85} /Mittelwert/ v_{15}) an Standorten mit Restzeitanzeige nach Signalisierungszustand über alle Fußgänger

Im Vergleich der Signalisierungszustände während der Überquerung sind die Geschwindigkeiten der gegen Rot Laufenden signifikant (Signifikanzniveau 0,05) niedriger als bei den Fußgängern, welche die Querung noch bei Grün beenden. Da bei den gegen Rot Laufenden viele Senioren und mobilitätseingeschränkte Personen sind, ist dies nicht verwunderlich, aber doch ein Zeichen dafür, dass das gegen Rot Laufen nicht zu einer Beschleunigung führt.

Die höchsten Geschwindigkeiten werden bei den Rot-Wagnisläufern und Rot-Nachläufern erreicht.

8.4.3 Standorte mit Fußgänger-Gelb

In Zürich und Düsseldorf wurde eine mittlere Gehgeschwindigkeit aller Fußgänger von 1,39 m/s ermittelt. 85 % der Fußgänger erreichten eine Geschwindigkeit von 1,17 m/s.

Bei den Senioren liegt der Mittelwert bei 1,23 m/s, 15 % sind nicht schneller als 1,05 m/s, bei den mo-

	Mittelwert	v_{min}	v_{max}	v_{15}	v_{85}
Gesamt	1,39	0,68	4,01	1,17	1,59
Fg-Hauptgruppe	1,41	0,78	4,01	1,20	1,60
Senioren	1,23	0,70	2,22	1,05	1,41
Mobilitätseingeschränkte	1,06	0,68	2,68	0,78	1,26

Tab. 8-9: Geschwindigkeiten an Standorten mit Fußgänger-Gelb nach Nutzergruppe

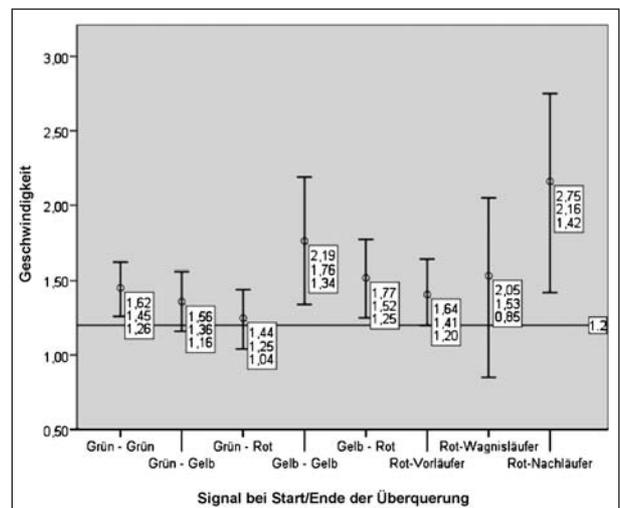


Bild 8-17: Geschwindigkeiten (m/s; v_{85} /Mittelwert/ v_{15}) an Standorten mit Fußgänger-Gelb nach Signalisierungszustand über alle Fußgänger

bilitätseingeschränkten Personen sind 15 % nicht schneller als 0,78 m/s. In dieser Gruppe liegt der Mittelwert bei 1,06 m/s.

Bei Differenzierung nach Signalisierungszuständen ist festzustellen, dass in der Fußgänger-Hauptgruppe und bei den Senioren die Gelb-Läufer signifikant (Signifikanzniveau 0,05) schneller queren als diejenigen, die während Grün starten. In der Fußgänger-Hauptgruppe waren die Rot-Läufer insgesamt am schnellsten, bei den Senioren waren es die Gelb-Läufer.

Auch wenn einzelne Fußgänger beobachtet wurden, die nach dem Signalwechsel von Grün auf Gelb deutlich schneller liefen, so ist generell festzustellen, dass bei Grün gestartete Fußgänger, die gegen Gelb oder Rot liefen, in der Summe langsamer sind. Während ein Teil der Fußgänger aus der Hauptgruppe ggf. keinen Anlass darin sieht, beim Signalwechsel schneller zu queren, oder den Signalwechsel während des Überquerungsvorgangs nicht bemerkt, so lässt sich bei großen Teilen der Senioren und bei den mobilitätseingeschränkten Personen vermuten, dass diese aus physischen Gründen nicht beschleunigen können.

8.4.4 Standorte mit Grünblinken

An den Anlagen mit Grünblinken wurde eine mittlere Gehgeschwindigkeit von 1,40 m/s ermittelt. 15 % waren langsamer als 1,17 m/s.

Bei den Senioren liegen der Mittelwert bei 1,23 m/s und die v_{15} bei 1,06 m/s. Die mobilitätseingeschränkten Personen erreichen im Mittel 1,00 m/s, 85 % sind nicht schneller als 1,20 m/s.

Die wenigen Fußgänger (7), die während des Grünblinkens die gesamte Furt überqueren, sind erwartungsgemäß die deutlich schnellste Gruppe. Ansonsten sind auch die bei Grünblinken Startenden und die Rot-Läufer signifikant (Signifikanzniveau 0,05) schneller als die Grün-Läufer.

Bei Senioren und mobilitätseingeschränkten Personen gibt es zwischen den Überquerungsvorgängen mit unterschiedlichen Signalisierungszuständen (Start bei Grünblinken oder Rot) keine signifikanten Geschwindigkeitsunterschiede. Fußgänger aus diesen Gruppen, die bei Grünblinken oder Rot laufen, zählen zu den langsamsten Fußgängern. Auch hier wird deutlich, dass viele Senioren und mobilitätseingeschränkte Personen nicht beschleunigen können.

	Mittelwert	v_{\min}	v_{\max}	v_{15}	v_{85}
Gesamt	1,40	0,61	4,37	1,17	1,62
Fg-Hauptgruppe	1,43	0,67	4,37	1,20	1,63
Senioren	1,23	0,65	2,20	1,06	1,40
Mobilitätseingeschränkte	1,00	0,61	2,12	0,73	1,20

Tab. 8-10: Geschwindigkeiten an Standorten mit Grünblinken nach Nutzergruppe

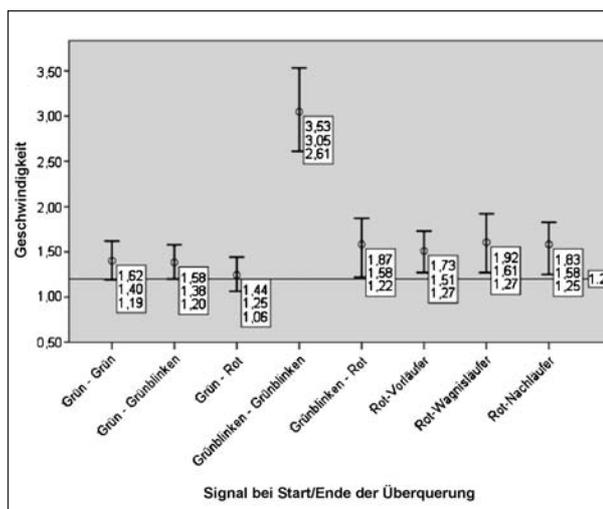


Bild 8-18: Geschwindigkeiten (m/s; v_{85} /Mittelwert/ v_{15}) an Standorten mit Grünblinken nach Signalisierungszustand über alle Fußgänger

8.4.5 Zusammenfassung der Werte

Im Mittel aller erfassten Geschwindigkeiten überqueren die Fußgänger die Furten mit einer Gehgeschwindigkeit von 1,38 m/s. Das Spektrum der Geschwindigkeiten liegt dabei zwischen 0,47 und 4,47 m/s. Als 15%-Geschwindigkeit wurde ein Wert von 1,16 m/s ermittelt.

Die Gruppe der Senioren erreicht eine mittlere Gehgeschwindigkeit von 1,22 m/s. Die v_{15} dieser Gruppe liegt bei 1,04 m/s.

Die heterogen zusammengesetzte Gruppe der mobilitätseingeschränkten Personen erreicht im Mittel eine Gehgeschwindigkeit von 0,98 m/s. Die 15%-Geschwindigkeit dieser Gruppe liegt bei einem äußerst niedrigen Wert von 0,75 m/s. Während Nutzer von Rollstühlen deutlich schneller sind und ähnliche Geschwindigkeiten wie Fußgänger aus der Hauptgruppe erreichen, sind Menschen mit Gehhilfen wie z. B. einem Rollator oder einem Gehstock sowie blinde Menschen (sehr kleine Fallzahl) mit mittleren

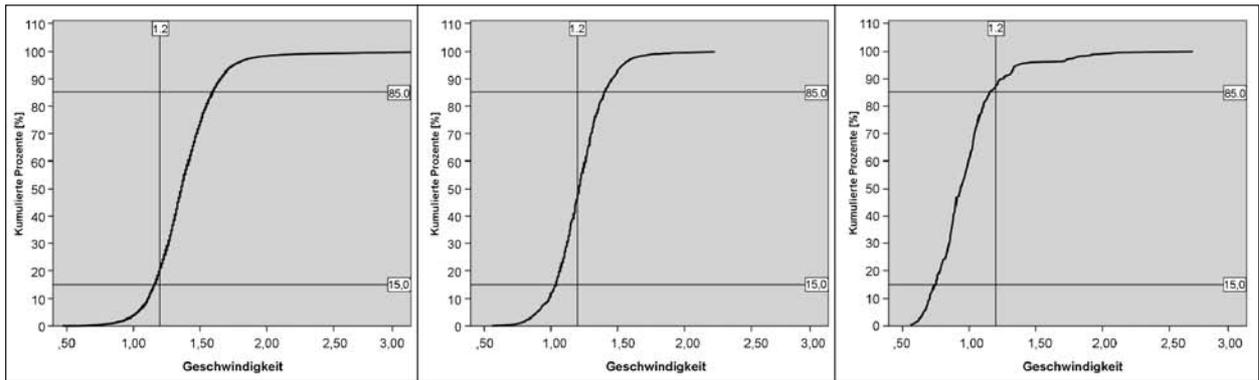


Bild 8-19: Gehgeschwindigkeiten – alle Fußgänger (links), Senioren (mittig), mobilitätseingeschränkte Personen (rechts) [kumulierte Prozente]

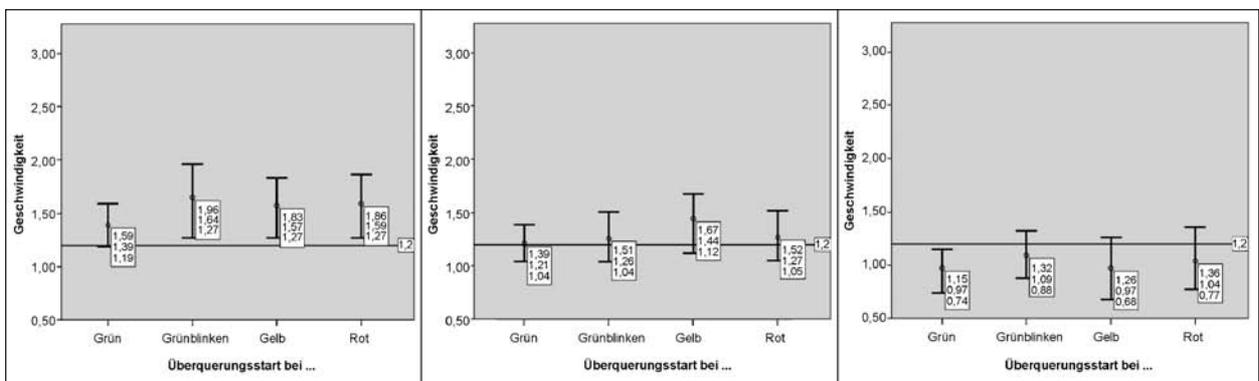


Bild 8-20: Gehgeschwindigkeiten (m/s; v_{85} /Mittelwert/ v_{15}) Fußgänger-Hauptgruppe (links), Senioren (mittig), mobilitätseingeschränkte Personen (rechts) nach Signalisierungszustand bei Überquerungsbeginn

	Mittelwert	v_{min}	v_{max}	v_{15}	v_{85}	N
Gesamt	1,38	0,47	4,47	1,16	1,59	14.204
Fußgänger-Hauptgruppe	1,41	0,47	4,47	1,20	1,61	12.316
Senioren	1,22	0,56	2,23	1,04	1,40	1.613
Mobilitätseingeschränkte	0,98	0,56	2,68	0,75	1,15	275
... mit ...						
E-Rollstuhl	1,41	0,97	2,68	1,04	1,92	21
Rollstuhl	1,30	0,82	1,91	0,95	1,80	13
hinkende Person	0,99	0,56	1,73	0,74	1,20	38
Gehstock	0,94	0,62	1,36	0,76	1,10	91
Unterarmgehstütze	0,92	0,59	1,34	0,73	1,12	62
Blinden-Langstock	0,88	0,86	0,90	0,86	0,90	2
Rollator	0,85	0,58	1,15	0,70	0,98	48

Tab. 8-11: Gehgeschwindigkeiten [m/s] über alle Standorte nach Nutzergruppe

Gehgeschwindigkeiten im Bereich von 0,9 m/s deutlich langsamer.

Im Vergleich der Anlagen unterschiedlicher Signalisierungsformen zeigt sich eine relative Ausgegli-

Signalisierungsform	Mittelwert	v_{min}	v_{max}	v_{15}	v_{85}	N
Grün – Rot	1,42	,58	4,47	1,21	1,62	1.777
Restzeitanzeige	1,30	,47	3,87	1,07	1,52	2.079
Fußgänger-Gelb	1,39	,68	4,01	1,17	1,59	5.578
Grünblinken	1,40	,61	4,37	1,17	1,62	4.770

Tab. 8-12: Gehgeschwindigkeiten [m/s] über alle Standorte nach Nutzergruppe

chenheit der ermittelten Gehgeschwindigkeiten aller Fußgänger. Die Mittelwerte liegen im Vergleich der Signalisierungsformen zwischen 1,30 und 1,42 m/s.

Die Analyse der Geschwindigkeiten differenziert nach dem Signalisierungszustand zeigt auf, dass Fußgänger, die bei Grünblinken, Gelb oder Rot queren, deutlich schneller sind als Fußgänger, die bei Grün queren. Diese Signale besitzen also dann eine beschleunigende Wirkung, wenn während des Aufleuchtens dieser Signale der Überquerungsvorgang vom Fahrbahnrand gestartet wird. Diese Aussage trifft in vollem Umfang auf die Fußgänger-Hauptgruppe zu.

Eine statistisch abgesicherte erhöhte Geschwindigkeit wurde bei den Senioren nur in den Fällen nachgewiesen, in denen diese bei Gelb querten. Rot-Läufer und Senioren, die bei Grünblinken querten, sind gegenüber Grün-Läufern nicht signifikant schneller. Insbesondere bei den Rot-Läufern liegen jedoch auch geringe Fallzahlen vor.

Die Ergebnisse bei den mobilitätseingeschränkten Personen zeigen auf, dass die Personen aus dieser Gruppe ihre Gehgeschwindigkeit nicht oder nur in sehr geringem Umfang erhöhen können. Zwischen den Überquerungsvorgängen unterschiedlicher Signalisierungszustände konnten bei dieser Gruppe keine signifikanten Geschwindigkeitsunterschiede festgestellt werden.

8.5 Mindestgrünzeiten

Die in der Literatur häufig angesprochene Problematik des Laufens gegen Rot hängt in hohem Maße von der Länge der Grünzeit ab, da ein Großteil der Fußgänger die Überquerung bei Grünbeginn startet.

Nach RiLSA 2010 darf die Mindestfreigabezeit bei Fußgängern nicht kürzer als 5 s sein. Sie muss aber so lang sein, dass mindestens die halbe Furtlänge überquert werden kann (bei Furten mit akustischen Zusatzeinrichtungen die gesamte Furtlänge). Bei zwei hintereinander liegenden Furten (Fahrbahntrennung) sollte die Fußgängerfreigabezeit so lang sein, dass die längste Furt, die Mittelinsel und die Hälfte der zweiten Furt überquert werden können. In der RiLSA werden jedoch keine Gehgeschwindigkeiten genannt, mit der die Mindestfreigabezeit berechnet werden soll.

8.5.1 Zuwegzeiten

Bei Berechnung der Mindestfreigabezeiten wird bislang nicht die Zeit berücksichtigt, die an der Signalanlage wartende Fußgänger benötigen, um auf den Signalwechsel auf Grün zu reagieren und bis an den Fahrbahnrand zu gelangen.

Die Auswertung einer kleinen Stichprobe hat zum Ergebnis, dass Fußgänger zum Teil recht lange brauchen, um von ihrer Warteposition im Seitenraum den Fahrbahnrand zu erreichen, an dem sie dann die eigentliche Überquerung starten. Im Mittel der analysierten Fußgänger wurde hierzu eine Zeit von 2,4 s benötigt. Insbesondere mobilitäts-

	Mittelwert	t_{\min}	t_{\max}	N
Gesamt	2,4	1,0	6,3	124
Fußgänger-Hauptgruppe	2,3	0,9	6,8	95
Senioren	2,3	1,1	4,1	23
Mobilitätseingeschränkte	3,4	2,2	5,9	6

Tab. 8-13: Zuwegzeiten bis zum Bordstein [s]

eingeschränkte Personen „verloren“ mit durchschnittlich 3,4 s noch deutlich mehr von der Freigabezeit.

Die vereinzelt aufgetretenen hohen Werte bei der Fußgänger-Hauptgruppe kamen dadurch zustande, dass einzelne Fußgänger unaufmerksam waren, weil sie sich z. B. während der Wartezeit um ihre Kinder (im Kinderwagen) kümmerten und erst später das Grün-Signal wahrnahmen.

Bei Senioren konnte beobachtet werden, dass Einzelne versuchten, längere Überquerungswege zu vermeiden, und sich aus diesem Grund (gefährlich) nahe an der Bordsteinkante aufstellten.

8.5.2 Notwendige Gehgeschwindigkeiten während der Mindestgrünzeiten

An den untersuchten Standorten zeigt sich, dass die Anforderungen der RiLSA an die Mindestfreigabezeit erfüllt sind. An allen Anlagen können Fußgänger mit (teilweise moderater Gehgeschwindigkeit) während der (erfassten kürzesten) Freigabezeit die Hälfte der Furt überqueren. Die Spanne der hierfür notwendigen berechneten Gehgeschwindigkeiten liegt an den einzelnen Anlagen zwischen 0,4 und 1,2 m/s.

Berücksichtigt man jedoch eine durchschnittliche Zuwegzeit von 2,4 s, die benötigt wird, um überhaupt die Überquerung der Fahrbahn beginnen zu können, so müssen an einzelnen Anlagen Gehgeschwindigkeiten von (teilweise deutlich) mehr als 1,2 m/s erreicht werden, um während der Grünzeit die Hälfte der Furt zu überqueren (s. Tabelle 8-14). Zumindest an diesen Anlagen besitzen langsame Fußgänger somit nur geringe Chancen, während der Freigabezeit bis zur Mitte der Furt zu kommen. Das Laufen gegen Rot (bzw. Gelb) wird an diesen Anlagen für viele Fußgänger zur Regel.

Standort	Während Grün zu überquerende Mindestlänge nach Kapitel 2.7.4 RiLSA [m]	notwendige Gehgeschwindigkeit, um RiLSA-Anforderung zu erfüllen [m/s]	
		ohne Zuwegzeit	mit Zuwegzeit 2,4 s
BS – Centralbahnplatz*	21,8	0,9	1,1
BS – Feldbergstraße	5,0	0,8	1,4
BO – Kortumstraße*	17,2	0,7	0,8
BO – Kurt-Schumacher-Platz*	18,7	0,8	0,9
BO – Oskar-Hoffmann-Straße	7,8	0,4	0,4
BN – Clemens-August-Straße	5,3	0,4	0,5
BN – Löbestraße	7,8	0,6	0,7
D – Brunnenstraße	6,8	1,1	1,9
D – Markenstraße	7,1	0,9	1,3
D – Oststraße	7,0	1,0	1,5
EH – Mathildelaan*	16,5	0,7	0,8
EH – Stationsplein*	12,5	1,0	1,2
G – Esperantoplatz	5,3	0,5	0,7
G – Keplerstraße	6,5	0,5	0,6
ZH – Limmatquai	7,1	0,5	0,6
ZH – Rämistraße	5,8	1,2	2,2
ZH – Talstraße	5,5	0,6	0,8

* mit Fahrbahnteiler

Tab. 8-14: Notwendige Gehgeschwindigkeiten in Relation von Furlänge und Mindestfreigabezeit an den Fallbeispielen [m/s]

8.5.3 Überquerungslängen während der Mindestgrünzeiten

Unter Berücksichtigung der ermittelten v_{15} an den einzelnen Fallbeispielen lässt sich errechnen, welche theoretischen Überquerungslängen von 85 % der Fußgänger während der Grünzeit (bei verkehrsabhängiger Steuerung die kürzest erhobene Grünzeit) erreicht werden können. Die Differenz zwischen diesen berechneten Überquerungslängen und der nach den RiLSA-Anforderungen zu erreichenden Mindestlängen gibt einen Hinweis darauf, ob die gewählten Grünzeiten an den untersuchten Anlagen ausreichend sind.

Tabelle 8-15 zeigt diese Überquerungslängendifferenz mit und ohne Einbeziehung der durchschnittlichen Zuwegzeiten je Personengruppe.

- Restliche Freigabezeit = (kürzeste) Freigabezeit – Zuwegzeit,
- Überquerungslänge = v_{15} Personengruppe [m/s] x restliche Freigabezeit,

- Überquerungslängendifferenz = Überquerungslänge – Mindestlänge nach RiLSA.

Auf Grundlage der durchschnittlich ermittelten v_{15} über alle Fußgänger erscheint es an keiner Anlage ein Problem zu sein, während der Freigabezeit die Furtmitte zu erreichen. Legt man die an den Anlagen ermittelte durchschnittliche v_{15} der Seniorengruppe zu Grunde, erkennt man an einzelnen Anlagen bereits, dass Senioren während der Grünzeit rechnerisch nicht die Furtmitte erreichen können. Bei den mobilitätseingeschränkten Personen kommen weitere Anlagen hinzu, auf die diese Aussage zutrifft.

Wird für die einzelnen Personengruppen noch die durchschnittliche Zuwegzeit hinzugerechnet, ist klar zu erkennen, dass an vielen Anlagen Fußgänger, die mit der jeweils ermittelten 15%-Gehgeschwindigkeit queren, nicht die Furtmitte während der Grünzeit erreichen. Auf die Gruppe der Senioren und mobilitätseingeschränkten Personen trifft dies in weitaus stärkerem Maße zu.

Standort	Überquerungslängendifferenz [m]					
	ohne Zuwegzeit			mit durchschnittlicher Zuwegzeit je Personengruppe		
	alle Fußgänger	Senioren	Mobilitäts- eingeschränkte	alle Fußgänger	Senioren	Mobilitäts- eingeschränkte
BS – Centralbahnplatz*	8,6	5,1	-1,3	5,0	3,0	-4,2
BS – Feldbergstraße	2,0	0,3	0,7	-0,7	-1,7	-2,4
BO – Kortumstraße*	9,2	6,6	1,3	6,6	4,5	-0,7
BO – Kurt-Schumacher-Platz*	5,3	2,5	-3,5	1,9	-0,1	-5,0
BO – Oskar-Hoffmann-Straße	16,7	14,3	7,5	13,3	11,7	5,5
BN – Clemens-August-Straße	11,1	9,1	4,4	8,6	6,4	2,1
BN – Löbestraße	9,5	7,2	3,5	6,1	5,1	0,7
D – Brunnenstraße	0,1	-0,6	-2,0	-2,5	-3,1	-4,7
D – Markenstraße	1,9	1,0	-1,1	-0,9	-1,4	-3,4
D – Oststraße	0,9	0,1	-1,8	-1,9	-2,3	-4,5
EH – Mathildelaan*	11,9	10,2	4,7	9,4	7,4	2,0
EH – Stationsplein*	2,0	1,5	-3,4	-0,8	-0,7	-5,8
G – Esperantoplatz	6,5	4,9	0,7	3,8	2,4	-1,3
G – Keplerstraße	10,2	8,3	5,1	7,4	6,4	2,0
ZH – Limmatquai	11,6	9,8	8,6	8,0	6,9	4,5
ZH – Rämistraße	0,1	-0,4	-0,7	-2,7	-2,8	-4,2
ZH – Talstraße	5,4	4,8	2,4	2,4	1,9	-0,5

*mit Fahrbahnteiler

Tab. 8-15: Überquerungslängendifferenz zwischen errechneter möglicher Überquerungslänge (auf Basis ermittelter v_{15}) und Überquerungslänge nach RiLSA-Anforderung (halbe Furt) während der Grünzeit [m]

9 Befragungen von Fußgängern an den Fallbeispielen

9.1 Grundlagen

Die Befragungen der Fußgänger fanden zunächst von Juli bis Oktober 2010 in den drei deutschen Städten (Bonn, Bochum, Düsseldorf) statt. Auf Grundlage der Erfahrungen aus diesen Befragungen wurde der Fragebogen angepasst. Daraufhin fanden die weiteren Erhebungen in den Niederlanden (Eindhoven), in der Schweiz (Zürich) und in Österreich (Graz) im März 2011 statt.

In den ausgewählten Städten wurden die verschiedenen Formen der Fußgängersignalisierung untersucht:

- An den Befragungsstellen in Bonn und Bochum wird die deutsche Standardsignalisierung für Fußgänger (Grün – Rot) angewendet. In Bochum wird zudem die verbleibende Restrot- und Restgrünzeit in Sekunden angezeigt.

- In Düsseldorf und Zürich wird das Fußgänger-Gelb eingesetzt.
- In Eindhoven und Graz kommt das Grünblinken zum Einsatz.

Insgesamt wurden 600 Fußgänger an Lichtsignalanlagen befragt, davon 200 je Signalisierungsform. Die Verteilung auf die Untersuchungsstädte und Fallbeispiele ist Kapitel 7.1 zu entnehmen.

59 (10 %) aller 600 Befragten sind 0 bis 17 Jahre alt, 439 (73 %) aller Befragten sind 18 bis 60 Jahre alt und 102 (17 %) Befragte sind älter als 60 Jahre. 297 der Befragten sind weiblich und 303 männlich.

9.2 Reisezweck und Ortskenntnis

Als Reisezweck (Mehrfachnennung möglich) wurde in den deutschen Städten überwiegend Einkauf/ Erledigungen (146 Nennungen) genannt. Der Reisezweck Arbeit/Ausbildung/Schule wurde von 82 der 300 befragten Fußgänger angegeben, gefolgt

von Freizeit/Erholung/Besuch (69 Nennungen). Im Ausland wurde nicht nach dem Reisezweck befragt.

Über die Hälfte (60 %) der 600 Befragten kennt die Fußgängerfurt, da sie fast täglich oder mehrmals pro Woche an der LSA vorbeikommen (355 Nennungen). Bei den Furten in Bochum, Zürich und Eindhoven, die nahe an den jeweiligen Bahnhöfen liegen, gab über ein Viertel der Befragten standortbedingt an, dass sie unregelmäßig/selten an der LSA vorbeikommen.

9.3 Rechtliches und tatsächliches Verhalten

Die Fußgänger wurden nach dem rechtlichen und ihrem tatsächlichen Verhalten an LSA befragt:

- Wann darf man nach den Verkehrsregeln die Fahrbahn betreten?
- Wie verhalten Sie sich diesbezüglich im Alltag?

Fast alle der 600 Fußgänger wissen, dass sie bei Grün ihren Querungsvorgang starten dürfen. Nur 10 von 600 Befragten meinen fälschlicherweise, dass ein Querungsvorgang auch gestartet werden darf, wenn es gerade Rot geworden ist. Nur einer von 100 Fußgängern in Düsseldorf, aber immerhin 12 von 100 Befragten in Zürich denken zudem irrtümlicherweise, dass auch bei Gelb mit dem Querungsvorgang begonnen werden darf (Bild 9-1). In Eindhoven und Graz wussten 97 von 200 Befragten nicht, dass sie auch bei Grünblinken starten dürfen (Bild 9-2).

Entgegen diesem Regelwissen räumten jedoch knapp 60 % der Befragten in Bonn und Bochum (117 von 200) ein, auch zu starten, wenn es gerade Rot geworden ist. Auch wenn es schon länger Rot ist, gaben in Bonn und Bochum noch 78 von 200 Fußgängern an, auch schon mal bei Rot zu gehen.

Obwohl das Betreten der Fahrbahn während Gelb sowohl in Düsseldorf als auch Zürich nicht erlaubt ist, gaben 51 der 100 Befragten in Düsseldorf und 63 der 100 Befragten in Zürich an, ihren Querungsvorgang auch dann zu beginnen, wenn es gerade Gelb geworden ist. Dazu zählen anteilig deutlich seltener die Senioren (> 60 Jahre). Wenn es schon länger Gelb ist, reduziert sich die Anzahl der Gelbläufer deutlich. 60 Züricher gaben an, bei Gelb schneller als sonst zu gehen (Bild 9-3).

Bei Grünblinken gaben in Eindhoven und Graz jeweils rund 80 der 100 Befragten an, den Überquerungsvorgang noch zu starten. Sie überqueren dann in der Regel schneller als sonst die Fahrbahn. Für beide Städte ist auffällig, dass größtenteils die Personen über 60 Jahre nicht mehr beim Grünblinken starten möchten.

Die Fußgänger wurden weiterhin nach dem rechtlichen und nach ihrem tatsächlichen Verhalten an LSA bei Signalwechsel befragt:

- Was müssen Sie machen, wenn das Signal von Grün auf Rot bzw. Grün auf Gelb bzw. Grün auf Grünblinken springt?
- Wie verhalten Sie sich im Alltag?

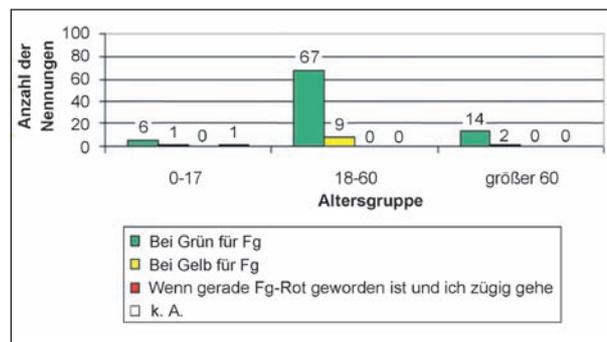


Bild 9-1: Zürich: Wann dürfen Sie als Fg die Straße nach den Verkehrsregeln zum Starten des Querung betreten?

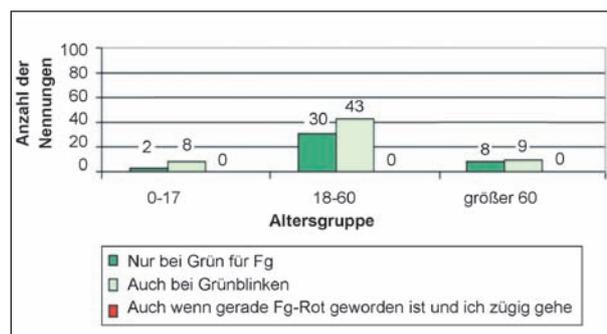


Bild 9-2: Graz: Wann dürfen Sie als Fg die Straße nach den Verkehrsregeln zum Starten des Querung betreten?

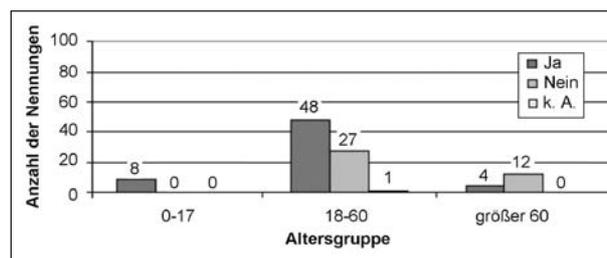


Bild 9-3: Zürich: Bei Gelb überquere ich die Fahrbahn zügiger als sonst

In Bonn und Bochum (herkömmliche Grün-Rot-Signalisierung) wussten jeweils 97 % der Befragten, dass sie weiter über die Fahrbahn gehen sollen, wenn sie sich auf der Fahrbahn befinden und das Signal von Grün auf Rot springt. In Düsseldorf und in Zürich gaben insgesamt nur 4 der Befragten an, umdrehen zu müssen, wenn das Signal von Grün auf Gelb wechselt. Die meisten Personen kennen also die Verkehrsregeln. In Zürich war man sich jedoch uneinig, ob man dann normal schnell oder zügiger weitergehen muss. Ähnlich wenige Fußgänger meinten in Eindhoven (3 %) und Graz (nur 1 Befragter), sie müssten umdrehen, wenn das Signal von Grün auf Grünblinken springt. Während in Eindhoven überwiegend die Meinung vertreten wurde, dass man während des Grünblinkens schneller gehen muss, teilte sich in Graz diese Antwort auf normal schnell bzw. zügiger weitergehen auf.

Entgegen diesem Regelwissen gaben jedoch knapp 20 % der Befragten in Bonn und Bochum (39 von 200) an, schon mal auf der Fahrbahn umgedreht zu haben, wenn das Signal von Grün auf Rot springt. In Düsseldorf gaben 19 von 100 Fußgängern an, dass sie auch schon mal auf der Fahrbahn umgedreht sind, als das Fußgängersignal von Grün auf Gelb gesprungen ist. In Zürich waren es lediglich 3 Personen. Beim Wechsel des Signals von Grün auf Grünblinken drehten nach Angaben der Befragten in Eindhoven und Graz jeweils 8 % der Befragten schon mal um. Das „Umdrehen“ ist in keiner Stadt einer bestimmten Altersgruppe zuzuordnen.

9.4 Räumzeit

Den Fußgängern wurde erläutert, was die Räumzeit ist. In Bonn, Bochum, Düsseldorf und Zürich wurde befragt, wie die Fußgänger diese Räumzeit empfinden.

In Eindhoven und Graz wurden die Fußgänger befragt, wie sie das Gehen während Grünblinkens beurteilen. Bei den Antworten bedeutete die Note „1“ sicher und Note „6“ unsicher.

Das Empfinden der Fußgänger, in der Räumzeit die Fahrbahn zu überqueren, lag in Bonn bzw. Bochum im Durchschnitt bei der Note 3,0 bzw. 3,2. Hier waren es in erster Linie die jungen 0- bis 17-Jährigen, die schlechtere Noten abgaben: 3,3 in Bonn bzw. 4,1 in Bochum.

In Düsseldorf schätzen die Befragten das Gehen gegen Gelb durchschnittlich mit 3,2 ein. Knapp

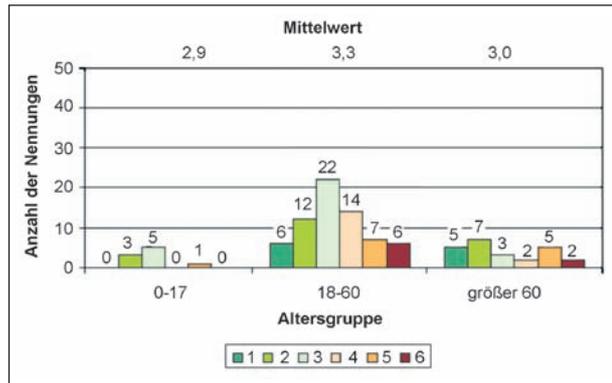


Bild 9-4: Düsseldorf: Wie empfinden Sie als Fußgänger ganz allgemein dieses Weiterlaufen bei Gelb? Noten: sicher 1..2..3..4..5..6 unsicher

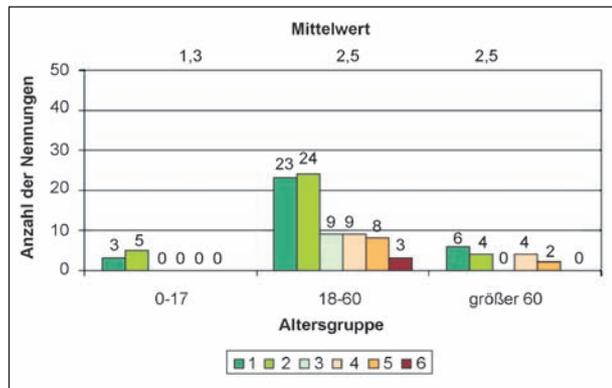


Bild 9-5: Zürich: Wie empfinden Sie als Fußgänger ganz allgemein dieses Weiterlaufen bei Gelb? Noten: sicher 1..2..3..4..5..6 unsicher

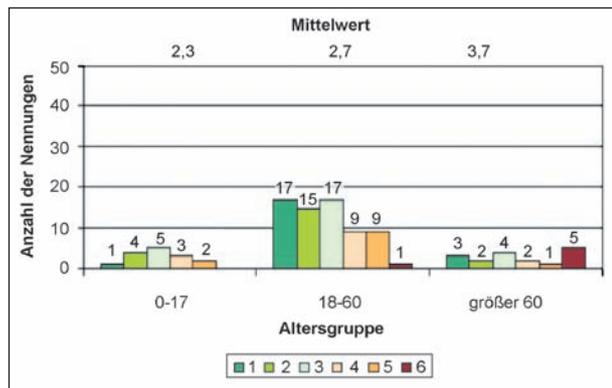


Bild 9-6: Eindhoven: Wie empfinden Sie als Fußgänger ganz allgemein dieses Weiterlaufen bei Grünblinken? Noten: sicher 1..2..3..4..5..6 unsicher

40 % der Erwachsenen bewerteten das Gehen gegen Gelb mit Noten von 4 bis 6 (vgl. Bild 9-4). Dabei gab es keine Auffälligkeiten bzgl. der Altersgruppen. In Zürich wurde das subjektive Sicherheitsempfinden beim Gehen bei Gelb positiver eingestuft: Im Durchschnitt lag es bei der Note 2,5 (vgl. Bild 9-5).

In Eindhoven und Graz stuften die Befragten das Weiterlaufen bei Grünblinken durchschnittlich mit 2,9 bzw. 2,6 ein (vgl. Bild 9-6). In Graz fiel dabei deutlich auf, dass besonders die über 60-Jährigen eine schlechte Einstufung mit 3,7 abgaben.

9.5 Vergleich der Signalisierungsformen

Die Fußgänger wurden vergleichend befragt, ob sie die jeweilige Signalisierungsform besser finden als die herkömmlichen Lösungen mit Grün-Rot-Signalisierung.

In Bochum fanden 86 % der Befragten die Anzeige der verbleibenden Restzeit (Rot und Grün) in Sekunden besser als Anlagen ohne Angabe der Sekunden.

In Düsseldorf bzw. Zürich fanden 90 bzw. 87 der jeweils 100 Fußgänger die Anzeige der Räumzeit durch das Gelbsignal besser als die herkömmliche Signalisierung in Deutschland. Auffällig in Düsseldorf war, dass dies sowohl alle jungen als auch alle älteren Befragten meinten.

In Eindhoven waren die Antworten auf die Frage, ob die Befragten das Grünblinken besser finden, als wenn nur Grün ohne Blinken angezeigt würde, weniger stark ausgeprägt. Nur 59 von 100 Befragten bevorzugten in Eindhoven das Grünblinken. 21 Personen war es egal. Das Erhebungspersonal merkte diesbezüglich an, dass es den befragten Fußgängern gar nicht so bewusst war, dass neben dem Grün auch ein Grünblinken an der Ampel vorhanden ist. Für viele Befragte war das ein und dasselbe. In Graz hingegen fanden 83 von 100 Personen das Grünblinken besser, als wenn nur Grün ohne Blinken angezeigt werden würde.

Tendenziell wird deutlich, dass die Fußgänger in der Regel die Signalisierung, die sie kennen, auch positiver bewerten.

9.6 Dauer der Schaltzustände

Die Fußgänger wurden befragt, wie sie die Dauer der verschiedenen Schaltzustände empfinden. Es wurde nach der

- Grünzeit,
- Grün + Gelbzeit und
- Grün + Grünblinkenzeit,
- Rotzeit (nur deutsche Städte)

gefragt. Aufbauend auf dem Schulnotenprinzip konnte mit der Note „1“ für „Dauer ist ausreichend lang“ bis Note „6“ für „Dauer zu kurz“ geantwortet werden.

Bei der Frage nach der Dauer der Rotzeit konnte mit der Note „1“ für „Dauer ist o. k.“ bis Note „6“ für „Dauer zu lang“ geantwortet werden.

In Bonn wurden die Dauer der Grünzeit durchschnittlich positiv mit der Note 2,2 und die Rotzeit etwas schlechter mit der Note 2,6 bewertet. In Bochum (Count-Down-Anlage) lag der Mittelwert bei der Frage nach der Dauer der Grünzeit bei 3,0, obwohl hier tatsächlich mit 23 s eine verhältnismäßig lange Grünzeit gegeben war. Für beide Städte ist auffällig, dass die Gruppe der 0- bis 17-Jährigen die schlechtesten Noten vergaben: Die Grünzeit war ihnen zu kurz, die Rotzeit zu lang.

In Düsseldorf wurde die Dauer der Grünzeit durchschnittlich schlecht mit der Note 3,6 eingestuft (Bild 9-7 und Bild 9-8). Es war damit die schlechteste Ein-

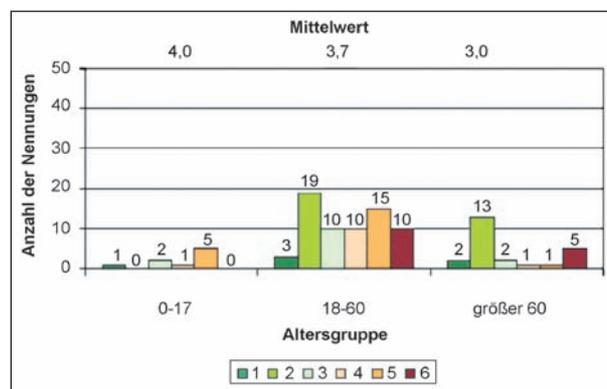


Bild 9-7: Düsseldorf: Wie empfinden Sie die Grünzeit für Fußgänger an dieser Ampel? Noten: Grünzeit ausreichend lang 1..2..3..4..5..6 Grünzeit zu kurz

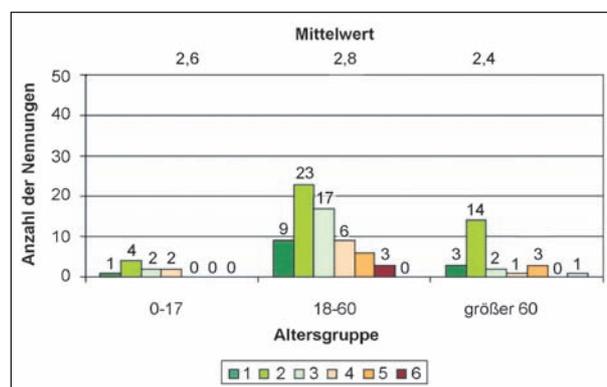


Bild 9-8: Düsseldorf: Wie empfinden Sie die Länge des Grün + Gelb an dieser Ampel? Grün + Gelbzeit ausreichend lang 1..2..3..4..5..6 Grün + Gelbzeit zu kurz

stufung von allen Städten. Dies entspricht auch den tatsächlich bestehenden nur kurzen Grünzeiten an den Befragungsstellen in Düsseldorf. Bei der Betrachtung der Grün + Gelbzeit stieg in Düsseldorf die Bewertung auf durchschnittliche 2,7 – also um eine Note – an. Auch die Rotzeit wurde von den Befragten in Düsseldorf mit der Note 3,6 eher schlecht bewertet.

In Zürich empfanden die Befragten die Dauer der Grünzeit besser als in Düsseldorf und gaben durchschnittlich die Note 2,8. Die gleiche vergleichende Tendenz zeigt sich auch bei der Abfrage nach der Dauer der Grün + Gelbzeit, die in Zürich mit der Note 2,5 beurteilt wurde.

In Eindhoven wurde die Dauer der Grünzeit durchschnittlich mit der Note 3,0 eingestuft. Bei der Betrachtung der Grün + Grünblinkenzeit stieg die Bewertung durchschnittlich auf 2,6. In Graz beurteilten die Befragten die Länge der Grünzeit im Mittel mit 3,4 und die Länge der Grün + Grünblinkenzeit mit durchschnittlich 2,7. Die schlechteste Benotung gaben bei beiden Abfragen auch hier die 0- bis 17-Jährigen.

Über alle Städte und über alle einzuschätzenden Schaltzustände fiel i. d. R. auf, dass die Altersgruppe 0-17 Jahre die schlechtesten Noten, die Altersgruppe 18-60 Jahre die mittleren Noten und die Altersgruppe größer 60 Jahre die besten Noten vergaben.

9.7 Subjektive Sicherheit

In Deutschland wurden die Fußgänger noch zum Thema „Sicherheit“ befragt. Dabei ging es sowohl um die subjektive Empfindung des Befragten an der LSA als auch um die Frage, ob die Fußgänger bereits eine gefährliche Situation an dieser oder einer anderen LSA in der jeweiligen Stadt erlebt haben.

In Bonn und Bochum wurde die subjektive Sicherheitsempfindung auf einer Notenskala von 1 (sicher) bis 6 (unsicher) durchschnittlich positiv mit der Note 1,9 bzw. 2,0 eingestuft. In Düsseldorf wurde das subjektive Sicherheitsempfinden schlechter, und zwar im Mittel mit der Note 2,7 bewertet.

Die Frage, ob die Fußgänger bereits eine gefährliche Situation an dieser oder einer anderen LSA in der jeweiligen Stadt erlebt haben, bejahten in Bonn 61 %, in Bochum 45 % und in Düsseldorf 55 % der

Befragten. Dazu zählten die Befragten im Einzelnen folgende Situationen auf:

- Konflikte zwischen Kfz-Abbiegern und Fußgängern,
- Missachtung des Rotlichts vom Autofahrer.

9.8 Abbiegende Kraftfahrer und parallel gehende Fußgänger

An den Standorten mit herkömmlicher Fußgänger-Signalisierung Grün – Rot in Bonn und Bochum wurden die Fußgänger mit Führerscheinbesitz (n = 148) auch nach typischen Abbiegesituationen und dem Verhalten beim Abbiegen als Kraftfahrer gefragt. Gefragt wurde: „Wenn ich als Autofahrer abbiege und die Fußgänger-Ampel gerade rot geworden ist, muss ich dann die Fußgänger vorlassen oder nicht?“

15 Befragte in Bonn und 10 Befragte in Bochum meinten irrtümlicherweise, dass man die Fußgänger, die sich auf der Fahrbahn bei Rot für Fußgänger befinden, nicht mehr vorlassen muss. Das sind immerhin knapp 17 %.

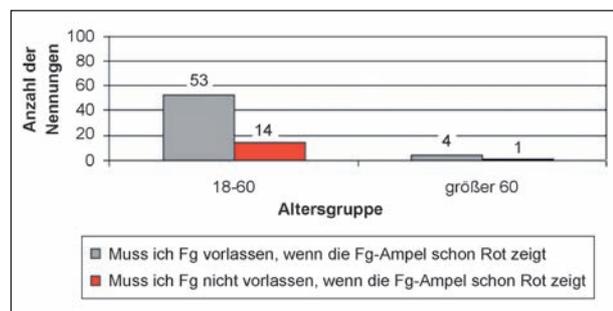


Bild 9-9: Bonn (Frage nur an Fußgänger mit Führerscheinbesitz): Wenn ich als Autofahrer rechts oder links abbiege ...

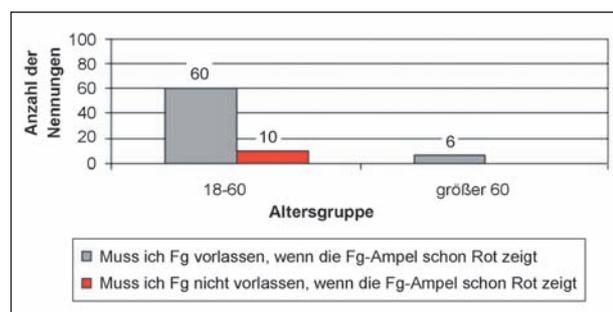


Bild 9-10: Bochum (Frage nur an Fußgänger mit Führerscheinbesitz): Wenn ich als Autofahrer rechts oder links abbiege

10 Unfalluntersuchungen

10.1 Makroskopische Unfalluntersuchung in Düsseldorf

Die Unfallanalyse in Düsseldorf bezieht sich auf einen 5-jährigen Zeitraum (2006-2010). Die Abfrage nach polizeilich erfassten Unfällen konzentrierte sich auf das gesamte Stadtgebiet Düsseldorfs. Es wurden ausschließlich Unfälle mit Fußgängerbeteiligung an Lichtsignalanlagen betrachtet. Die digitalen Unfalllisten wurden von der Autobahnpolizei Düsseldorf zur Verfügung gestellt.

10.1.1 Unfallanzahl

Im fünfjährigen Betrachtungszeitraum ereigneten sich insgesamt 931 Unfälle mit Fußgängerbeteiligung an LSA. Dies entspricht je Unfalljahr etwa einem Anteil von 2,2 % bis 2,6 % an allen polizeilich erfassten Unfällen in der Stadt Düsseldorf (vgl. Tabelle 10-1). Zwischen den Jahren 2006 und 2009 ist ein Rückgang der Anzahl der Unfälle mit Fußgängerbeteiligung zu erkennen, während zum Jahr 2010 hin ein leichter Anstieg zu verzeichnen ist.

Bei 11 der 931 Unfälle war die Lichtsignalanlage außer Betrieb.

10.1.2 Unfallzeit (Monat, Tag, Uhrzeit)

Eine Betrachtung der Unfallmonate zeigt, dass sich über 60 % der 931 Unfälle mit Fußgängerbeteiligung in der „dunklen“ Jahreszeit (Oktober bis März) ereigneten (vgl. Bild 10-1).

In Bild 10-2 ist die Unfallverteilung nach Wochentagen dargestellt. Deutlich erkennbar ist eine annähernde Gleichverteilung der Unfälle auf die Werktage (Montag bis Freitag). Am Wochenende ereigneten sich ca. 16 % der insgesamt 931 Unfälle mit

Fußgängerbeteiligung an LSA. Das Unfallgeschehen war sonntags gering.

Unfalljahr	2006	2007	2008	2009	2010
Unfälle mit Fg	196	192	193	170	180
Unfälle gesamt	7.567	8.051	7.770	7.882	8.033
Anteil U (Fg) an U (gesamt)	2,6 %	2,4 %	2,5 %	2,2 %	2,2 %

Tab. 10-1: Fußgängerunfälle und alle Unfälle in Düsseldorf 2006-2010 (Quelle: Autobahnpolizei Düsseldorf)

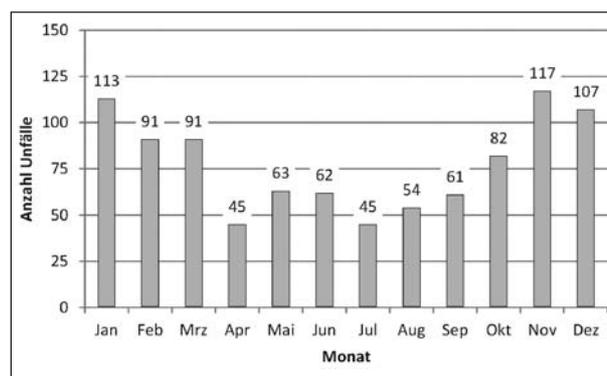


Bild 10-1: Unfallmonat aller Unfälle mit Fußgängerbeteiligung an LSA 2006-2010 (Quelle: Autobahnpolizei Düsseldorf)

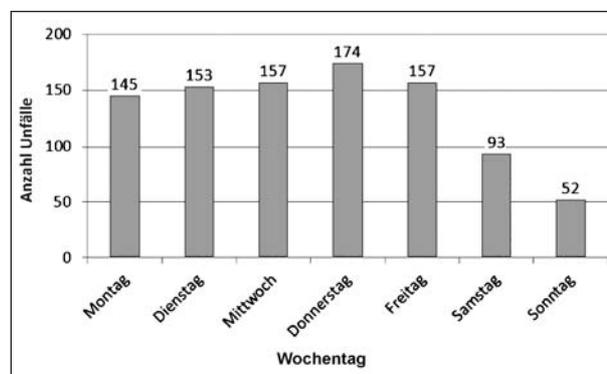


Bild 10-2: Unfallwochentag aller Unfälle mit Fußgängerbeteiligung an LSA 2006-2010 (Quelle: Autobahnpolizei Düsseldorf)

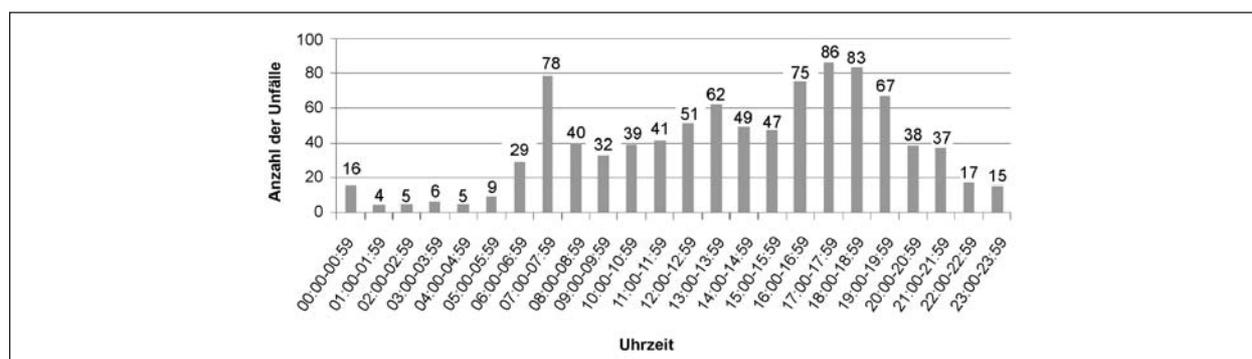


Bild 10-3: Unfalluhrzeit aller Unfälle mit Fußgängerbeteiligung an LSA 2006-2010 (Quelle: Autobahnpolizei Düsseldorf)

Hinsichtlich der Verteilung über den Tag ist eine morgendliche Unfallschwere zur üblichen Verkehrsspitzenzeit zwischen 7:00 und 7:59 Uhr zu erkennen. Vormittags bleiben die Unfallzahlen auf einem konstanten Niveau, um dann zur nachmittäglichen Spitzenzeit wieder anzusteigen (vgl. Bild 10-3).

10.1.3 Unfalltyp und Unfallursachen

Häufigster Unfalltyp ist das Überschreiten (Unfalltyp 4) mit 59 %. Ebenfalls sehr oft vertreten bei den Unfällen mit Fußgängerbeteiligung an LSA waren Abbiegeunfälle (35 %). Dies weist auf die Bedeutung des Konfliktes mit bedingt verträglich abbiegenden Kfz hin, deren Freigabezeit gleichzeitig mit den Fußgängern abläuft. Die übrigen Unfalltypen haben keine Bedeutung (vgl. Bild 10-4).

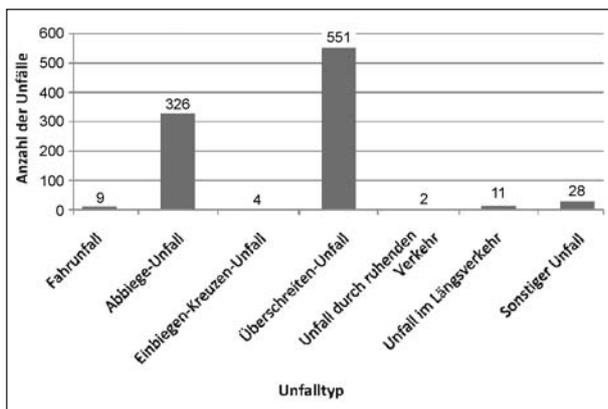


Bild 10-4: Unfalltyp aller Unfälle mit Fußgängerbeteiligung an LSA 2006-2010 (Quelle: Autobahnpolizei Düsseldorf)

Als Hauptverursacher wurde bei etwa der Hälfte der 931 Unfälle ein Pkw-Fahrer eingestuft. 40 % der Unfälle wurden allerdings auch durch den Fußgänger verursacht. Lkw und Radfahrer sind in jeweils nur 3 % der Unfälle die Hauptverursacher. Andere Verkehrsmittel bzw. Verkehrsteilnehmer sind nur in wenigen Fällen die Unfallverursacher.

Kfz als Verursacher

Für Fahrer von Kfz wurden insgesamt 755 Unfallursachen genannt. In 60 % der Fälle war falsches Verhalten gegenüber Fußgängern an Fußgänger-Furten bzw. beim Abbiegen die Ursache. Weitere 20 % der Unfälle mit Fußgängerbeteiligung waren auf das Fahren unter Alkoholeinfluss seitens des Kfz-Führers zurückzuführen (vgl. Bild 10-5).

Rad als Verursacher

Bei den relativ wenigen Radfahrern als Unfallgegner von Fußgängern wurden insgesamt nur 35 Ursachen benannt. Eindeutige Hauptunfallursachen können jedoch nicht benannt werden (vgl. Bild 10-6).

Fußgänger als Verursacher

Insgesamt wurden 526 Unfallursachen für Fußgänger aufgeführt. Als häufigste Unfallursachen sind zu nennen: falsches Verhalten an Knotenpunkten, die durch Lichtsignalanlagen geregelt sind, sowie falsches Verhalten der Fußgänger beim Überschreiten der Fahrbahn, ohne auf den Verkehr zu achten

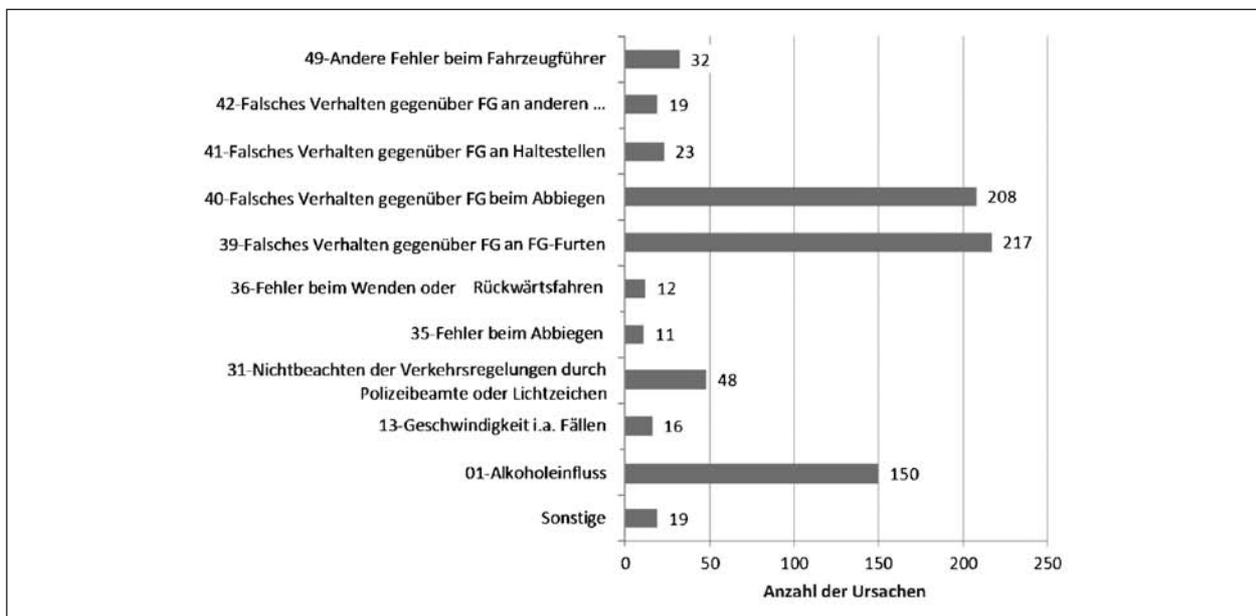


Bild 10-5: Unfallursache beim Kfz aller Unfälle mit Fußgängerbeteiligung an LSA 2006-2010 (Quelle: Autobahnpolizei Düsseldorf)

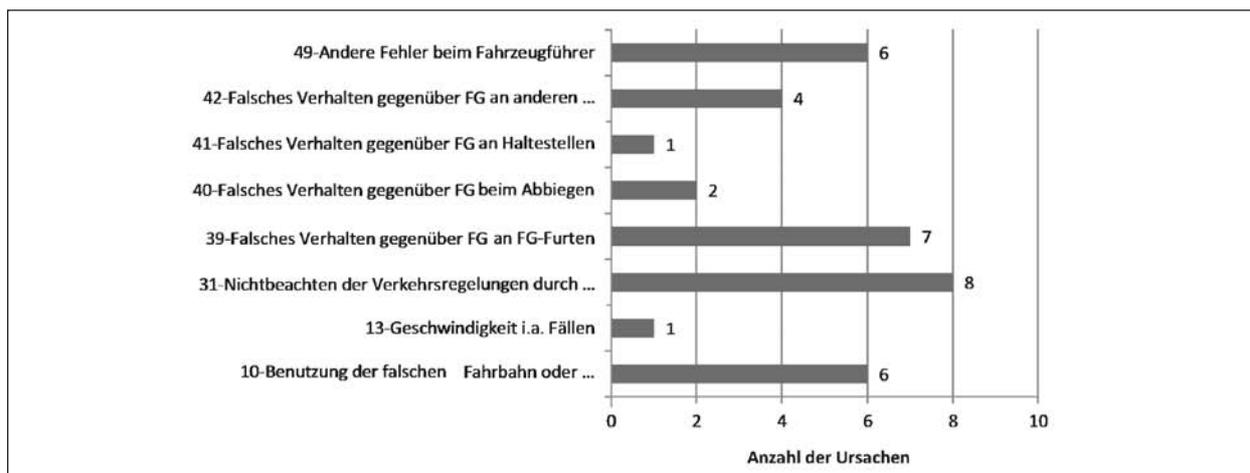


Bild 10-6: Unfallursache beim Radfahrer aller Unfälle mit Fußgängerbeteiligung an LSA 2006-2010 (Quelle: Autobahnpolizei Düsseldorf)

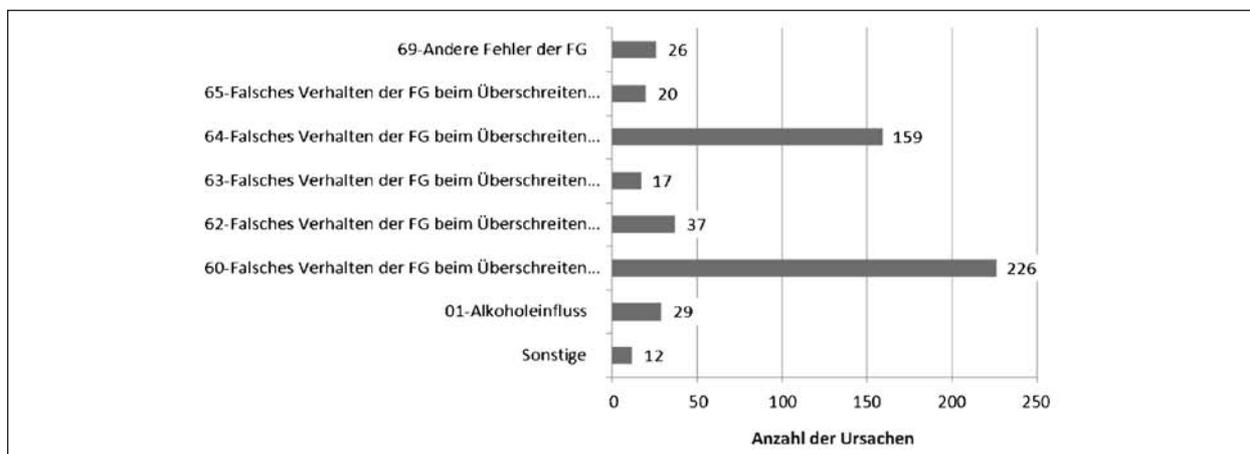


Bild 10-7: Unfallursache beim Fußgänger aller Unfälle mit Fußgängerbeteiligung an LSA 2006-2010 (Quelle: Autobahnpolizei Düsseldorf)

(vgl. Bild 10-7). Eine weitere Unfallursache ist die Verkehrsteilnahme unter Alkoholeinfluss seitens der Fußgänger.

10.1.4 Unfallfolge

Im Stadtgebiet Düsseldorf wurden bei den 931 Unfällen im fünfjährigen Untersuchungszeitraum 1.012 Personen verletzt und 16 Personen getötet.

Die Zahl der Leichtverletzten schwankt seit 2007 zwischen rund 140 und 155 Leichtverletzten (vgl. Bild 10-8). Hinsichtlich der Entwicklung der Anzahl der Schwerverletzten ist ein positiver Trend erkennbar. Zwar gab es zwischen 2006 und 2007 einen Anstieg von 44 auf 62 Schwerverletzte, seitdem ergibt sich jedoch eine rückläufige Tendenz. Die Anzahl der getöteten Fußgänger bewegt sich zwischen 2006-2010 auf einem Niveau zwischen zwei und fünf Getöteten.

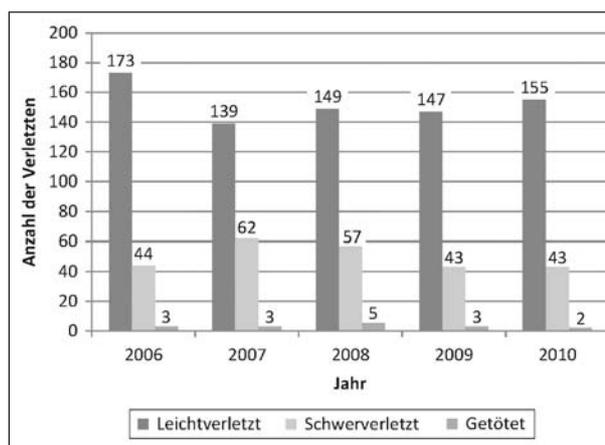


Bild 10.8: Verletzte und Getötete nach Jahren aller Unfälle mit Fußgängerbeteiligung an LSA 2006-2010 (Quelle: Autobahnpolizei Düsseldorf)

Bild 10-9 stellt die Zahl der insgesamt bei den 1.028 Unfällen verletzten und getöteten Verkehrsteilnehmer (Kraftfahrer, Radfahrer, Fußgänger) denen

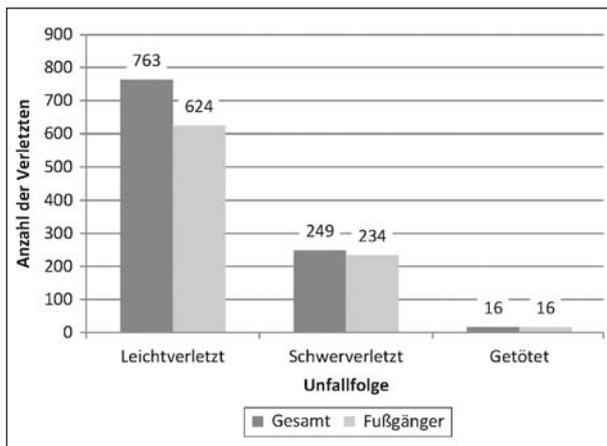


Bild 10.9: Anzahl aller verletzten und getöteten Personen und Anzahl aller verletzten und getöteten Fußgänger aller Unfälle mit Fußgängerbeteiligung an LSA 2006-2010 (Quelle: Autobahnpolizei Düsseldorf)

der verletzten und getöteten Fußgänger gegenüber. Dabei wird deutlich, dass hauptsächlich Fußgänger bei den 931 Unfällen verletzt oder getötet wurden.

10.1.5 Vergleich mit anderen Untersuchungen

Kenngröße (SV + GT)/100 LSA

Im Jahre 1997 wurde vom Ministerium für Wirtschaft, Technologie und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen (NRW) ein Untersuchungsbericht über die Umfrage zu Unfällen mit Fußgängerbeteiligung an 512 Lichtsignalanlagen in NRW veröffentlicht. Die Ergebnisse wurden städte- und jahresweise verglichen.

Für die Stadt Düsseldorf wurden damals 3 getötete und 85 schwerverletzte Personen bei den Unfällen mit Fußgängerbeteiligung erhoben. Bezogen auf alle LSA ergab sich im Jahre 1996 für Düsseldorf ein außergewöhnlich hoher Wert von $(3 \text{ GT} + 85 \text{ SV})/650 \text{ LSA} = 13,54 \text{ (GT + SV)/100 LSA}$. Dem stand im Landesdurchschnitt ein Wert von 3,8 Verunglückten mit schwerem Personenschaden (100 Anlagen) gegenüber. Im Jahr 1991 ermittelte man eine Kenngröße in Höhe von 12,46 $(\text{GT} + \text{SV})/100 \text{ LSA}$. Damit war von 1991 zu 1996 ein gegenläufiger Landestrend in Düsseldorf zu verzeichnen.

Für die Jahre 2006-2010 ist die Bildung dieser Kenngröße ebenfalls möglich (vgl. Tabelle 10-2). Die Anzahl der Schwerverletzten und Getöteten ist dem Bild 10-8 zu entnehmen. Laut Abfrage bei der Stadt Düsseldorf gibt es 620 Lichtsignalanlagen,

Jahr	GT + SV	Anzahl LSA	Kenngröße (GT + SV)/100 LSA
1991	81	650	12,46
1996	88	650	13,54
2006	47	620	7,58
2007	65	620	10,48
2008	62	620	10,00
2009	46	620	7,42
2010	45	620	7,26

Tab. 10-2: Kenngröße (GT+SV)/100 LSA nach Jahren

von denen 600 stadteigen und 20 landesbetrieblich sind.

Es zeigt sich:

- Die Anzahl der Schwerverletzten und Getöteten hat sich seit 1991/1996 um knapp die Hälfte (für die Jahre 2006, 2009 und 2010) bzw. um knapp ein Drittel (2007 und 2008) verringert. Diese Entwicklung entspricht nicht ganz dem bundesweiten Trend (1991 bis 2010), bei dem sich besonders die Anzahl der Getöteten stärker reduzierte.
- Die gebildete Kenngröße $(\text{GT} + \text{SV})/100 \text{ LSA}$ zeigt, dass die Werte für die Jahre 2006-2010 zwar unter denen von 1991 bzw. 1996 liegen, sich jedoch nach wie vor auf einem hohen Niveau befinden (zum Vergleich z. B. Köln 1996: 4,3 $(\text{GT} + \text{SV})/100 \text{ LSA}$). Besonders negativ fallen die Jahre 2007 und 2008 auf, in denen die Kenngröße bei 10,48 bzw. 10,00 lag.

Zu beachten ist, dass aus den Unfalldaten keine Bewertung abzuleiten ist, ob und in welchem Umfang die Düsseldorfer Gelb-Signalisierung für das Ergebnis mitverursachend sein kann, da die genauen Signalisierungszustände den statistischen Daten nicht zu entnehmen sind. Zusammenfassend lässt sich allerdings ableiten, dass durch die Gelb-signalisierung zumindest kein Sicherheitsgewinn gegenüber der herkömmlichen Fußgängersignalisierung zu erkennen ist. Dies betrifft auch den hohen Anteil der Unfallursache „Falsches Verhalten gegenüber Fußgängern beim Abbiegen“. Auch eine weitere Kennzahl verdeutlicht, dass in Düsseldorf bzgl. der Sicherheit des Fußgängerverkehrs an Lichtsignalanlagen erhebliche Defizite bestehen. In einer Auswertung der 5 Unfalljahre 2004 bis 2008 ergibt sich für Düsseldorf mit 17 Unfällen mit Personenschaden und Beteiligung von Fußgängern an eingeschalteten Lichtsignalanlagen bezogen auf

10.000 Einwohner der landesweit unter den Großstädten in Nordrhein-Westfalen mit Abstand ungünstigste Wert. Die nächsten Städte (Aachen, Essen, Köln, Dortmund) folgen mit einem Wert von 11 bzw. 10 entsprechenden Unfällen/10.000 Einwohner (Berechnung nach ORTLEPP 2011).

10.2 Mikroskopische Unfalluntersuchung an den deutschen Fallbeispielen

10.2.1 Bochum

An den betrachteten Fallbeispielen in Bochum mit herkömmlicher Grün-Rot-Signalisierung ereignete sich im dreijährigen Untersuchungszeitraum (2007 bis 2009) ein Unfall mit Fußgängerbeteiligung am Knotenpunkt Kortumstraße/Südring. Diese Furt ist mit Restzeitanzeige ausgestattet.

Der Unfall ereignete sich im Januar 2008 um 17:30 Uhr bei Dunkelheit. Ein mit 1,72 Promille alkoholisiertes Fußgänger betrat die Fahrbahn bei Fußgänger-Rot und wurde von einem Kraftfahrzeug erfasst. Der Fußgänger wurde leicht verletzt.

An den beiden anderen Fallbeispielen in Bochum wurden keine Unfälle im dreijährigen Untersuchungszeitraum polizeilich registriert.

10.2.2 Bonn

An den betrachteten Fallbeispielen Clemens-August-Straße/Sebastianstraße und Löbestraße/Koblenzer Straße der Kontrollgruppe in Bonn (herkömmliche Grün-Rot-Schaltung) ereignete sich im dreijährigen Untersuchungszeitraum (2007 bis 2009) kein Unfall.

Im September 2010 wurde ein Unfall für die Furt am Knotenpunkt Clemens-August-Straße/Sebastianstraße polizeilich registriert: Der Unfall passierte um 22:15 Uhr bei Dunkelheit und Regen. Der bei Kfz-Grün links abbiegende Kraftfahrer übersah die Fußgängerin, die auf der Furt bei Fußgänger-Grün die Fahrbahn überquerte. Durch den Zusammenstoß wurde sie leicht verletzt.

10.2.3 Düsseldorf

An den betrachteten Fallbeispielen in Düsseldorf mit Fußgänger-Gelb ereignete sich im dreijährigen Untersuchungszeitraum (2007 bis 2009) ein Unfall mit Fußgängerbeteiligung am Knotenpunkt Immermannstraße/Oststraße.

Der Unfall ereignete sich im März 2007 um 10:15 Uhr bei Tageslicht und nassem Fahrbahnzustand. Der bei Kfz-Grün rechts abbiegende Kraftfahrer übersah den Fußgänger, der auf der Furt bei Fußgänger-Grün die Fahrbahn überquerte. Durch den Zusammenstoß wurde er leicht verletzt. An den Knotenpunkten Brunnenstraße/Suibertusstraße und Markenstraße/Kölner Straße wurden keine Unfälle im dreijährigen Untersuchungszeitraum polizeilich registriert.

11 Zusammenfassung der Ergebnisse und Folgerungen

11.1 Aufgabenstellung

Die Signalisierung des Fußgängerverkehrs erfolgt in Deutschland mit der Signalfolge Grün – Rot, verbunden mit einem Räumen der Fußgänger gegen Rot. Dies kann zu Irritationen insbesondere bei abbiegendem Kraftfahrzeugverkehr und bei Fußgängern führen und in Bezug auf die Verkehrssicherheit kritische Verhaltensweisen begünstigen.

Im Ausland wird der Übergang von der Fußgängerfreigabe zur -sperrzeit teilweise fließender gestaltet. So kommt in zahlreichen Ländern ein Grünblinken zum Einsatz, auch Gelbsignale finden Verwendung (in Deutschland auch in Düsseldorf). In einigen Städten wird den Fußgängern die verbleibende Grün- bzw. Rotzeit angezeigt.

Untersuchungsgegenstand des Forschungsvorhabens ist insbesondere die Frage einer geeigneten Signalisierung des Überganges von der Freigabezeit zur Sperrzeit des Fußgängerverkehrs. Dabei ist die Frage zu klären, inwieweit mit einer veränderten Signalisierung das Überquerungsverhalten günstig beeinflusst und die Interaktionen mit dem Kfz-Verkehr reibungsärmer gestaltet werden können. Darüber hinaus sollen auch die tatsächlichen Räumgeschwindigkeiten der Fußgänger untersucht und den in der Praxis auf Grundlage der aktuellen Regelwerke zur Anwendung kommenden gegenübergestellt werden.

11.2 Arbeitsschritte und Datenbasis

In einem ersten Arbeitsschritt wurden die im In- und Ausland zur Anwendung kommenden Signalisierungsformen des Fußgängerverkehrs auf Grundlage einer Literaturliteraturanalyse recherchiert. Dabei wur-

den sowohl die generellen Prinzipien der Signalisierung in ihren unterschiedlichen Ausgestaltungsformen als auch die Regelungen des Überganges von der Freigabe- zur Sperrzeit näher betrachtet.

Um nachzugehen, welche Formen der Fußgängersignalisierung in der Praxis eingesetzt werden und welche Erfahrungen dazu vorliegen, wurde eine Städteumfrage in 61 deutschen Städten sowie in Wien und Zürich durchgeführt. Die Auswahl der insgesamt 63 Städte wurde durch die Fachkommission Verkehrsplanung des Deutschen Städtetages unterstützt.

Aufbauend auf einer Bewertung der verschiedenen Signalisierungsformen anhand eines Kriterienkataloges wurden prinzipiell als im Sinne des Untersuchungsthemas geeignet eingestufte Lösungsansätze der Fußgängersignalisierung für vertiefende empirische Untersuchungen ausgewählt. Insgesamt wurden neben der herkömmlichen Signalisierung in Deutschland auch Signalisierungsformen

- mit einer Restzeitanzeige,
- mit Fußgänger-Gelb sowie
- mit einem Grünblinken

anhand von 17 Fallbeispielen in Deutschland, den Niederlanden, der Schweiz und in Österreich untersucht.

Mittels videogestützter Verhaltensbeobachtungen wurden über 34.000 Fußgänger in Hinblick auf das Interaktionsgeschehen mit anderen Verkehrsteilnehmern in ihren verkehrsablauf- und verkehrssicherheitsbezogenen Aspekten untersucht. Über 14.000 Fußgänger wurden in Bezug auf die Überquerungsgeschwindigkeit analysiert.

Die Befragungen von Fußgängern an den Lichtsignalanlagen dienten einer Abgrenzung anlagenspezifischer und subjektiv personenbedingter Einflüsse auf das Überquerungsverhalten. Insgesamt wurden 600 Fußgänger an Lichtsignalanlagen befragt, und zwar je 100 Fußgänger in den folgenden Untersuchungsstädten: Bonn, Bochum, Düsseldorf, Zürich, Eindhoven und Graz.

Für die deutschen Städte Bonn, Bochum und Düsseldorf wurden für einen dreijährigen Zeitraum (2007-2009) die Unfälle an den 8 untersuchten Fallbeispielen abgefragt und ausgewertet. Für die Stadt Düsseldorf wurden darüber hinaus für einen fünfjährigen Zeitraum (2006-2010) alle Unfälle mit

Fußgängerbeteiligung an Lichtsignalanlagen analysiert.

Aus der zusammenfassenden Bewertung der Untersuchungsergebnisse wurden Folgerungen in Hinblick auf die grundsätzliche Eignung der Signalisierungsformen sowie sicherheitsrelevante Verbesserungen, z. B. zur Bemessung der Räumgeschwindigkeiten und -zeiten, abgeleitet. Dabei ist zu berücksichtigen, dass es sich bei dem Vorhaben um eine Grundlagenarbeit handelt, die wesentliche Tendenzen aufzeigt, ohne jedoch alle Ergebnisse umfassend absichern zu können.

11.3 Literaturanalyse und Städtebefragung

Der Regelfall der Fußgängersignalisierung in Deutschland ist die zweifeldige Signalisierung mit der zweibegriffigen Signalfolge Grün – Rot. Die Signalgeber sind hinter der Konfliktfläche angeordnet und während des Überquerungsvorganges von Fußgängern und abbiegenden Kraftfahrern zu sehen. Die Räumgeschwindigkeit nach RiLSA 2010 beträgt i. d. R. 1,2 m/s (Schwankungsbreite von 1,0 bis 1,5 m/s). Die Schwankungsbreite kommt bei allen befragten Städten zum Einsatz.

§ 37 StVO beschreibt u. a. folgendes Verhalten für Fußgänger an Lichtsignalanlagen: „Wechselt Grün auf Rot, während Fußgänger die Fahrbahn überschreiten, so haben sie ihren Weg zügig fortzusetzen.“ Die Räumzeiten der Fußgänger laufen während des Signalisierungszustandes Rot ab, was zur Folge hat, dass Fußgänger nach dem Signalwechsel von Grün auf Rot gegen Rot laufen.

Die Literaturanalyse und die Städtebefragung zeigten, dass die in Deutschland praktizierte Fußgängersignalisierung zu Problemen bei Interaktionen zwischen dem Fußgänger- und abbiegenden Kraftfahrzeugverkehr führen kann, denn abbiegende Kraftfahrer zeigen u. U. (während der Fußgänger-räumzeit bei Rot) nicht die gebotene Rücksichtnahme gegenüber Fußgängern. Zum anderen kann die Fußgängersignalisierung insbesondere bei älteren und mobilitätseingeschränkten Menschen zu Irritationen beim „Gehen gegen Rot“ führen. Die reine Fußgängerfreigabezeit wird von den gehenden Verkehrsteilnehmern oft als zu kurz empfunden. Zu beachten ist, dass in vielen Städten auch die Mindestfreigabezeit von 5 s nach RiLSA 2010 eingesetzt wird.

Die in Hinblick auf den Übergang zwischen Fußgänger-Grün und Fußgänger-Rot im In- und Ausland zur Anwendung kommenden Signalisierungsformen sind insbesondere:

- Bei der dreifeldigen Signalisierung wird die Räumzeit mit einem Fußgänger-Gelb verdeutlicht. Diese Art der Signalisierung ist z. B. in Düsseldorf eingerichtet, wo dreifeldig vierbegriffig die Signalfolge Rot – Rot + Gelb – Grün – Gelb angezeigt wird. In Zürich wird dreifeldig dreibegriffig die Signalfolge Rot – Grün – Gelb angezeigt. Die Fußgängerräumzeit ist zum Teil im Fußgänger-Gelb und zum Teil im Fußgänger-Rot enthalten.
- Eine zweifeldige dreibegriffige Signalisierung mit Grünblinken kommt in zahlreichen Ländern zum Einsatz, zum Teil allerdings mit verschiedenen Bedeutungen. So wird mit dem Grünblinken das herannahende Ende der Freigabezeit angezeigt (z. B. Niederlande, Österreich) oder es werden damit Teile der Räumzeit signalisiert (Basel, Schweiz). Das Rotblinken in den USA signalisiert dagegen die komplette Räumzeit für die Fußgänger.
- Lichtsignalanlagen mit Restzeitanzeige zeigen in einem zusätzlichen Feld die verbleibende Wartezeit (in Sekunden) bis zum grünen Signal (Restrotanzeige) bzw. bis zum Rotsignal (Restgrünanzeige). Solche Anlagen sind in manchen Ländern die Regel, in Deutschland sieht man diesen Typ bisher selten (z. B. Bochum, Hamburg). Die deutschen Restzeitanzeigen sind an Festzeitsteuerungen gebunden und haben kei-

nen Bezug zur Räumzeit. Die Restzeitanzeigen in den USA (San Francisco), die mit dem Rotblinken kombiniert sind, zeigen die Fußgängerräumzeit.

Um die Anzeige der Restzeit auch an verkehrsabhängig gesteuerten LSA möglich zu machen, wird für eine Countdown-Regelung in den Niederlanden ein „Punktekrantz“ eingesetzt, dessen Geschwindigkeit des „Herunterwanderns“ in Abhängigkeit von der Belegungssituation und Anforderung einzelner Richtungsströme variiert.

- Die Anzeige der Freigabe- und Räumzeit der Fußgänger durch das Hilfssignal Gelbblinken für abbiegende Kraftfahrer wird flächendeckend an Knotenpunkten in Saarbrücken eingesetzt.
- Durch Fußgängersignalstandorte vor der Konfliktfläche soll die Verunsicherung der Fußgänger beim Gehen durch den Wechsel von Grün auf Rot durch das nicht mehr zu sehende Signal nach Betreten der Fahrbahn vermieden werden: Kraftfahrer können beim Abbiegen dann nicht mehr erkennen, ob die Fußgänger Grün oder Rot haben.

Diese Signalisierungsformen zeigen, dass im In- und Ausland verschiedene Lösungsansätze zum Einsatz kommen, die bewirken sollen, die Sicherheit und den Komfort für Fußgänger an Lichtsignalanlagen zu steigern. Weiterhin wird deutlich, dass sich nur ein Teil dieser Ansätze direkt auf die Regelung und Anzeige der Fußgängerräumzeit bezieht (s. Tabelle 11-1).

	HERKÖMMLICHE LICHTSIGNALANLAGE IN DEUTSCHLAND						
	A	B	C	D	E	F	G
Kfz-Signal	Grün	Gelb	Rot		Rot Gelb	Grün	
Kfz-Regelung	Fahren	Stoppen	Halten		Anfahren	Fahren	
Fußgänger-Signal	Rot			Grün	Rot	Rot	
Fußgänger-Regelung	Warten			Gehen	Räumen, nicht starten,	Warten	

Tab. 11-1: Signalisierungsformen im In- und Ausland

HERKÖMMLICHE LICHTSIGNALANLAGE IN SAARBRÜCKEN MIT GELBBLINKEN							
	A	B	C	D	E	F	G
Abbiegendes Kfz-Signal	Rot	Rot Gelb	Grün		Gelb	Rot	
Kfz-Regelung	Halten	Anfahren	Fahren		Stoppen	Halten	
Gelbblinken	Achten auf Fußgänger						
Fußgänger-Signal	Rot	Grün		Rot			Rot
Fußgänger-Regelung	Warten	Gehen		Räumen, nicht starten			Warten
FUSSGÄNGER-GELB IN DÜSSELDORF							
	A	B	C	D	E	F	G
Kfz-Signal	Grün	Gelb	Rot			Rot Gelb	Grün
Kfz-Regelung	Fahren	Stoppen	Halten			Anfahren	Fahren
Fußgänger-Signal	Rot		Rot Gelb	Grün	Gelb	Rot	
Fußgänger-Regelung	Warten			Gehen	Nicht starten; Räumen	Warten	
FUSSGÄNGER-GELB IN ZÜRICH							
	A	B	C	D	E	F	G
Kfz-Signal	Grün	Gelb	Rot				Rot Gelb
Kfz-Regelung	Fahren	Stoppen	Halten				Anfahren
Fußgänger-Signal	Rot			Grün	Gelb	Rot	
Fußgänger-Regelung	Warten			Gehen	Nicht starten; Räumen	Räumen, Warten	Warten
GRÜNBLINKEN IN DEN NIEDERLANDEN							
	A	B	C	D	E	F	G
Kfz-Signal	Grün	Gelb	Rot				Rot Gelb
Kfz-Regelung	Fahren	Stoppen	Halten				Anfahren
Fußgänger-Signal	Rot			Grün	Grünblinken	Rot	
Fußgänger-Regelung	Warten			Starten, Gehen	Starten (nur „Schnelle“), Gehen, Räumen	Räumen, Warten	Warten

Tab. 11-1: Fortsetzung

	GRÜNBLINKEN IN ÖSTERREICH							
	A	B	C	D	E	F	G	
Kfz-Signal	Grün	Gelb	Rot				Rot	Gelb
Kfz-Regelung	Fahren	Stoppen	Halten				Anfahren	
Fußgänger-Signal	Rot			Grün	Grünblinken	Rot		
Fußgänger-Regelung	Warten			Starten, Gehen	Starten, Gehen	Räumen, Warten	Warten	
	GRÜNBLINKEN IN DER SCHWEIZ							
	A	B	C	D	E	F	G	
Kfz-Signal	Grün	Gelb	Rot				Rot	Gelb
Kfz-Regelung	Fahren	Stoppen	Halten				Anfahren	
Fußgänger-Signal	Rot			Grün	Grünblinken	Rot		
Fußgänger-Regelung	Warten			Starten, Gehen	Nicht starten, 2/3 Räumen	1/3 Räumen, Warten	Warten	
	GRÜNBLINKEN IN ENGLAND (PELICAN CROSSING)							
	A	B	C	D	E	F	G	
Kfz-Signal	Grün	Gelb	Rot			Gelb-Blinken		
Kfz-Regelung	Fahren bei freier Konfliktfläche	Stoppen	Halten			Fußgänger räumen lassen		
Fußgänger-Signal	Rot			Grün	Grünblinken		Rot	
Kfz-Regelung	Warten			Gehen, wenn Kfz-Verkehr steht	Nicht starten, räumen		Warten	
	ROTBLINKEN IN SAN FRANCISCO							
	A	B	C	D	E	F	G	
Kfz-Signal	Grün	Gelb	Rot			Rot	Gelb	Grün
Kfz-Regelung	Fahren	Stoppen	Halten			Anfahren	Fahren	
Fußgänger-Signal	Rot	Grün			Rot blinkend	Rot		
Fußgänger-Regelung	Warten	Gehen			Nicht starten, Räumen	Warten		

Tab. 11-1: Fortsetzung

Die analysierten Regelungsformen wurden mittels eines Kriterienkataloges auf Grundlage der verfügbaren Erkenntnisse einer systematischen Bewertung unterzogen. Das Ergebnis zeigt Tabelle 11-2 in der Übersicht.

Anhand dieser Bewertung wurde der Schwerpunkt bei den Erhebungen alternativer Lösungsansätze auf die Regelungen mit Fußgänger-Gelb und einem

Grünblinken gelegt, wobei zu beachten ist, dass die jeweiligen Lösungsansätze in den Untersuchungsstädten auch noch in modifizierten Formen zum Einsatz kamen. Die zum Vergleich gegenübergestellten Untersuchungsfälle mit der deutschen Regellösung wurden ergänzt durch Anlagen mit Restzeitanzeigen, die den Fußgängern zusätzliche Informationen vermitteln.

Lösungsansatz		Kriterien												
		Verkehrssicherheit der Anlage	Akzeptanz der Anlage	Begreifbarkeit der Anlage für den Fg-Verkehr	Begreifbarkeit der Anlage für den Kfz-Verkehr	Verbesserung der Überquerungsbedingungen	Einpassung in Belange anderer Verkehrsteilnehmer	Kapazitätsbeeinflussende Maßnahme	Verträglich mit der Barrierefreiheit	Breite des Anwendungsbereiches	Investitionskosten/Umrüstungsaufwand	Betriebskosten	Kompatibilität mit deutschen Regelwerken/STVO	Schwerpunkt des Forschungsvorhabens
Fußgänger-Gelb	Gelbbalken: Düsseldorf	o	o	+	o	+	o	o	o	+	-	o	-	+
	Gelbbalken: Zürich	+	+	+	o	+	o	o	o	+	-	o	-	+
Fußgänger-Blinken	Grünblinken: Niederlande	+	+	+	o	+	o	+ Fg	o	+	-	o	-	+
	Grünblinken: Österreich	o	o	+	o	+	o	+ Fg	o	+	-	o	-	+
	Grünblinken: Schweiz (Basel)	+	o	+	o	+	o	o	o	+	-	o	-	+
	Grünblinken: England (Pelican)	o	o	+	o	+	o	o	o	+	-	o	-	+
	Rotblinken mit Restzeit: USA (San Francisco)	+	+	o	+	+	o	o	o	-	-	o	-	++
Fußgänger-Restzeitanzeigen	Restrotanzeige: Hamburg	+	+	+	o	+	o	o	o	-	-	o	++	-
	Restrotanzeige: Wien	+	+	+	o	+	o	+ Fg	o	-	-	o	++	-
	Restrot-/Restgrünanzeige: Bochum	+	+	+	o	+	o	o	o	-	-	o	++	-
	Countdown-Regelung: Niederlande	+	+	+	o	+	+	o	o	+	-	o	++	-
Weitere Arten	Gelbes Hilfssignal: Saarbrücken	+	+	o	+	+	o	o	o	o	-	o	+	o
	Signalstandorte vor Konfliktfläche mit Detektoren: England (puffin)	o	o	-	-	-	o	+	+	+	-	-	-	+

Tab. 11-2: Lösungsansätze für die Signalisierung des Fußgängerverkehrs nach Kriterien und Zielerreichungsgrad

11.4 Ergebnisse der Wirkungsuntersuchungen – generelle Aspekte

11.4.1 Rahmenbedingungen der Anlage und Überquerungsverhalten

Ergebnisse

- Das Fußgängerverhalten an signalisierten Fußgängerfurten wird außer von den im Rahmen dieser Untersuchung behandelten Regelungsformen von einer Reihe von Rahmenbedingungen beeinflusst:
 - Faktoren betrieblicher und verkehrlicher Art sind die Art der Straße (Einbahn-, Zweirichtungsstraße), die Signalisierung (Umlaufzeit, Phaseneinteilung, Fußgängerfreigabezeit, Fußgängersperrzeit, fußgängerrelevante Zwischenzeiten), die Verkehrsstärke und der Auslastungsgrad der Verkehrsströme, die Kfz-Geschwindigkeiten sowie die Zusammensetzung des Verkehrs (Berufs-, Einkaufs-, Freizeitverkehr).
 - Faktoren entwurfstechnischer und baulicher Art liegen in der Charakteristik des Knotenpunktes (Lage im Netz, Größe, Übersichtlichkeit) und in den Gegebenheiten der Furt wie Länge, Breite, Mitteltrennung, Belag, Neigung, Sichtverhältnisse.
 - Besondere Anziehungspunkte wie benachbarte Straßenbahn- oder Bushaltestellen, Bahnhöfe, Kaufhäuser, Schulen oder Altenheime beeinflussen ebenso das Fußgängerverhalten.
 - Schließlich sind noch persönliche Merkmale wie Alter und Geschlecht bedeutend. Auch das Wetter kann eine Rolle spielen.
- Aus der Literatur geht hervor, dass der Einfluss einiger dieser Faktoren auf das Fußgängerverhalten offensichtlich ist. Von Bedeutung für den Befolgungsgrad der rechtlichen Regelung nach StVO sind die Dauer der Fußgängerfreigabezeit, die Dauer der Fußgängerwartezeit, die Gestaltung der fußgängerrelevanten Zwischenzeiten sowie die Auslastung der Kfz-Freigabezeit, die bestimmend ist für das Angebot an genügend großen Zeitlücken, die den Fußgänger auch während seiner Sperrzeit – verbotenerweise – zum Queren veranlassen.

In diesem Zusammenhang sind zwei relativ häufige Fehlverhaltensweisen von Fußgängern zu erwähnen:

Während der Kfz-Freigabezeit betritt der Fußgänger bei Rot die Fußgängerfurt umso eher,

- je länger seine Wartezeit ist,
- je mehr zum Queren geeignete Zeitlücken im Kfz-Verkehr vorhanden sind.

Während der Fußgängerräumzeit betritt der Fußgänger nach Ende seiner Freigabezeit die Fußgängerfurt umso eher,

- je kürzer seine Grünzeit war,
- je kürzer (und damit je übersichtlicher) die Fußgängerfurt ist,
- je größer die empfundene Reservezeit ist bis zum Eintreffen des Kfz-Verkehrs, wobei die rechnerisch gewählte Fußgänger-Räumgeschwindigkeit eine Rolle spielt.

- In der vorliegenden verhaltensbeobachtenden Untersuchung konnte im Vergleich der untersuchten Anlagen untereinander kein Zusammenhang zwischen der Furtlänge ungeteilter Furten und der Regelakzeptanz (Überquerung während der Freigabe- bzw. Sperrzeit) festgestellt werden. Höhere Rotläuferanteile gab es jedoch bei Anlagen mit Mitteltrennung, insbesondere bei Fußgängern, die von der Mittelinsel den Überquerungsvorgang fortsetzten.
- Es zeigte sich, dass in den meisten Fällen bei höheren Kfz-Dichten während eines Umlaufs die Anzahl der Rotläufer sank.
- Zwischen der Länge der Freigabezeit und den Gehgeschwindigkeiten konnte kein Zusammenhang festgestellt werden.
- Nur geringe Zusammenhänge ergaben sich zwischen der Furtlänge und den Gehgeschwindigkeiten.

Folgerungen

- Es ist im Einzelfall zu prüfen, welche betrieblichen und entwurfstechnischen umfeldbedingten Rahmenbedingungen des jeweiligen Knotenpunktes mit Fußgängerfurten Auswirkungen auf das Verhalten und die Sicherheit der Fußgänger haben.

- Aufgrund der zahlreichen Einflussfaktoren auf das sicherheitsrelevante Fußgängerverhalten können im Rahmen dieser Grundlagenarbeit die speziellen Auswirkungen der jeweils untersuchten Signalisierungsformen nur tendenziell aufgezeigt werden.

11.4.2 Gehgeschwindigkeiten und Zuwegzeiten

Ergebnisse

- Aus der videogestützten Untersuchung wurden die Durchschnitts-, die 15%- und die 85%-Gehgeschwindigkeiten aller beobachteten Fußgänger ausgewertet: $v_m = 1,4$ m/s, $v_{15} = 1,2$ m/s, $v_{85} = 1,6$ m/s. Damit sind 15 % aller erhobenen Fußgänger langsamer als 1,2 m/s (Regelwert nach RiLSA) und 72 % aller erhobenen Fußgänger erreichen den Maximalwert der Räumgeschwindigkeit nach RiLSA (1,5 m/s) nicht.
- Rund die Hälfte der Senioren erreicht eine Gehgeschwindigkeit von 1,2 m/s, 15 % der Senioren sind langsamer als 1,0 m/s.
- Mehr als 85 % der mobilitätseingeschränkten Personen sind langsamer als 1,2 m/s. Die Hälfte dieser Personen geht mit bis zu 0,9 m/s, schafft also den Mindestwert nach RiLSA (1,0 m/s) nicht. 15 % der mobilitätseingeschränkten Personen sind sogar langsamer als 0,8 m/s.
- Viele Senioren und mobilitätseingeschränkte Personen können körperlich bedingt nur sehr begrenzt ihre Geschwindigkeit erhöhen.
- Die qualitativen Beobachtungen vor Ort und am Video zeigen, dass insbesondere Senioren, aber auch mobilitätseingeschränkte Personen sich relativ dicht am Fahrbahnrand zum Warten aufstellen. Vor allem Personen mit Rollatoren benötigen bei Grünzeitbeginn gleichwohl relativ lange, bis sie den Bord überwunden haben.
- Aufgrund der bei allen Fußgängern unberücksichtigten Reaktionszeit und des Standorts des Fußgängers im Seitenraum vergehen daher einige Sekunden, bis die Fahrbahn erreicht wird: Durchschnittlich benötigten bei Rot wartende Fußgänger (Stichprobe $N = 124$) 2,4 s, bis sie nach Grünzeitbeginn die Fahrbahn erreichten (Spanne: 0,9 bis 6,8 s). Mobilitätseingeschränkte Personen benötigten im Durchschnitt eine „Zuwegzeit“ (Reaktion + Weg bis zur Bordsteinkante) von 3,4 s.

- Unter Berücksichtigung der erhobenen v_{15} [m/s] unterschiedlicher Fußgängergruppen und einer mittleren Zuwegzeit haben die Untersuchungen gezeigt, dass bei mehreren Fallbeispielen die Grünzeiten nicht ausreichen, damit Fußgänger, v. a. Senioren und mobilitätseingeschränkte Personen, so wie in der RiLSA gefordert, die Furtmitte erreichen können.

Folgerungen

- Unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Verhaltensbeobachtungen und unter Beachtung des demografischen Wandels sollte erwogen werden, die in den heutigen Regelwerken genannten Räumgeschwindigkeiten zu senken (vgl. Kapitel 12.2).
- Bei der Ermittlung der (Mindest-)Freigabezeit ist zu berücksichtigen, dass Fußgänger bis zum Betreten der Furt eine Zuwegzeit von 2-3 s benötigen.
- Bei Senioren und mobilitätseingeschränkten Personen ist zu beachten, dass sie oft nur sehr eingeschränkt ihre Gehgeschwindigkeit erhöhen können, um eine Querung abzuschließen.

11.4.3 Bedingt verträglicher Abbiegeverkehr von Kfz

Ergebnisse

- Die Städtebefragung hat gezeigt, dass Bürger immer wieder von Konflikten zwischen rechts oder links abbiegenden Kraftfahrzeugen und parallelen Fußgängern berichten.
- Die Befragung der Fußgänger in den deutschen Städten, ob bereits eine gefährliche Situation an einer LSA erlebt worden sei, bejahten in Bonn 61 %, in Bochum 45 % und in Düsseldorf 55 % der Befragten. Bei Nachfrage wurden dann häufig Situationen mit Kfz-Abbiegern genannt.
- Die Befragung an den Standorten mit herkömmlicher Grün-Rot-Signalisierung zeigte, dass ca. 16 % der befragten Führerscheinbesitzer der Meinung waren, dass sie als abbiegende Autofahrer Fußgänger während der Fußgängerräumzeit nicht zu berücksichtigen brauchen.
- Auch nach den Unfalldaten (Beispiel Düsseldorf) wurde deutlich, dass die Ursache „Falsches Verhalten (des Fahrzeugführers) gegen-

über Fußgängern beim Abbiegen" an Lichtsignalanlagen eine hohe Bedeutung besitzt.

- In den Verhaltensbeobachtungen konnten absolut gesehen nur wenige Verkehrsauffälligkeiten und Konflikte zwischen Fußgängern und bedingt verträglichen Kfz-Abbiegeverkehren registriert werden. Hierbei ist allerdings zu beachten, dass ein gleichzeitiges Zusammentreffen von Fußgängern und Kraftfahrzeugen nur in etwas weniger als der Hälfte der beobachteten Fälle (Anzahl der Umläufe) vorkam.
- In 99 % der beobachteten Umläufe verliefen die Interaktionsfälle unauffällig (Kfz: langsames Heranfahen und Warten vor der Furt).
- Neun der elf Furten mit bedingt verträglichen Signalisierungen wiesen jedoch mindestens eine Verkehrsauffälligkeit auf. Zwei der Furten wiesen sogar in der Summe drei Verkehrsauffälligkeiten und Konflikte auf. Insgesamt wurden 14 Verkehrsauffälligkeiten und Konflikte zwischen Fußgängern und abbiegenden Kraftfahrern (davon drei Konflikte der Schwerestufe II) im Zeitraum von 56,5 Videostunden erfasst.
- Die Anzahl der registrierten Verkehrsauffälligkeiten und Konflikte muss ins Verhältnis zur Anzahl der Fallbeispiele und zur Erhebungszeit gesetzt werden. In den morgendlichen Spitzenstunden wurden keine Erhebungen durchgeführt. Setzt man über den Tag eine Gleichverteilung der Verkehrsauffälligkeiten bzw. Konflikte voraus, ist an den einzelnen Furten von 5-15 Verkehrsauffälligkeiten bzw. Konflikten am Tag auszugehen, an einem Knotenpunkt mit 4 Furten ist es also denkbar, dass 20 bis 60 Verkehrsauffälligkeiten/Konflikte auftreten.
- Bei den Standorten mit Fußgänger-Gelb oder Fußgänger-Grünblinker sind keine Sicherheitsvorteile gegenüber abbiegenden Kraftfahrzeugen im Vergleich zur herkömmlichen Grün-Rot-Signalisierung nachweisbar.

Folgerungen

- Aus der zusammenfassenden Betrachtung aller Erhebungsschritte lässt sich ableiten, dass das Konfliktpotenzial zwischen Fußgängern und bedingt verträglich abbiegendem Kfz-Verkehr ein nicht zu unterschätzendes Problemfeld darstellt.

Dies drückt sich sowohl im Unfallgeschehen als auch in der subjektiven Einschätzung der Fußgänger aus.

- Die Verkehrsauffälligkeiten und Konflikte wurden bei den Signalisierungszuständen Rot, Gelb und Grün für Fußgänger registriert. Für genauere Aussagen in Bezug auf konkrete Handlungsempfehlungen (z. B. Verlängerung der Fußgänger-Freigabezeit, Einführung eines Fußgänger-Grünblinkens, Ausstattung der Furt mit dem Hilfssignal Gelbblinker wie in Saarbrücken oder zeitliche Trennung der Verkehrsteilnehmerströme) sind weitere Untersuchungen zu dieser Fragestellung notwendig.
- Die Ergebnisse der Befragung deuten zumindest darauf hin, dass die Kraftfahrer bzw. alle Verkehrsteilnehmer über die allgemeine Rücksichtnahme, die Vorangeregungen und das Gehen gegen Rot besser aufgeklärt werden sollten.

11.5 Ergebnisse der Wirkungsuntersuchungen nach Art der Signalisierung

11.5.1 Herkömmliche Grün-Rot-Signalisierung

Ergebnisse

- Die Befragung der Fußgänger hat ergeben, dass die Verhaltensregeln bekannt sind (Eindeutigkeit bzgl. des Betretens der Fahrbahn). Entgegen diesem Regelwissen geben jedoch knapp 60 % der 200 Befragten in Bonn und Bochum an, auch loszugehen, wenn es gerade Rot geworden ist.
- Beim Vergleich des Verhaltens war die Regelbefolgung (Überquerungsstart während der Freigabezeit) bei den Fallbeispielen mit herkömmlicher Grün-Rot-Signalisierung mit 97 % signifikant höher als bei den Fallbeispielen mit anderen Lösungsansätzen. Andere Rahmenbedingungen, die Einfluss auf die Akzeptanz haben können, konnten im Rahmen dieser Untersuchung nicht berücksichtigt werden.
- Für das Gehen gegen Rot (während der Räumzeit) wurde durchschnittlich die Schulnote 3,0 vergeben (vergleichbare Note wie für Gehen gegen Gelb in Düsseldorf mit 3,2). Immerhin knapp 30 % der Befragten bewerten das Gehen

gegen Rot mit den schlechten Noten 5 und 6. Dabei fiel keine Altersgruppe besonders auf. Die Mehrheit der Befragten würde eine Anzeige der Räumzeit begrüßen.

- Ein Umdrehen auf der Fahrbahn bei Signalwechsel auf Rot wurde in keinem Fall festgestellt. Bei Grün ankommende Fußgänger blieben nur in Einzelfällen am Fahrbahnrand stehen und starteten ihren Querungsvorgang nicht.
- Insgesamt kommen bei den Untersuchungsbeispielen 21 % der während Grün mit dem Überquerungsvorgang beginnenden Fußgänger bei Rot auf der gegenüberliegenden Fahrbahnseite an; Senioren laufen zu etwa einem Drittel, mobilitätseingeschränkte Personen zu ca. zwei Dritteln gegen Rot.
- In einem Fallbeispiel mit einer etwas kürzeren Freigabezeit in Relation zur Furlänge steigert sich der Anteil der „gegen Rot Laufenden“ bei den Senioren auf ca. 50 % und bei den mobilitätseingeschränkten Personen auf ca. 80 %.
- Die Gehgeschwindigkeiten der „gegen Rot-Laufenden“ sind bei allen einzelnen Personengruppen signifikant langsamer als die der Fußgänger, die den kompletten Überquerungsvorgang während der Freigabezeit beenden. Der Signalwechsel auf Rot führt bei keiner Personengruppe empirisch nachweisbar zu einem schnelleren Überquerungsvorgang. Während sich die Fußgänger-Hauptgruppe in der Regel durch den Signalwechsel nicht beeinträchtigen ließ, liegt die Vermutung nahe, dass Senioren und mobilitätseingeschränkte Personen aufgrund körperlicher Einschränkungen und/oder fehlender Wahrnehmung des Signalwechsels den Überquerungsvorgang nicht in schnellerem Tempo fortsetzten.
- Ein Großteil (62 %) der Rot-Läufer setzt sich aus Rot-Nachläufern (während der Fußgängerräumzeit) zusammen. Die Gehgeschwindigkeiten der Rot-Nachläufer sind in der Summe über alle Fußgänger signifikant höher als bei Grün-Läufern und Rot-Vorläufern. Mobilitätseingeschränkte Personen traten nicht als Rot-Nachläufer auf.

Folgerungen

- Die Beobachtungen lassen den Schluss zu, dass die Regelbefolgung der Grün-Rot-Signalisierung aufgrund ihrer Eindeutigkeit vergleichsweise hoch ist:

- Die Farben Rot und Grün besitzen eine bekannte gesellschaftliche Symbolik (Rot = Stopp/Gefahr; Grün = Freigabe/„alles im grünen Bereich“),
- insbesondere beim Fußgängerverkehr besteht eine „Sozialisation“ mit dieser Signalisierung von Kindheit an („Bei Rot sollst du stehen, bei Grün kannst du gehen!“).
- Im Zusammenhang mit den relativ hohen Anteilen „gegen Rot Laufender“ (überwiegend während der Räumzeit) konnten keine Verkehrs-sicherheitsprobleme festgestellt werden. Diese Situation „gegen Rot Laufender“ wird von einem relevanten Anteil der Befragten jedoch als unsicher eingestuft.
- Die Anteilswerte der Fußgänger, die bei Grün starten und gegen Rot laufen, werden erwartungsgemäß vom Verhältnis der Länge der Freigabezeit und der Überquerungslänge bestimmt.

11.5.2 Grün-Rot-Signalisierung mit Restzeit-anzeige

Besonderheiten der Signalisierung

- Die Grün-Rot-Signalisierung mit Restzeitanzeige ist eine herkömmliche Grün-Rot-Signalisierung, die zusätzlich in einer weiteren Kammer die Restzeit [in Sekunden] bei den Schaltzuständen Fußgänger-Grün und Fußgänger-Rot anzeigt. Die Zeitanzeigen geben einen Hinweis auf die noch zur Verfügung stehende Freigabezeit bzw. die verbleibende Wartezeit, sie geben aber keine Information bezüglich der Räumzeit.
- Lichtsignalanlagen mit Restzeitanzeigen in Sekunden sind bei Festzeitsteuerung realisierbar.

Ergebnisse

- Die Literaturanalyse zeigte für das Fallbeispiel Hamburg (Restrotanzeige) bei einer Vorher-/Nachher-Untersuchung eine leicht verbesserte Akzeptanz (weniger Gehen bei Fußgänger-Rot) und eine überwiegend positive Bewertung der Anlage durch die Fußgänger. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Nachher-Untersuchungen nur kurz nach der Umrüstung durchgeführt wurden, d. h. noch in der Eingewöhnungszeit.
- Die Verhaltensbeobachtungen an den Fallbeispielen in Bochum ergaben mit rund 6 % im Ver-

gleich zur herkömmlichen Signalisierung leicht höhere Anteile von Fußgängern, die bei Rot querten (Anteil der Grün-Läufer: 94 %). Die aggregierten Ergebnisse werden dabei von der Untersuchungsanlage am Hauptbahnhof Bochum beeinflusst, an der mit knapp 13 % überproportional viele Fußgänger (in beide Richtungen) bei Rot liefen.

- Nach den Ergebnissen der Fußgängerbefragung wird die Anzeige der Restgrün- bzw. Restrotzeit von den meisten begrüßt.
- Obwohl 20 % der befragten Fußgänger angaben, auch schon mal bei Rot auf der Fahrbahn umgedreht zu sein, wurde bei den Verhaltensbeobachtungen ein Umdrehen auf der Fahrbahn bei Signalwechsel auf Rot in keinem Fall festgestellt. Lediglich eine Person betrat als Rot-Nachläufer die Fahrbahn und drehte dann aufgrund herannahender Fahrzeuge wieder um.
- Auch bei den Anlagen mit Restzeitanzeige besitzt das Stehenbleiben bzw. das Nicht-Starten der Überquerung von Personen, die bei Grün an der Furt ankommen, eine sehr untergeordnete Rolle. In den wenigen Fällen, in denen eine Überquerung bei Grün nicht begonnen wurde, zeigte die Restgrünanzeige fast immer weniger als 10 Sekunden an.
- Aufgrund der ortsspezifisch langen Freigabezeiten (beide Furten haben eine Trennung durch eine Mittelinsel) können beinahe alle Fußgänger die Furt während der vollen Freigabezeit überqueren, die ihre Überquerung bei einer Restzeitanzeige von 10 s oder mehr begonnen haben. Lediglich zwei mobilitätseingeschränkte Personen und ein Senior liefen dabei gegen Rot.
- Ca. 50 % der Fußgänger, die ihre Überquerung bei einer Restgrünzeit von 9 s oder weniger begonnen haben, laufen gegen Rot, zwei Drittel der Senioren und 97 % der Menschen mit einer Mobilitätseinschränkung.
- Insgesamt liefen ca. 11 % der Fußgänger „gegen Rot“.
- Die Gehgeschwindigkeiten derjenigen, die gegen Rot laufen, sind auch bei den Anlagen mit Restzeitanzeige in der Summe aller Personengruppen signifikant langsamer als die der Fußgänger, die den kompletten Überquerungsvorgang während der Freigabezeit beenden.

Dieses Ergebnis wird dadurch beeinflusst, dass die meisten gegen Rot laufenden Senioren und mobilitätseingeschränkte Personen sind. Innerhalb der Einzelgruppen ist dieses Ergebnis aufgrund geringer Fallzahlen statistisch nicht nachweisbar.

- Bei der Fußgänger-Hauptgruppe und den mobilitätseingeschränkten Personen sind bei den Rot-Nachläufern signifikant höhere Anteile bei den Fußgängern festzustellen, die von der Mittelinsel kommen, gegenüber denen, die vom Fahrbahnrand starten. Bei vielen Personen wiegt der Halt auf der Mittelinsel also schwerer als das Laufen gegen oder bei Rot (Räumzeit).

Folgerungen

- Die Restzeitanzeige ist nicht Gegenstand der straßenverkehrsrechtlichen Regelungen und der technischen Regelwerke.
- Restrot-/grünanzeigen in Deutschland bieten sich nähernden Fußgängern Zusatzinformationen, ohne die Räumzeit anzuzeigen.
- Restzeitanzeigen können u. U. das subjektive Sicherheitsgefühl stärken, sie könnten aber auch Stress bei Menschen ohne Möglichkeit, ihre Gehgeschwindigkeit zu erhöhen, verursachen.
- Die Fallbeispiele mit Restzeitanzeige liefern vergleichbare Ergebnisse zur herkömmlichen Grün-Rot-Signalisierung ohne Restzeitanzeige. Durch die Zeitanzeige sind an den zwei Fallbeispielen keine nennenswerten Verhaltensänderungen nachweisbar. Vorteile der Restzeitanzeige konnten an den Fallbeispielen im Unterschied zur Anlage in Hamburg daher nicht festgestellt werden. Dies könnte aber auch an der Anlagen- und Verkehrsstruktur der Beispiele in Bochum liegen (kurze Überquerungslängen, relativ lange Wartezeiten, überschaubare Kfz-Einrichtungsverkehre, Mittelinsel).
- Eine Restrotanzeige könnte akzeptanzmindernd (bei langer Sperrzeit) oder -erhöhend (bei kurzer Restrotzeit) wirken. Ihr Einsatz sollte daher vor allem bei relativ kurzen Rotzeiten für Fußgänger (z. B. kurze Umlaufzeiten) erwogen werden. Restgrünanzeigen können unter Umständen das subjektive Sicherheitsgefühl stärken, sie können aber auch Stress bei Menschen ohne Möglichkeit, ihre Gehgeschwindigkeit zu erhöhen, verursachen. Diese Annahmen konnten je-

doch mit der vorliegenden Untersuchung nicht sicher belegt werden.

- Die Einrichtung einer Restzeitanzeige mit zusätzlicher Signalkammer erfordert umfangreiche Investitionen in Hard- und Software bei flächendeckender Ausstattung.
- Bei einem Countdown mit einem mit flexibler Geschwindigkeit ablaufenden „Punktekrantz“, wie in den Niederlanden gebräuchlich, ist der Einsatz von Restzeitanzeigen nicht an eine Festzeitsteuerung gebunden. Über die Bekanntheit und Verständlichkeit dieser Anzeige bei den Fußgängern liegen allerdings keine Erfahrungen vor.
- Die Literaturanalyse ergab, dass der Einsatz von „echten“ Restraumzeitanzeigen in Zusammenhang mit Rotblinken in den USA tendenziell positive Erfahrungen aufzeigt, in Europa fand diese Signalisierung noch keine Anwendung.
- Personen, die von der Mittelinsel kommen, laufen häufiger als Rot-Nachläufer, da sie den Überquerungsvorgang komplett abschließen wollen. Ein Halt von Fußgängern auf Mittelinseln sollte signaltechnisch möglichst vermieden werden. Dieses Ergebnis ist unabhängig von der Restzeitanzeige zu sehen.

11.5.3 Fußgänger-Gelb

Besonderheiten der Signalisierung

- Das Fußgänger-Gelb zeigt in Düsseldorf die gesamte Räumzeit an, in Zürich werden zwei Drittel der Fußgängerräumzeit angezeigt.
- In Düsseldorf sind die Fußgängerfreigabezeiten (6-8 s) entsprechend den Umlaufzeiten (70 s) vergleichsweise kurz. In Zürich mit verkehrabhängiger Steuerung sind dagegen auch längere Fußgängerfreigabezeiten (5-26 s) bei sehr kurzen Umlaufzeiten (ca. 40-60 s) realisierbar.
- Die Gelbanzeige trifft die Verdeutlichung der Räumzeit für Fußgänger und abbiegende Kfz-Ströme von den Untersuchungsansätzen am besten.

Ergebnisse

- Die Befragung ergab, dass die Kenntnis der rechtlichen Regelung in Düsseldorf sehr gut ist. In Zürich hingegen wussten 12 % der Befragten nicht, dass sie bei Gelb nicht starten dürfen.

- Die Dauer der Fußgänger-Grünzeit wurde bei den Befragten in Düsseldorf mit der recht schlechten Schulnote 3,6 eingestuft, fast die Hälfte der Befragten vergab die Schulnote 5 oder 6 (schlechteste Einstufung von allen Städten). Bei der Betrachtung der Summe aus Fußgänger-Grünzeit + Fußgänger-Gelbzeit stieg die Bewertung um eine Note auf durchschnittliche 2,7. In diesem Ergebnis spiegeln sich die in Düsseldorf kurzen Freigabezeiten wider.
- Die abgefragte Beurteilung des Gehens gegen Gelb und das subjektive Sicherheitsgefühl in Düsseldorf sind knapp schlechter als bei der herkömmlichen Grün-Rot-Signalisierung (Mittelwert 3,2; 21 % der Befragten vergaben die Noten 5 und 6). Dennoch wird das Fußgänger-Gelb in Düsseldorf und Zürich von den Befragten begrüßt. In Zürich ist die Bewertung besser als in Düsseldorf.
- Die Videobeobachtungen zeigen, dass durchschnittlich rund 10 % der Fußgänger während der Sperrsignale (Gelb bzw. Rot) gestartet sind. In Zürich beliefen sich diese Anteile auf 11 % und in Düsseldorf auf 8 %. Dies ist deutlich mehr als bei der herkömmlichen Grün-Rot-Signalisierung in Deutschland.
- Von den Fußgängern, die während des Gelb-Signals an der Furt ankamen, blieb lediglich ein Drittel stehen, zwei Drittel der Fußgänger begannen bei Gelb noch den Überquerungsvorgang. In Düsseldorf überquerten noch 56 % und in Zürich sogar 73 % der bei Gelb an der Furt ankommenden Fußgänger.
- Aufgrund der Räumzeitanzeige durch Gelb laufen in Düsseldorf lediglich 4 % der Grün-Läufer gegen Rot. 96 % laufen aber dagegen gegen Gelb.
- In Zürich, wo nur zwei Drittel der Räumzeit durch Gelb angezeigt werden, laufen 22 % der Grün-Läufer gegen Rot und 36 % gegen Gelb.
- Insbesondere in Düsseldorf laufen mobilitätseingeschränkte Personen im hohen Umfang gegen Rot (Spanne der Anlagen: 25-69 %). In 82 % dieser Fälle erreichen die Fußgänger kurz nach Gelbende den gegenüberliegenden Gehweg. In drei Fällen (18 %) befanden sich die Fußgänger bei Rotbeginn noch mitten auf einem potenziellen Konfliktbereich. Verkehrsauffälligkeiten oder Konflikte entstanden aus diesen Situationen

nicht, da entweder abbiegende Kraftfahrzeuge bereits vor der Furt warteten und die Fußgänger passieren ließen oder kein Kraftfahrzeug in zeitlicher Nähe den Bereich befuhr.

- Kritisch zu sehen ist die Tatsache, dass in Düsseldorf immerhin 60 % der bei Gelb Gestarteten erst während der reinen Sperrzeit (Rot), aber vor dem eintreffenden nicht verträglichen Querverkehr, die Überquerung beendeten. In Zürich betrifft dies 99 % der Fußgänger, wobei hier ein Teil der Rotzeit der Räumzeit zuzurechnen und damit unkritisch ist.
- Auch bei den Standorten mit Fußgänger-Gelb gab es keine Fußgänger, die bei Grün losliefen und beim Signalwechsel auf Gelb umdrehten. In Zürich waren aber zwei Personen zu beobachten, die bei Gelb starteten und beim Wechsel auf Rot umdrehten. Ebenso gab es in Zürich drei Rot-Nachläufer und in Düsseldorf zwei Rot-Wagnisläufer, die den bereits gestarteten Überquerungsvorgang nicht fortsetzten.
- Bei den Gehgeschwindigkeiten zeigt sich, dass bei der Fußgänger-Hauptgruppe und den Senioren die Gelb-Läufer signifikant schneller queren als die bei Grün Startenden. Dieses Verhalten wurde auch bei der Fußgängerbefragung benannt.
- Bei den mobilitätseingeschränkten Personen konnte bezüglich der Gehgeschwindigkeiten kein signifikanter Unterschied zwischen den Signalisierungszuständen ermittelt werden. Dies ist vermutlich auf physische Grenzen bzgl. der Fähigkeit zur Beschleunigung zurückzuführen.
- Die Literaturanalyse zeigt, dass sich in den 90er Jahren in Düsseldorf im Vergleich zu anderen nordrhein-westfälischen Städten auffällig viele Fußgängerunfälle mit schwerem Personenschaden an Lichtsignalanlagen ereigneten. Trotz – entsprechend dem bundesweiten Trend – abnehmender Zahl der schweren Unfälle zeichnen sich bis 2010 auch weiterhin vergleichsweise ungünstige Daten ab. Andere Analysen (vgl. HACKELMANN) konnten aufzeigen, dass das Fußgänger-Gelb auch keine Verbesserung bzgl. des Unfallgeschehens zwischen Fußgängern und abbiegenden Kraftfahrzeugen bewirkt. An den drei untersuchten Furten ereignete sich in den Jahren 2007-2009 ein Unfall zwischen einem Fußgänger und einem rechts abbiegenden Kraftfahrzeug.

Folgerungen

- Das Fußgänger-Gelb ist nicht kompatibel mit der StVO und den aktuellen deutschen Regelwerken.
- Die Züricher Gelbregelung besitzt einen Sicherheitszeitpuffer, allerdings wird die eindeutige Aussage (Gelbzeit = vollständige Räumzeit) damit aufgehoben. Fußgänger können in Zürich nicht erkennen, ab wann das Gehen gegen Rot für sie kritisch werden kann.
- Auch die Düsseldorfer Gelbregelung lässt den Zeitpunkt, ab wann der Querungsvorgang kritisch werden kann, nicht erkennen, da der Fußgänger nicht weiß, wann das Gelb aufhört.
- Die Gelbanzeige hat theoretische Vorteile. Im praktischen Verhalten (Regelbefolgung) und in der Einschätzung der Fußgänger sind diese jedoch nicht erkennbar.
- Die Gelbzeit löst die klare Grenze der Grün-Rot-Regelung auf. Sie vergrößert den in der Sperrzeit (Gelb) noch startenden Nachläuferanteil gegenüber der Grün-Rot-Signalisierung. Es kann davon ausgegangen werden, dass sie von einem Teil der „Gelb-Starter“ teils bewusst, teils unbewusst als verlängerte Freigabezeit empfunden wird. Die Steuerung in Düsseldorf mit kurzer Freigabezeit (ca. 6-8 s an den Fallbeispielen) unterstützt diese Wahrnehmung.
- Auch Gelb verhindert nicht das Gehen gegen Rot: Es wurde festgestellt, dass insbesondere langsame Fußgänger als „Grün-Starter“ in wesentlichen Anteilen auch „gegen Rot“ laufen (müssen). Das Fußgänger-Gelb sollte aus diesem Grund nicht mit kurzen Freigabezeiten kombiniert werden, da hierdurch der potenzielle Vorteil einer Räumzeitanzeige aufgehoben wird.
- Die tendenziell geringe Sperrwirkung des Gelb-Signals führt dazu, dass ein nicht unbedeutender Anteil von Fußgängern sich während der reinen Sperrzeit noch auf einer potenziellen Konfliktfläche befindet. Die Beobachtung zeigte bei den Untersuchungsbeispielen aber kein erhöhtes Verkehrssicherheitsproblem auf, da entweder der nicht verträgliche Querverkehr nicht direkt eintraf oder abbiegende Kraftfahrzeuge bereits vor der Furt warteten und die Fußgänger passieren ließen. Es wurde auch nur ein Unfall an den Untersuchungsstellen registriert.

- Gelb-Starter sind sich bewusst, dass sie sich beeilen sollen (vgl. Befragung). Sie gehören dementsprechend zu der Gruppe mit den höchsten ermittelten Geschwindigkeiten. Das Signal besitzt also eine beschleunigende Wirkung. Beim Unfallgeschehen lassen sich für die in Düsseldorf praktizierte Regelung keine positiven Auswirkungen erkennen.
- Die Einrichtung eines Fußgänger-Gelb mit zusätzlicher Signalkammer erfordert bei flächendeckender Ausstattung umfangreiche Investitionen in Hard- und Software.

11.5.4 Grünblinken für Fußgänger

Besonderheiten der Signalisierung

- Das Grünblinken vermittelt eine Zusatzinformation für den Wechsel von Grün auf Rot. In den untersuchten Städten (Eindhoven, Graz und Basel) ist die Bedeutung unterschiedlich:
 - Das Grünblinken in Eindhoven (3 s) und in Graz (4 s) zeigt das herannahende Ende der Grünzeit an. Als Teil der Freigabezeit darf die Fahrbahn noch betreten werden.
 - Das Grünblinken in Basel (Spanne: 2-8 s) wird analog zum Fußgänger-Gelb in Zürich angewendet, es zeigt also i. d. R. zwei Drittel der Räumzeit an. Während des Grünblinkens darf die Fahrbahn nicht betreten werden, Fußgänger müssen die Fahrbahn ohne Verzug räumen.
- an, dass sie dann tatsächlich nicht mehr die Fahrbahn betreten. Über 60 % gaben an, bei Grünblinken zügig zu gehen.
- In Eindhoven und Graz starteten ca. 10 % der Fußgänger bei Rot.
- In Basel sind lediglich 3 % bei Rot gestartet, aber 12 % während der Sperrsignale (Grünblinken + Rot). Dieser Wert lag höher als in Zürich mit 10 % Gelb-/Rotläufern.
- In Eindhoven wurden, im Vergleich der Grünblinken-Standorte, mit 7 % die geringsten Anteile von Fußgängern erfasst, die gegen Rot liefen. Diese geringen Anteile sind aber auch im Zusammenhang mit längeren Freigabezeiten aufgrund vorhandener Mitteltrennungen zu sehen. In Graz liefen 30 % der Grün-Läufer gegen Rot. In Basel liefen lediglich 4 % der Grün-Läufer gegen Rot, aber weitere 25 % gegen Grünblinken, was in diesem Fall einen Teil der Fußgängererräumzeit anzeigt.
- Damit wurden in Basel und Graz gegenüber der herkömmlichen Grün-Rot-Kontrollgruppe (21 %) deutlich höhere, gegenüber den Anlagen mit Fußgänger-Gelb (58 bzw. 100 %) aber deutlich niedrigere Anteile von Grün-Läufern festgestellt, die gegen ein Sperrsignal laufen müssen.
- Wie bei den anderen Standorten gab es keine Fußgänger, die bei Grün losliefen und beim Signalwechsel auf Grünblinken bzw. Rot auf der Fahrbahn umdrehten. Ein Rot-Nachläufer in Graz setzte den gestarteten Überquerungsvorgang nicht fort und drehte um.

Ergebnisse

- Die subjektive Bewertung der Regelung (Gehen bei Grünblinken) ist insgesamt positiv. Nur 13 % der Befragten vergaben die Schulnote 5 oder 6 (Mittelwert 2,7). 142 der 200 Befragten in Eindhoven und Graz finden den Einsatz des Grünblinkens besser, als wenn nur Grün ohne Grünblinken angezeigt werden würde. Eine Ausnahme bilden die befragten Senioren in Eindhoven (N = 17), die nach eigenen Angaben zu 65 % nicht mehr bei Grünblinken starten und die das Gehen bei Grünblinken durchschnittlich mit der schlechten Schulnote 3,7 beurteilten.
- Über 40 % der in Eindhoven und Graz befragten Fußgänger glauben, dass sie bei Grünblinken nicht mehr starten dürfen. Knapp 20 % gaben
- Knapp 4 % der Fußgänger, die während des Grünblinken-Signals an der Furt ankamen, blieben stehen, über 96 % begannen dann noch den Überquerungsvorgang. Bei mobilitätseingeschränkten Personen liegt der Anteil der bei Grünblinken-Wartenden bei 20 % (hierbei ist eine sehr geringe Fallzahl zu beachten).
- Das Grünblinken in Basel erzeugt eine geringe Sperrwirkung, denn nur rund 12 % der bei Grünblinken-Ankommenden blieben stehen. Damit werden deutlich geringere Anteile als in Zürich (37 %) mit dem vergleichbaren Fußgänger-Gelb erreicht. Lediglich bei mobilitätseingeschränkten Personen werden in Basel deutlich höhere Werte (67 %) erreicht (hierbei ist aber die sehr geringe Fallzahl zu beachten).

- Beinahe alle Fußgänger, die während des Grünblinkens den Überquerungsvorgang starteten, beendeten diesen bei Rot (Spanne: 93-100 %), dies gilt für alle Fallbeispiele gleichermaßen. Nur in Basel (93 %) ist dies allerdings als sicherheitsrelevant anzusehen, da dann (also nach dem Grünblinken mit bereits zwei Drittel Räumzeit) nur noch ein Drittel der Räumzeit zur Verfügung steht.
- Die Gehgeschwindigkeiten waren bei den Fallbeispielen im Zuge von Überquerungen bei Grünblinken und Rot in der Fußgänger-Hauptgruppe signifikant höher als bei Grün. Dies bestätigt das Ergebnis der Befragungen. Auf Senioren und mobilitätseingeschränkte Personen trifft diese Aussage nicht zu.
- Im Vergleich aller untersuchten Signalisierungsformen werden in der Fußgänger-Hauptgruppe bei Überquerungsvorgängen, die während des Grünblinkens gestartet werden, die signifikant höchsten Geschwindigkeiten erreicht.
- Bezogen auf das Geschwindigkeitsverhalten bewirkt das Grünblinken in Eindhoven und Graz das angestrebte Verhalten einer Erhöhung der Geschwindigkeiten.
- In Basel besitzt das Grünblinken bei der Fußgänger-Hauptgruppe eine beschleunigendere Wirkung als das Fußgänger-Gelb in Zürich.
- Die Einrichtung des Grünblinkens an herkömmlichen Signalanlagen erfordert keine bzw. geringe Investitionen in die Hardware, jedoch Investitionen in die (Umstellung der) Software bei flächendeckender Ausstattung.

Folgerungen

- Die Regelung des Grünblinkens wird weder in der StVO noch in den technischen Regelwerken thematisiert. Die Bewertung der Zulässigkeit gemäß StVO bedarf einer rechtlichen Prüfung.
- Das Grünblinken wird von den Befragten besser als die deutsche Standardsignalisierung und das Fußgänger-Gelb bewertet.
- In Eindhoven und in Graz ist die Kenntnis der Regelung zum Grünblinken verbesserungsbedürftig. Eine Aufklärungskampagne sollte durchgeführt werden.
- In Eindhoven, Graz und Basel besitzt das Grünblinken laut Videobeobachtungen nur eine geringe Wirkung darauf, dass Fußgänger den Überquerungsvorgang nicht mehr starten: Für Basel ist dies kritisch zu sehen, weil dadurch zumindest theoretisch die Wahrscheinlichkeit höher ist, dass Starter bei Grünblinken mit herannahenden nicht verträglichen Kfz-Strömen konfrontiert werden.
- Für Basel lässt sich im Vergleich zu Zürich schlussfolgern, dass das Baseler Grünblinken gegenüber dem Züricher Gelb eine noch geringere Sperrwirkung besitzt.
- Die herkömmliche Fußgänger-Signalisierung mit Grün – Rot hat zwar den Nachteil, die Fußgängerräumzeit mit Rot anzuzeigen. Grundsätzlich hat sich jedoch gezeigt, dass mit ihr eine vergleichsweise gute Akzeptanz und sichere Überquerungen erreicht werden können. Sie sollte insbesondere wegen ihrer Eindeutigkeit beibehalten werden. Die Möglichkeiten, die die geltenden Regelwerke in Hinblick auf eine fußgängerfreundliche Signalisierung bieten (vgl. Kapitel 12.2), sollten allerdings regelmäßiger ausgeschöpft werden. Auch die für mobilitätseingeschränkten Personen notwendigen Leiteinrichtungen sollten breiter eingesetzt werden.
- Restzeitanzeigen (Restrot/Restgrün mit Angabe von Sekunden) bieten dem Fußgänger eine Zusatzinformation. Sicherheitserhöhende Verhaltensbeeinflussungen konnten nicht aufgezeigt werden. Sie haben ein begrenztes, weiter zu definierendes Einsatzfeld.
- Die Anzeige der Räumzeit als Fußgänger-Gelb trifft die Verdeutlichung des Überganges von der Freigabezeit zur Sperrzeit von allen untersuchten Signalisierungsformen am besten. Gleichwohl konnten in keinem Untersuchungsfeld Verbesserungen – tendenziell sogar eher Verschlechterungen – gegenüber der herkömmlichen Signalisierung festgestellt werden. Das Fußgänger-Gelb kann deshalb nicht als generelle Lösung empfohlen werden. Dieser Lösungsansatz erfordert zudem bei breiter Anwen-

12 Gesamtfazit und Ausblick

12.1 Überblick

dung hohe Investitionskosten und ist nicht kompatibel mit der derzeitigen StVO-Regelung.

- Das Grünblinken zur Anzeige der Räumzeit (Basel) kann ebenso wenig empfohlen werden.
- Das Grünblinken als Teil und am Ende der Fußgänger-Freigabezeit bietet dem Fußgänger eine Zusatzinformation und erleichtert insbesondere mobilitätseingeschränkten Personen die Entscheidung, den Überquerungsvorgang noch beginnen zu wollen. Seine Einsatzmöglichkeit ist wegen des nachgewiesenen Effekts hinsichtlich höherer Querungsgeschwindigkeiten der Fußgänger grundsätzlich zu überdenken und weiter zu erforschen. Die beim Grünblinken in den Niederlanden angewandte Methode, den Räumvorgang mit zwei unterschiedlichen Fußgänger-Räumgeschwindigkeiten zu berechnen, muss dabei hinsichtlich des tatsächlichen Räumverhaltens untersucht und bewertet werden. Eine Einrichtung des Grünblinkens erfordert nur moderate Hardware-Kosten.

12.2 Empfehlungen zur Verbesserung der Grün-Rot-Signalisierung

- Die nach den Regelwerken bereits möglichen Verbesserungspotenziale für eine fußgängerfreundliche Signalisierung sind auszuschöpfen:
 - kurze Wartezeiten,
 - vorzeitiger Grünzeitbeginn für Fußgänger bei nicht beanspruchten Kfz-Freigabezeiten,
 - Zeitvorsprung gegenüber bedingt verträglichen Kfz-Abbiegeströmen,
 - Verlängerung von Grünzeiten/Räumzeiten durch (Video-)Detektion bei entsprechender Fußgängernutzung (z. B. Schulklassen, Senioren oder mobilitätseingeschränkte Personen),
 - Zwischenhalte auf Mittelinseln sind zu vermeiden.
- Ein besonderes Augenmerk ist der Sicherung des querenden Fußgängerverkehrs gegenüber abbiegenden Kfz zu widmen. Dabei sollte auch der Einsatz einer zeitlich getrennten Freigabe

der beiden Ströme geprüft werden. Bei bedingt verträglicher Signalisierung kommt der Einsatz eines auf den abbiegenden Kfz-Verkehr gerichteten und vom Beginn der Kfz-Freigabezeit bis zum Ende der Fußgängerräumzeit blinkenden Gelb-Signals mit Fußgängersymbol in Betracht. Das Gelbblinken-Signal gibt damit dem Kfz-Führer einen Hinweis auf querende Fußgänger während deren Freigabe- und Räumzeit und hat sich nach Aussage vieler Anwender bewährt.

- Die Untersuchungsergebnisse haben sich auf der Grundlage einer großen Grundgesamtheit ausführlich mit den Gehgeschwindigkeiten befasst. Unter Beachtung der derzeitigen Räumgeschwindigkeiten in der RiLSA und der Forschungsergebnisse wird eine Anpassung der Räumgeschwindigkeiten v_r [m/s] empfohlen:
 - Regelwert der Räumgeschwindigkeit $v_r = 1,0$ m/s,
 - Variationen der Räumgeschwindigkeit von $v_r = 0,8$ m/s bis $v_r = 1,2$ m/s (entsprechend der v_{15} der mobilitätseingeschränkten Personen und der v_{15} der Fußgänger-Hauptgruppe).
- Unter Berücksichtigung der Forschungsergebnisse und der demografischen Entwicklung wird eine Anpassung der Mindestfreigabezeiten zur Verringerung der Häufigkeit des Laufens gegen Rot empfohlen. Dabei sollte auch für Fußgänger eine „Zuwegzeit“ von 2-3 s (unter Einbeziehung der Reaktionszeit) berücksichtigt werden. Es wird darüber hinaus empfohlen, im Regelfall größere Freigabezeiten als die Mindestfreigabezeiten zu wählen.
 - **Berücksichtigung einer Reaktions- und Zuwegzeit in Höhe von 3 s:**
 - Ohne Insel:
Mindestfreigabezeit = 3 s + (halbe Furtlänge)/(1,0 m/s))
 - Mit Insel, bei der ohne Halt auf der Insel gequert wird:
Mindestfreigabezeit = 3 s + ((längere Furt + Inseltiefe + halbe Furtlänge)/(1,0 m/s))
 - Beispiel:
Mindestfreigabezeit (bei 6,50 m Fahrbahnbreite ohne Insel) = 3 + 3,25/1,0 = 6,25 → 7,0 Sekunden

– **An LSA mit Zusatzeinrichtungen für blinde/sehbehinderte Personen:**

Ohne Insel: Mindestfreigabezeit = 3 s +
(ganze Furtlänge)/(0,8 m/s))

Mit Insel, bei der ohne Halt auf der Insel
gequert wird: Mindestfreigabezeit = 3 s +
((Furt 1 + Inseltiefe + Furt 2)/(0,8 m/s))

Beispiel:

Mindestfreigabezeit (bei 6,50 m Fahrbahn-
breite ohne Insel) = 3 + 6,5/0,8 = 11,1 →
12,0 Sekunden

12.3 Weiterer Forschungsbedarf

Die vorliegende Untersuchung kann wegen der begrenzten Fallzahlen nur Tendenzen aufzeigen. Zur Vertiefung wären zusätzliche Untersuchungen der Signalisierungsformen an weiteren Untersuchungsstellen sinnvoll.

Auch die weitergehenden Signalisierungsansätze sollten mit großer Fallzahl und im Rahmen von Modellvorhaben (mit Vorher-Nachher-Untersuchung) untersucht werden. Dabei sollten neben dem Grünblinker, dessen Einsatzfeld sich u. a. auch ggf. aus der Kombinationsmöglichkeit mit einer höheren Räumgeschwindigkeit (z. B. 1,2 m/s) ableitet, auch Lösungsansätze mit „echter“ Räumzeitanzeige (wie z. B. Rotblinker, Count-Down-Regelung zur Anzeige der Räumzeit) geprüft werden.

Weitere Untersuchungsansätze sind gestaffelte Räumgeschwindigkeiten (unterhalb einer maximalen Räumgeschwindigkeit) als Nutzung zur Freigabezeitverlängerung für Fußgänger und detektorgestützte Räumzeitverlängerungen.

Die Thematik bedingt verträglicher Signalisierungen (Kfz und Fg) ist detailliert zu untersuchen, insbesondere sind hierbei die Spitzenstunden des täglichen Verkehrs und das Hilfssignal Gelbblinker (wie z. B. konsequent in Saarbrücken eingesetzt) für abbiegende Kraftfahrer in die Untersuchung einzubeziehen.

Aufgrund des sehr unterschiedlichen Einsatzes von Signalbildern (Düsseldorf: Fg-Gelb mit Balken, Zürich: Fg-Gelb mit schreitendem Fußgängersinnbild, Italien: Fg-Gelb mit stehendem Fußgängersinnbild, Basel: Grünblinker als Sperrsignal, USA: Fg-Räumzeit mit Rotblinker) mit unterschiedlichem Bedeutungsinhalt sollte die Wirkung verschieden ausgestalteter Signale (Symbolik) auf das Verhal-

ten von Verkehrsteilnehmern mit Hilfe einer interdisziplinären Grundlagenforschung (v. a. auch unter Einbeziehung der Verkehrspsychologie, des Kommunikationsdesigns und der Kulturwissenschaft) untersucht werden.

13 Literatur

Arbeitskreis Verkehr und Umwelt e. V.: Fußgängerfreundliche Ampeln in Städten und Dörfern. Berlin 1987

BERNHARD, J., GRAHL, S.: Praktischer Leitfaden zur Beurteilung der Qualität an Lichtsignalanlagen – Checklisten und normierte Kenngrößenbewertung. Straßenverkehrstechnik 8/2008, S. 477-481

BERNHARD, J., GRAHL, S.: Praktischer Leitfaden zur Beurteilung der Qualität an Lichtsignalanlagen – Checklisten und normierte Kenngrößenbewertung. Straßenverkehrstechnik 8/2009, S. 517-525

BOENKE, D., GERLACH, J.: Beeinträchtigungen im Alter und Empfehlungen zur Gestaltung von Straßenräumen für uns älter werdende Menschen. Straßenverkehrstechnik 8/2011, S. 518-527

BOHLE, W., IRZIK., M., MENNICKEN, C.: Ablauf und Qualität des Fußgängerverkehrs. Straßenverkehrstechnik 11/2004, S. 585-594

BOLTZE, M., FRIEDRICH, B.: Innovation in der Lichtsignalsteuerung – Die Neufassung der Richtlinien für Lichtsignalanlagen (RiLSA). Straßenverkehrstechnik 4/2007, S. 192-197

BOLTZE, M., FRIEDRICH, B. et al.: Analyse und Bewertung neuer Forschungserkenntnisse zur Lichtsignalsteuerung. Bergisch Gladbach 2006

BOLTZE, M., KITTLER, W., NAKAMURA, H.: Lichtsignalsteuerung in Japan. Straßenverkehrstechnik 9/2008, S. 531-537

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Wohnungswesen: Richtlinien für die Anlage und Ausstattung von Fußgängerüberwegen (R-FGÜ). Bonn 2001

CELIKKAN, Y., HOFFMANN, A., SCHLABBACH, K.: Restrotanzeige für Fußgänger. Straßenverkehrstechnik 1/2008, S. 20-25

- CELIKKAN, Y., HOFFMANN, A., SCHLABBACH, K.: Restzeitanzeige für Autofahrer. Straßenverkehrstechnik 2/2009, S. 91-96
- CROW (NI): Handbook verkeerslichtenregelingen, Ede 2006
- Department of Transport: Puffin Good Practice Guide. London 2006
- ECCLES, K., TAO, R., MANGUM, B.: Evaluation of Pedestrian Countdown Signals in Montgomery Country, Maryland. Transportation Research Board (TRB), 83rd Annual Meeting. Washington, D. C., 2004
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Empfehlungen für Fußgängerverkehrsanlagen (EFA). Köln 2002
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Empfehlungen für Verkehrserhebungen. Köln 1991
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS). Köln 2001
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Hinweise für barrierefreie Verkehrsanlagen (H BVA). Köln 2011
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Richtlinien für Lichtsignalanlagen (RiLSA) – Lichtzeichenanlagen für den Straßenverkehr. Köln 1992
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Richtlinien für Lichtsignalanlagen (RiLSA) – Lichtzeichenanlagen für den Straßenverkehr Teilfortschreibung. Köln 2003
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Richtlinien für Lichtsignalanlagen (RiLSA) und Beispielsammlung. Köln 2010
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen (RASt). Köln 2006
- FUNK, W.: Kinder im Straßenverkehr. Wandel der Sozialisationsbedingungen und der Verkehrssicherheitsarbeit für Kinder. Bergisch Gladbach 2004
- GERLACH, J., MÜHLENBRUCH, I.: Renaissance des Fußgängerverkehrs – London auf dem Weg zu Europas Fußgängermetropole Nummer 1. Straßenverkehrstechnik 7.2009, S. 449-454
- Unfallforschung der Versicherer: Empfehlungen zur Verkehrssicherheit von Lichtsignalanlagen (EVL 2006). Empfehlungen Nr. 15. Berlin 2007
- Unfallforschung der Versicherer: Wesentliche Neuerungen der RiLSA 2010 und Anmerkungen zur Verkehrssicherheit. Berlin 2011
- HUANG, H., ZEGERER, C.: The Effects of Pedestrian Countdown Signals in Lake Buena Vista. Florida Department of Transportation 2004
- HÄCKELMANN, P.: Steuerung des Fußgängerverkehrs an Knotenpunkten mit Lichtsignalanlage. Dissertation an der Technischen Hochschule Darmstadt. Darmstadt 1976
- HEUSCH, H., BOESEFELDT, J.: Verbesserung der Lichtzeichenregelung in städtischen Straßennetzen für den Fußgängerverkehr. Ministerium für Stadtentwicklung und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf 1991
- KÖLL, H. et al.: Entscheidungsverhalten an Lichtsignalanlagen mit und ohne Grünblinken als Ankündigung der Übergangszeit Gelb. Straßenverkehrstechnik 7.2002, S. 339-345
- LIMBOURG, M.: Überforderte Kinder – Welche Forderungen stellt die Kinderpsychologie an die Verkehrssicherheitsarbeit? Bericht über die Tagung „Aspekte der Überforderung im Straßenverkehr – Forderungen an die Praxis“. Schweizerisches Institut für Verwaltungskurse, St. Gallen 1997
- MAIER, R.: Fußgängersicherheit in Städten. Mitteilungen der Beratungsstelle für Schadenverhütung, Köln 1984
- MARKOWITZ, F. et al.: Pedestrian Countdown Signals: Experience with an extensive Pilot Installation. ITE Journal 2006, S. 43-48
- MAXWELL, A. et al.: Puffin Pedestrian crossing accident study. Transport Research Laboratory, PPR507, Crowthorne 2011
- MENNICKEN, C., SCHMITZ, A.: Die EFA – Anlagen für den Querverkehr. Straßenverkehrstechnik, 2002

- Ministerium für Stadtentwicklung und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen: Mehr Sicherheit für Fußgänger an Verkehrsampeln – Verbesserung der Lichtzeichenregelung in städtischen Straßennetzen für den Fußgängerverkehr. Düsseldorf 1991
- Ministerium für Wirtschaft und Mittelstand, Technologie und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen: Untersuchungsbericht über die Umfrage zur Sicherheit der Fußgänger an Lichtsignalanlagen in Nordrhein-Westfalen im Jahr 1996. Düsseldorf 1997
- Österreichische Forschungsgemeinschaft Straße, Schiene und Verkehr: Merkblatt Nichtmotorisierter Verkehr – Fußgängerverkehr (RVS 3.12), Wien 2004
- Österreichische Forschungsgemeinschaft Straße, Schiene und Verkehr: Merkblatt Verkehrslichtsignalanlagen (RVS 5.32), Wien 1998
- ORTLEPP, J.: Unfallforschung der Versicherer: Auswertung der polizeilichen Unfallstatistik NRW 2004-2008; unveröffentlicht
- Planungsgemeinschaft Verkehr (PGV): Vergleichende Sicherheitsbewertung für Fußgänger-Überquerungsanlagen (FGÜ, LSA, Mittelinseln). Untersuchung im Auftrag des Gesamtverbands der Deutschen Versicherungswirtschaft, Hannover 2006
- RETZKO, H.-G., HÄCKELMANN, P.: Unfälle mit Fußgängern an Knotenpunkten mit Lichtsignalanlage unter besonderer Berücksichtigung der Art der Signalsteuerung. Bericht zum Forschungsprojekt 7373 im Auftrage der Bundesanstalt für Straßenwesen, Bereich Unfallforschung, Darmstadt 1976
- SCHLABBACH, K.: Pilotprojekt zur Restrotanzeige Gänsemarkt. Vortrag im Straßenverkehrs- und Tiefbauamt der Wissenschaftsstadt Darmstadt. Darmstadt 2007
- SCHLABBACH, K., CELIKKAN, Y.: Restrotanzeige Gänsemarkt. Begleituntersuchung zum Pilotprojekt. Hamburg 2006
- Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute: Schweizer Norm (SN) 640 070: Fußgängerverkehr – Grundnorm. Zürich 2009
- Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute: Schweizer Norm (SN) 640 832: Lichtsignalanlagen – Kopfnorm. Zürich 1992
- Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute: Schweizer Norm (SN) 640 837: Lichtsignalanlagen – Übergangszeiten und Mindestzeiten. Zürich 1992
- Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute: Schweizer Norm (SN) 640 838: Lichtsignalanlagen – Zwischenzeiten. Zürich 1992
- Stadt Aachen: Symposium: Sicherheit für Fußgänger an lichtzeichengeregelten Verkehrsknoten. Aachen 1989/1990
- Stadt Aachen: Wir verbessern Ihre Sicherheit! Fußgängersichere Ampelschaltung. Aachen 1991
- Stadt Wuppertal: Öffentliche Drucksache VO/0037/07-A, Fußgängersicherheit an beampelten Überwegen, Wuppertal 1997
- THORSON, O., PARÉS, J.: Pedestrian speeds in light signal controlled crossings. Vortragsmanuskript Konferenz Walk 21, San Sebastian 2001.
- Von STEIN, W.: Überweg-Signale mit Gelb für die Fußgänger. Polizei+Verkehrsjournal 2/76, S. 5-11
- WALKER, R. et al.: Puffin crossing operation and behaviour study. TRL Limited 2005
- WEBSTER, N.: The effect of newly installed Puffin crossings on collisions. London Road Safety Unit Research Report, London 2006

Schriftenreihe

Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

Unterreihe „Verkehrstechnik“

2008

- V 165: Ermittlung des Beitrages von Reifen-, Kupplungs-, Brems- und Fahrbahnabrieb an den PM₁₀-Emissionen von Straßen
Quass, John, Beyer, Lindermann, Kuhlbusch, - Hirner, Sulkowski, Sulkowski, Hippler € 14,50 -
- V 166: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2006 – Jahresauswertung der automatischen Dauerzählstellen
Fitschen, Koßmann € 26,00
- V 167: Schadstoffe von Bankettmaterial – Bundesweite Datenauswertung
Kocher, Brose, Siebertz € 14,50
- V 168: Nutzen und Kosten nicht vollständiger Signalisierungen unter besonderer Beachtung der Verkehrssicherheit
Frost, Schulze € 15,50
- V 169: Erhebungskonzepte für eine Analyse der Nutzung von alternativen Routen in übergeordneten Straßennetzen
Wermuth, Wulff € 15,50
- V 170: Verbesserung der Sicherheit des Betriebspersonals in Arbeitsstellen kürzerer Dauer auf Bundesautobahnen
Roos, Zimmermann, Riffel, Cyra € 16,50
- V 171: Pilotanwendung der Empfehlungen für die Sicherheitsanalyse von Straßennetzen (ESN)
Weinert, Vengels € 17,50
- V 172: Luftschadstoffe an BAB 2007
Baum, Hasskelo, Siebertz, Weidner € 13,50
- V 173: Bewertungshintergrund für die Verfahren zur Charakterisierung der akustischen Eigenschaften offenerporiger Straßenbeläge
Altreuther, Beckenbauer, Männel € 13,00
- V 174: Einfluss von Straßenzustand, meteorologischen Parametern und Fahrzeuggeschwindigkeit auf die PM_x-Belastung an Straßen
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden. -
Düring, Lohmeyer, Moldenhauer, Knörr, Kutzner, - Becker, Richter, Schmidt € 29,00 -
- V 175: Maßnahmen gegen die psychischen Belastungen des Personals des Straßenbetriebsdienstes
Fastenmeier, Eggerdinger, Goldstein € 14,50

2009

- V 176: Bestimmung der vertikalen Richtcharakteristik der Schallabstrahlung von Pkw, Transportern und Lkw
Schulze, Hübel € 13,00
- V 177: Sicherheitswirkung eingefräster Rüttelstreifen entlang der BAB A24
Lerner, Hegewald, Löhe, Velling € 13,50
- V 178: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2007 – Jahresauswertung der automatischen Dauerzählstellen
Fitschen € 26,00
- V 179: Straßenverkehrszählung 2005: Methodik
Kathmann, Ziegler, Thomas € 15,50
- V 180: Verteilung von Tausalzen auf der Fahrbahn
Hausmann € 14,50

- V 181: Voraussetzungen für dynamische Wegweisung mit integrierten Stau- und Reisezeitinformationen
Hülsemann, Krems, Henning, Thiemer € 18,50
- V 182: Verkehrsqualitätsstufenkonzepte für Hauptverkehrsstraßen mit straßenbündigen Stadt-/Straßenbahnkörpern
Sümmermann, Lank, Steinauer, M. Baier, R. Baier, Klemps-Kohnen € 17,00
- V 183: Bewertungsverfahren für Verkehrs- und Verbindungsqualitäten von Hauptverkehrsstraßen
Lank, Sümmermann, Steinauer, Baur, Kemper, Probst, M. Baier, R. Baier, Klemps-Kohnen, Jachtmann, Hebel € 24,00
- V 184: Unfallrisiko und Regelakzeptanz von Fahrradfahrern
Alrutz, Bohle, Müller, Prahlow, Hacke, Lohmann € 19,00
- V 185: Möglichkeiten zur schnelleren Umsetzung und Priorisierung straßenbaulicher Maßnahmen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit
Gerlach, Kesting, Thiemeyer € 16,00
- V 186: Beurteilung der Streustoffverteilung im Winterdienst
Badelt, Moritz € 17,00
- V 187: Qualitätsmanagementkonzept für den Betrieb der Verkehrsrechnerzentralen des Bundes
Kirschfink, Aretz € 16,50

2010

- V 188: Stoffeinträge in den Straßenseitenraum – Reifenabrieb
Kocher, Brose, Feix, Görg, Peters, Schenker € 14,00
- V 189: Einfluss von verkehrsberuhigenden Maßnahmen auf die PM₁₀-Belastung an Straßen
Düring, Lohmeyer, Pöschke, Ahrens, Bartz, Wittwer, - Becker, Richter, Schmidt, Kupiainen, Pirjola, - Stojiljkovic, Malinen, Portin € 16,50 -
- V 190: Entwicklung besonderer Fahrbahnbeläge zur Beeinflussung der Geschwindigkeitswahl
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.
Lank, Steinauer, Busen € 29,50
- V 191: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2008
Fitschen, Nordmann € 27,00
Dieser Bericht ist als Buch und als CD erhältlich oder kann ferner als kostenpflichtiger Download unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.
- V 192: Anprall von Pkw unter großen Winkeln gegen Fahrzeugrückhaltesysteme
Gärtner, Egelhaaf € 14,00
- V 193: Anprallversuche an motorradfahrerfreundlichen Schutzeinrichtungen
Klöckner € 14,50
- V 194: Einbindung städtischer Verkehrsinformationen in ein regionales Verkehrsmanagement
Ansorge, Kirschfink, von der Ruhren, Hebel, Johanning € 16,50
- V 195: Abwasserbehandlung an PWC-Anlagen
Londong, Meyer € 29,50
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.
- V 196: Sicherheitsrelevante Aspekte der Straßenplanung
Bark, Kutschera, Baier, Klemps-Kohnen € 16,00
- V 197: Zählungen des ausländischen Kraftfahrzeugverkehrs auf den Bundesautobahnen und Europastraßen 2008
Lensing € 16,50
- V 198: Stoffeintrag in Straßenrandböden – Messzeitraum 2005/2006
Kocher, Brose, Chlubek, Karagüzel, Klein, Siebertz € 14,50
- V 199: Stoffeintrag in Straßenrandböden - Messzeitraum 2006/2007
Kocher, Brose, Chlubek, Görg, Klein, Siebertz € 14,00

V 200: Ermittlung von Standards für anforderungsgerechte Datenqualität bei Verkehrserhebungen
Bäumer, Hautzinger, Kathmann, Schmitz,
Sommer, Wermuth € 18,00 -

V 201: Quantifizierung der Sicherheitswirkungen verschiedener Bau-, Gestaltungs- und Betriebsformen auf Landstraßen
Vieten, Dohmen, Dürhager, Legge € 16,00

2011

V 202: Einfluss innerörtlicher Grünflächen und Wasserflächen auf die PM₁₀-Belastung
Endlicher, Langner, Dannenmeier, Fiedler, Herrmann,
Ohmer, Dalter, Kull, Gebhardt, Hartmann € 16,00 -

V 203: Bewertung von Ortsumgehungen aus Sicht der Verkehrssicherheit
Dohmen, Vieten, Kesting, Dürhager, Funke-Akbiyik € 16,50

V 204: Einfluss von Straßenrandbegrünung auf die PM₁₀-Belastung
Bracke, Reznik, Mölleken, Berteilt, Schmidt € 22,00
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.

V 205: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2009
Fitschen, Nordmann € 27,50
Dieser Bericht ist sowohl als gedrucktes Heft der Schriftenreihe als auch als CD erhältlich oder kann außerdem als kostenpflichtiger Download unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.

V 206: Sicherheitspotenzialkarten für Bundesstraßen nach den ESN
Färber, Lerner, Pöppel-Decker € 14,50

V 207: Gestaltung von Notöffnungen in transportablen Schutzeinrichtungen
Becker € 16,00

V 208: Fahrbahnquerschnitte in baulichen Engstellen von Ortsdurchfahrten
Gerlach, Breidenbach, Rudolph, Huber, Brosch, Kesting € 17,50

V 209: Stoffeintrag in Straßenrandböden - Messzeitraum 2008/2009
Beer, Surkus, Kocher € 14,50

2012

V 210: Schmale zweibahnig vierstreifige Landstraßen (RQ 21)
Maier, Berger € 18,50

V 211: Innliegende Linkseinfädeltstreifen an plangleichen Knotenpunkten innerorts und im Vorfeld bebauter Gebiete
Richter, Neumann, Zierke, Seebo € 17,00

V 212: Anlagenkonzeption für Meistereigehöfte – Optimierung von Arbeitsabläufen
Schmauder, Jung, Paritschkow € 19,00

V 213: Quantifizierung von Verkehrsverlagerungen durch Baustellen an BAB
Laffont, Mahmoudi, Dohmen, Funke-Akbiyik, Vieten € 18,00

V 214: Vernetzungseignung von Brücken im Bereich von Lebensraumkorridoren
Schmellekamp, Tegethof
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 215: Stauprävention auf BAB im Winter
Kirschfink, Poschmann, Zobel, Schedler € 17,00

V 216: Verbesserungen der Verkehrssicherheit auf einbahnig zweistreifigen Außerortsstraßen (AOSI)
Lippold, Weise, Jährig (in Vorbereitung)

V 217: Verbesserung der Bedingungen für Fußgänger an Lichtsignalanlagen
Alrutz, Bachmann, Rudert, Angenendt, Blase,
Fohlmeister, Häckelmann € 18,50 -

Alle Berichte sind zu beziehen beim:

Wirtschaftsverlag NW
Verlag für neue Wissenschaft GmbH
Postfach 10 11 10
D-27511 Bremerhaven
Telefon: (04 71) 9 45 44 - 0
Telefax: (04 71) 9 45 44 77
Email: vertrieb@nw-verlag.de
Internet: www.nw-verlag.de

Dort ist auch ein Kompletverzeichnis erhältlich.