

# Quantifizierung von Verkehrsverlagerungen durch Baustellen an BAB

Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen

Verkehrstechnik Heft V 213



bast

# **Quantifizierung von Verkehrsverlagerungen durch Baustellen an BAB**

## **Quantifizierung der Verlagerungs- effekte bei Bundesautobahnen (BAB) im Rahmen von Bewertungsverfahren für Erhaltungsmaßnahmen**

von

Stefan Laffont  
Saeid Mahmoudi

MUVEDA Hellebrandt & Saeid Mahmoudi GbR  
Aachen

Richard Dohmen  
Regina Funke-Akbiyik  
Michael Vieten

IGS Ingenieurgesellschaft Stolz mbH  
Neuss

**Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen**

**Verkehrstechnik Heft V 213**

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

## Impressum

**Bericht zum Forschungsprojekt FE 01.168/2007/CGB:**  
Quantifizierung der Verlagerungseffekte bei Bundesautobahnen (BAB) im Rahmen von Bewertungsverfahren für Erhaltungsmaßnahmen – Stufe 1: Entwicklung eines geeigneten methodischen Vorgehens

### Projektbetreuung

Roland Weber

### 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](mailto:vertrieb@nw-verlag.de)  
Internet: [www.nw-verlag.de](http://www.nw-verlag.de)

ISSN 0943-9331  
ISBN 978-3-86918-242-1

Bergisch Gladbach, Juni 2012

Print  kompensiert  
Id-Nr. 1220820  
[www.bvdm-online.de](http://www.bvdm-online.de)

## Kurzfassung – Abstract

### Quantifizierung von Verkehrsverlagerungen durch Baustellen an BAB

Ziel des Forschungsvorhabens war die Entwicklung eines Verfahrens zur Quantifizierung von Verkehrsverlagerungen durch Arbeitsstellen im Bereich der Bundesautobahnen. Eine wesentliche Grundlage der Untersuchung bildeten Datenanalysen der rund 1.350 automatischen Dauerzählstellen im Bundesfernstraßennetz. Die Ermittlung möglicher Verlagerungseffekte wurde zusätzlich an ausgewählten Beispielen mit Hilfe von makroskopischen Verkehrsmodellen analysiert.

Zusammenfassend zeigten die Analysen, dass während der Arbeitsstellenzeit Verlagerungseffekte fast ausschließlich in den Spitzenstunden auftreten. In diesen Stunden erreichten die Änderungen der Belastung auf den Autobahnabschnitten eine Größenordnung von 2 % bis 5 %. Über den Tag gesehen ergibt sich eine mittlere Verlagerung unter 1 %.

Im Rahmen der durchgeführten Regressions- und Clusteranalysen konnten keine Einflussfaktoren oder Merkmalskombinationen ermittelt werden, die die Ursachen für die durch Arbeitsstellen bedingten Belastungsänderungen mit einer ausreichenden Zuverlässigkeit erklären konnten. Lediglich eine Differenzierung der Arbeitsstellenrichtungen nach unterschiedlichen Typen von Verkehrsführungen führte zu dem Ergebnis, dass nennenswerte Verlagerungen lediglich für die Arbeitsstellensituationen auftreten, bei denen eine Reduzierung der Fahrstreifenanzahl von 2 auf 1 oder von 3 auf 2 Fahrstreifen erfolgte.

Aufgrund der Erkenntnisse, dass arbeitsstellenbedingte Verkehrsverlagerungen auch bei hohen Streckenbelastungen deutlich niedriger sind als bisher vielfach angenommen, die Verkehrsverlagerungen sich auf die hochbelasteten Stundenbereiche beschränken, die Verlagerungen mit der Dauer der Arbeitsstellenlaufzeit abklingen und keine funktionalen Abhängigkeiten mit hohem Bestimmtheitsmaß ermittelt werden konnten, ist die Berücksichtigung arbeitsstellenbedingter Verkehrsverlagerungen auf Autobahnen im Rahmen von gesamtwirtschaftlichen Bewertungen vermutlich nur in sehr geringem Umfang ergebnisrelevant.

### Quantifying of transfer effects for federal highways by maintenance activities

This research project aims at developing quantification proceedings by means of road works in the field of federal highways. The data analyses of about 1,350 automatic traffic counting systems provide an important basis for the survey. Further, possible transfer effects were analyzed selectively with the help of macroscopical traffic models.

To summarize, analyses showed that transfer effects almost exclusively occur when the traffic is at its peak. Changes in traffic volume of the peak hours of the highways amounted to 2-5%. In the course of a day there is a medium transfer below 1%.

It was impossible to establish any influencing factors or feature combinations that reliably indicated the causes for traffic volume changes due to road works by carrying out a regression and cluster analysis. Differentiating the directions of road works according to the different types of traffic routing led to the result that significant shifts only occurred whenever the number of lanes had been reduced from 2 to 1 or from 3 to 2 lanes.

Given that the traffic shifts near road works are much lower than is often assumed, that the traffic shifts are limited to highly affected peak hours, that the shifts decrease in proportion to the duration of road works and that no functional dependency with a high coefficient of determination could be achieved, taking the road shifts caused by road works into account is presumably only relevant to the result to a minor extent.



## Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	7	<b>8</b>	<b>Parameter zur Beschreibung der Verlagerungswirkungen</b> .....	52
<b>2</b>	<b>Aufgabenstellung</b> .....	7	8.1	Einflussgrößen des Autobahnabschnitts .....	52
<b>3</b>	<b>Untersuchungsmethodik</b> .....	8	8.2	Externe Faktoren .....	53
3.1	Allgemeines .....	8	8.3	Ergebnisse des QuantAS-Berechnungsprogramms .....	58
3.2	Einflussparameter .....	8	8.4	Verkehrsmeldungen .....	60
3.3	Verlagerungswirkungen .....	9	<b>9</b>	<b>Verfahren der linearen Regressionsanalyse</b> .....	63
3.4	Vorgehensweise .....	10	9.1	Herangehensweise .....	63
<b>4</b>	<b>Literaturanalyse</b> .....	12	9.2	Auswahl der Einflussgrößen für die Regressionsanalyse .....	65
<b>5</b>	<b>Strukturanalyse der Autobahnarbeitsstellen</b> .....	15	9.3	Ergebnisse der Regressionsanalyse .....	72
<b>6</b>	<b>Datengrundlagen</b> .....	18	<b>10</b>	<b>Clusteranalysen</b> .....	74
6.1	Arbeitsstelleninformationen .....	18	10.1	Vorgehensweise .....	74
6.2	Netz-und Verkehrsmodelle .....	19	10.2	Ergebnisse .....	76
6.3	Verkehrsdaten .....	20	<b>11</b>	<b>Hypothesen</b> .....	80
6.4	Verkehrsmeldungen .....	20	<b>12</b>	<b>Resumé und Empfehlung</b> .....	90
6.5	Aufbereitung und Verknüpfung der Datengrundlagen .....	20	12.1	Wesentliche Erkenntnisse aus den durchgeführten Analysen .....	90
<b>7</b>	<b>Arbeitsstellenbedingte Veränderungen der Verkehrsbelastung</b> .....	22	<b>Literatur</b> .....		91
7.1	Vorgehensweise .....	22			
7.2	Pauschale Auswertung der Belastungsänderungen während der Spitzenstunden .....	23			
7.3	Jahreszeitliche Schwankungen .....	30			
7.4	Zeitliche Verlagerungen .....	31			
7.5	Verteilung der Arbeitsstellenbereiche mit Verlagerungswirkungen im BAB-Netz .....	32			
7.6	Beispielhafte Betrachtung ausgewählter Arbeitsstellen .....	33			
7.7	Belastungszunahmen auf parallelen Strecken .....	44			



## 1 Einleitung

Die Ergebnisse von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen gehören zu den wichtigen Aspekten bei der Beurteilung von Verkehrswegeinvestitionen. Die bekannten, auf den Methoden der Nutzen-Kosten-Analyse basierenden volkswirtschaftlichen Bewertungsverfahren werden dazu häufig an die unterschiedlichen spezifischen Fragestellungen angepasst und deren Ergebnisse als eine entscheidende Unterstützung bei der Optimierung von Lösungskonzepten herangezogen. Darüber hinaus liefern sie wesentliche Grundlagen für die Bewertung von Alternativen, die Dringlichkeitsreihung sowie die Bedarfs- und Investitionsplanung. Entsprechende Verfahren der Nutzen-Kosten-Analyse sollen künftig auch zur Beurteilung von Erhaltungsmaßnahmen an Straßen, Brücken- und Ingenieurbauwerken eingesetzt werden.

Wie die bisherigen Erfahrungen bei der Bewertung von Neu- und Ausbaumaßnahmen im Straßennetz belegen, resultieren die höchsten Nutzenbeiträge aus den zeit- und verkehrsablaufabhängigen Bewertungskomponenten, die zu Veränderungen der Transportkosten im gewerblichen Verkehr und der Fahrzeitkosten im privaten Verkehr führen. Auch bei der vorgesehenen Bewertung von mit Erhaltungs- und Ausbaumaßnahmen verbundenen Verkehrsraumeinschränkungen durch Arbeitsstellen im Rahmen des BMS (Bauwerks-Management-System) und des PMS (Pavement-Management-System) im Bundesautobahnnetz ist davon auszugehen, dass neben Verkehrssicherheitsaspekten die Fahrzeitänderungen das Ergebnis wesentlich beeinflussen.

Die Veränderungen der Fahrzeit können einerseits auf die angeordneten Geschwindigkeitsbeschränkungen im Arbeitsstellenbereich zurückgeführt werden. Andererseits können sich aber auch Verkehrsverlagerungen auf Alternativstrecken insbesondere während der Tagesstunden mit starker Belastung bzw. Überlastung des betrachteten Arbeitsstellenabschnittes ergeben. Daher wird das Ergebnis der Maßnahmenbewertung auch durch eventuell eintretende Verkehrsverlagerungen beeinflusst.

Während detaillierte Untersuchungsergebnisse zu den Kapazitätsminderungen durch verschiedene Verkehrsführungen an Arbeitsstellen, zu Staulängen und zur Staudauer vorliegen, gibt es zu den Verlagerungswirkungen durch Arbeitsstellen bisher nur grobe Schätzwerte, die – je nach Zielrichtung – stark

differieren. Im Bezug auf die eventuell maßgeblichen Größen, die die Verlagerungseffekte beeinflussen, gibt es zwar grundsätzliche Annahmen, die jedoch nur unzureichend durch Fakten belegt sind.

Aufgrund dieser Unsicherheiten wurden bei den bisherigen Betrachtungen Verkehrsverlagerungen durch Arbeitsstellen auf Autobahnen entweder gänzlich vernachlässigt oder durch pauschale Annahmen abgeschätzt.

Bei einer Berücksichtigung von Verkehrsverlagerungen durch Arbeitsstellen im Rahmen von gesamtwirtschaftlichen Bewertungen sind aber nicht nur die veränderten Verkehrsbelastungen auf dem betreffenden Autobahnabschnitt, sondern auch die Belastungszunahmen auf Ausweichstrecken zu berücksichtigen.

## 2 Aufgabenstellung

Ziel des Forschungsvorhabens war deshalb, ein möglichst genaues – und praxistaugliches – Verfahren zur Quantifizierung der Verkehrsverlagerungen durch Arbeitsstellen im Bereich der Bundesautobahnen zu entwickeln. Die Bestimmung der für die Verlagerungswirkungen maßgeblichen Einflussgrößen und ihre Übernahme in ein Berechnungsverfahren sollten die Quantifizierung des Verlagerungspotenzials als Grundlage für Bewertungen im Rahmen des BMS und des PMS ermöglichen.

Die Ergebnisse der Berechnungen sollten als wesentliche Eingangsgrößen in die Untersuchungen zur Wirtschaftlichkeit erwogener Erhaltungsmaßnahmen einfließen. Durch eine genauere Ermittlung des Verlagerungspotenzials sollte die Aussagegenauigkeit der Bewertungsergebnisse deutlich verbessert werden. Diese Ergebnisse des Vorhabens bilden somit eine weitere Grundlage für künftige Bedarfs- und Investitionsplanungen der Bundesrepublik Deutschland als Baulastträger der Bundesautobahnen.

Aufgrund der Tatsache, dass bisher keine belastbaren Aussagen zur Höhe von Verlagerungspotenzialen vorliegen, ging es in einem ersten Schritt darum, die Größenordnung dieser Verlagerungen durch Auswertungen von automatischen Dauerschälstellen auf Autobahnen zu ermitteln. Ein nächster Schritt beinhaltete dann eine umfassende Analyse, um zu klären, welche Einflussparameter für Verlagerungseffekte verantwortlich sind. Hier ging



es auch darum, zu klären, ob sich solche Einflussfaktoren isolieren und in ein beschreibendes oder erklärendes Modell integrieren lassen.

Generelle Zielsetzung war es – wenn möglich – ein Modell zu entwickeln, das unter Nutzung der in der Praxis verfügbaren Informationen in der Lage ist, durch Arbeitsstellen bedingte Verlagerungseffekte mit hinreichender Genauigkeit zu beschreiben, um diese dann im Rahmen von gesamtwirtschaftlichen Betrachtungen berücksichtigen zu können.

Für die Analysen wurden ausschließlich Arbeitsstellen längerer Dauer, d. h. mindestens 14-tägige Arbeitsstellen berücksichtigt, da nur von diesen nennenswerte Verlagerungseffekte zu erwarten sind.

### 3 Untersuchungsmethodik

#### 3.1 Allgemeines

In einem ersten Schritt erfolgt eine umfassende Recherche vorliegender Untersuchungsergebnisse zu den Themenbereichen

- Verkehrszählungsergebnisse auf Autobahnen,
- Arbeitsstellen auf Autobahnen,
- durch Arbeitsstellen bedingte Zeitverluste,
- Verlagerungswirkungen im Autobahnnetz und
- Verkehrsmeldungen.

Dabei wurden die bisher gewonnenen Erkenntnisse und Erfahrungen auf den o. g. Gebieten analysiert, ausgewertet und dokumentiert. Hierbei wurde der Fokus auf die Identifikation möglicher Einflussgrößen, die das Verlagerungspotenzial durch Arbeitsstellen auf Bundesautobahnen beschreiben könnten, gelegt. Ausgewertet wurden außerdem Untersuchungsergebnisse hinsichtlich der Auswirkung von Einschränkungen der Kapazität und der Verkehrsqualität auf das Routenwahlverhalten der Verkehrsteilnehmer. In diesem Zusammenhang wurden auch Erkenntnisse zur Leistungsfähigkeit unterschiedlicher Autobahnquerschnitte recherchiert.

#### 3.2 Einflussparameter

Nach bisherigen Kenntnissen ist die Höhe möglicher Verkehrsverlagerungen durch Arbeitsstellen auf Autobahnen primär von den Zeitverlusten, die

die Verkehrsteilnehmer durch die Arbeitsstellen hinnehmen müssen, abhängig. Dabei ist zwischen Zeitverlusten aufgrund von Geschwindigkeitsbeschränkungen und Zeitverlusten aufgrund von Stauerscheinungen (mangelnde Leistungsfähigkeit) zu unterscheiden. Darüber hinaus sind die Dauer der Stauerscheinungen und das Ausmaß der Kapazitätsdefizite relevant.

Die Kapazitätsdefizite sind wiederum von der Verkehrsbelastung, die durch tägliche und stündliche Verkehrsstärken, Ganglinienverläufe, Schwerverkehrsanteile sowie durch weitere Kenngrößen beschrieben werden, abhängig. Grundsätzlich ist die Kapazität eines Arbeitsstellenabschnitts abhängig von der Verkehrsführung in der Arbeitsstelle, d. h.

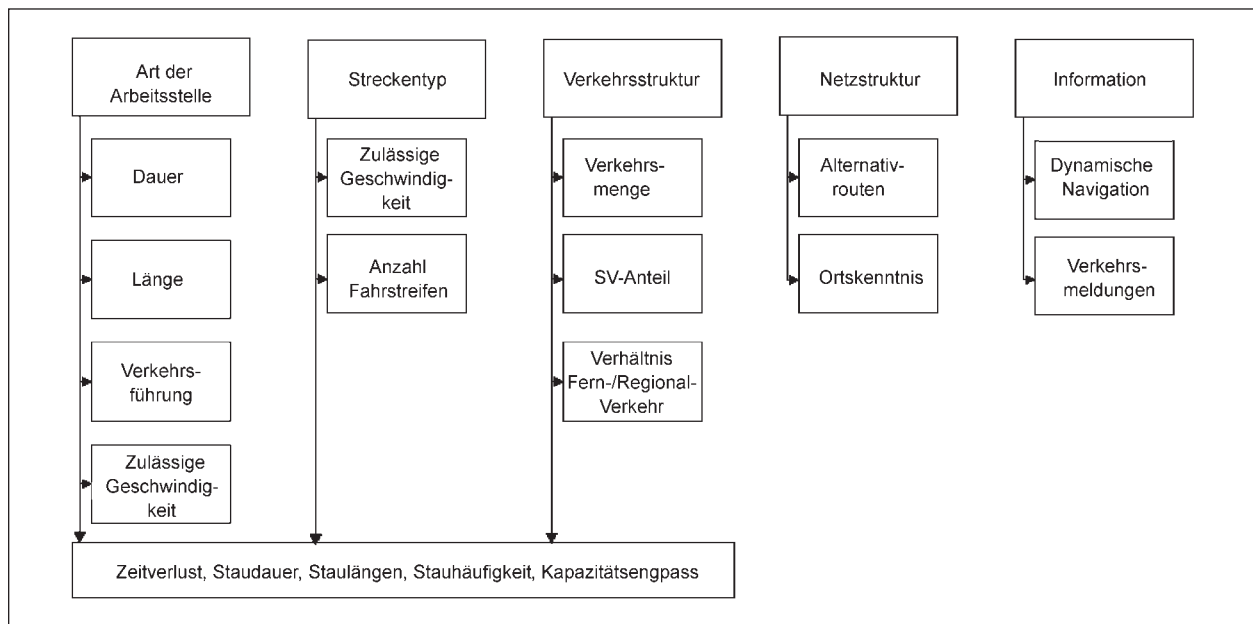
- von der Anzahl verfügbarer Fahrstreifen,
- von der Gestaltung der Arbeitsstellenzufahrt mit oder ohne Fahrstreifenreduktion,
- von der Frage, ob innerhalb der Arbeitsstelle Überholvorgänge möglich sind, und
- von der Fahrstreifenbreite.

Die Abgrenzung zum Gegenverkehr, die in der Regel durch mobile bauliche Einrichtungen erfolgt, ist für die Beurteilung der durch Arbeitsstellen bedingten Belastungsänderungen nicht von Bedeutung.

Die Arbeitsstellendauer könnte für die Verlagerungswirkung ebenfalls wesentlich sein, da die Verkehrsteilnehmer bei kurzer Arbeitsstellendauer die dadurch bedingten Zeitverluste als einmaliges oder zeitlich begrenztes Ereignis empfinden und auf die Auswahl einer günstigeren Alternativstrecke verzichten.

Einen wesentlichen Einfluss auf das Verlagerungspotenzial könnten die Verfügbarkeit und die Kapazität von Alternativstrecken – dies gilt für Alternativrouten auf Autobahnen wie auch im nachgeordneten Straßennetz – haben, sodass dieses Kriterium im Rahmen der Analysen zu berücksichtigen war.

Das Angebot von Verkehrsmeldungen in den Medien (Internet, RDS, Mobilfunk etc.) kann ebenso wie die Nutzung von dynamischen Navigationssystemen die Bereitschaft beeinflussen, bei durch Arbeitsstellen bedingten Störungen auf Alternativrouten auszuweichen. Da sich im Laufe der Untersuchung aber herausstellte, dass die Verlagerungs-



**Bild 1:** Zusammenstellung möglicher Einflussgrößen zur Beschreibung durch Arbeitsstellen bedingter Verkehrsverlagerungen

effekte insgesamt sehr gering sind und nur für Arbeitsstellen mit stärkeren verkehrlichen Einschränkungen Wirkungen ermittelt werden konnten, wurde auf eine detailliertere Untersuchung bzgl. der Nutzung von Navigationssystemen verzichtet.

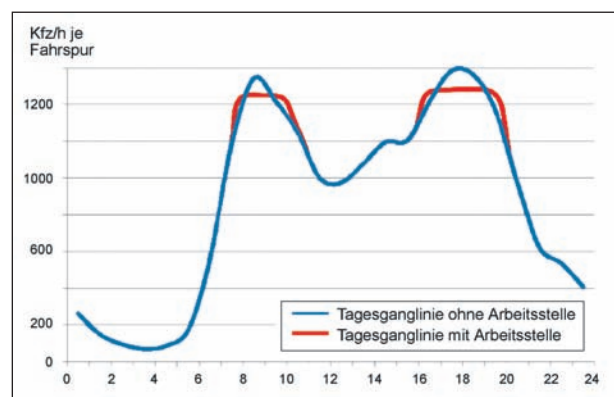
Die Kriterien aus den oben beschriebenen Bereichen, die die Verlagerungen beeinflussen können, wurden bei den Analysen berücksichtigt. Auf Basis der Analyseergebnisse war dann zu klären, ob sich der Einfluss einzelner Faktoren isolieren lässt. Für den Fall war zu untersuchen, ob er so bedeutend ist, dass er in eine praxisorientierte Methodik einzu beziehen ist. Ist der Einfluss nur sehr gering, kann er vor dem Hintergrund der Praxis tauglichkeit vernachlässigt werden.

In Bild 1 sind die möglichen Einflussgrößen zur Beschreibung von Verkehrsverlagerungen aufgrund von Arbeitsstellen auf Autobahnen zusammengestellt.

### 3.3 Verlagerungswirkungen

Grundsätzlich können durch Arbeitsstellen im Autobahnnetz unterschiedliche Verlagerungswirkungen bedingt werden:

- zeitliche Verlagerungen, bei denen die Verkehrsteilnehmer keine alternative Route wählen, sondern von den Spitzenstunden in schwächer belastete Zeitbereiche ausweichen (vgl. Bild 2), sowie



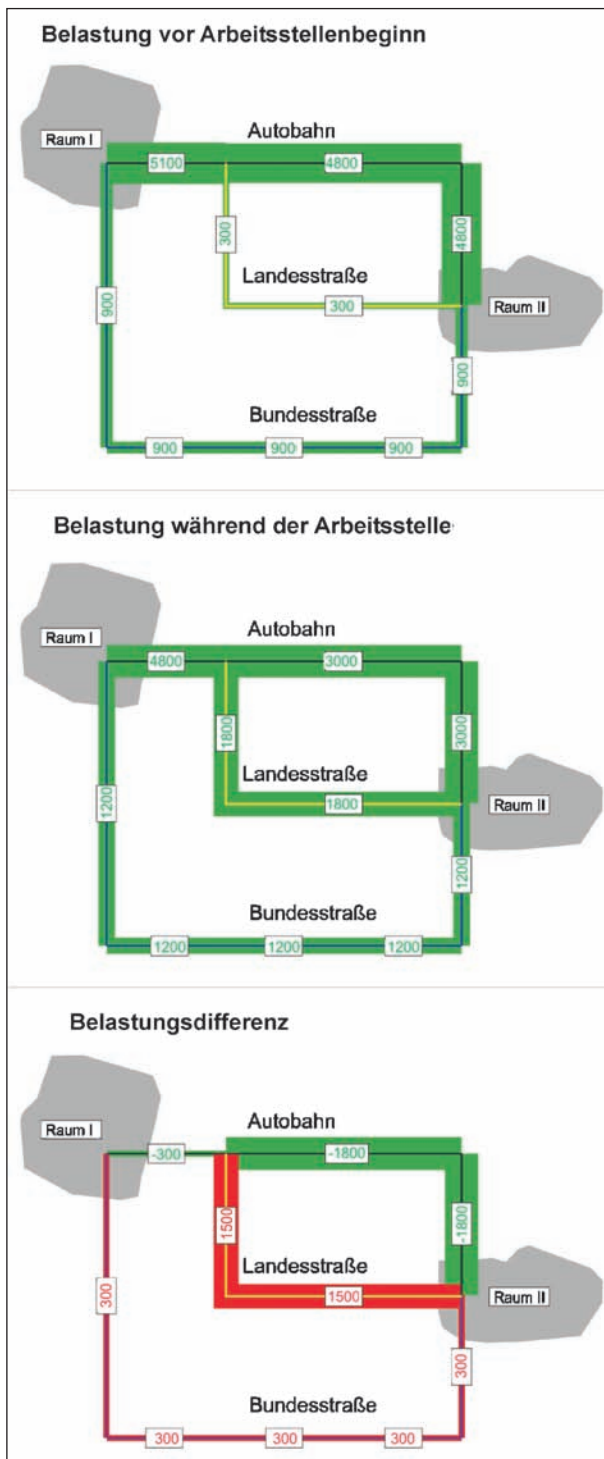
**Bild 2:** Beispiel für eine zeitliche Verlagerung von Verkehrsströmen (Tagesganglinie vor und nach einer zeitlichen Verkehrsverlagerung)

- räumliche Verlagerungen, die sich unterscheiden lassen nach
  - kleinräumigen Verlagerungen auf alternative Autobahnen bzw. autobahnähnliche Strecken in Ballungsräumen; hier haben die Nutzer (häufig Berufspendler) die Möglichkeit, spontan auf Arbeitsstellensituationen zu reagieren und – aufgrund der vorhandenen Ortskenntnis – alternative Routen zu wählen,
  - Verlagerung auf das nachgeordnete Straßennetz und
  - großräumige Verlagerungswirkungen im BAB-Netz.

Für jede der oben aufgeführten typischen Verlagerungswirkungen – generell sind auch Mischformen

möglich – gelten eventuell unterschiedliche Wirkungszusammenhänge. Bild 2 zeigt ein Beispiel für eine zeitliche Verlagerung von Verkehrsbelastungen.

In Bild 3 ist ein schematisiertes Beispiel für räumliche Verkehrsverlagerungen in das nachgeordnete Straßennetz dargestellt.



**Bild 3:** Beispiele für räumliche Verlagerungen von Verkehrsströmen (Vorher-Situation, Nachher-Situation, Differenzdarstellung), Angaben in Kfz/h während der Spitzenstunde

### 3.4 Vorgehensweise

Im Vorfeld der durchgeführten Analysen wurden Arbeitsstellen auf Autobahnen ausgewählt, für die Belastungsänderungen ermittelt werden sollten. Dazu wurde aus den Daten der gemeldeten Arbeitsstellen auf Autobahnen der Jahre 2005, 2006, 2007 und 2008 (ca. 900 Arbeitsstellen längerer Dauer pro Jahr) die Lage der Arbeitsstellen dem Autobahnnetz zugeordnet. Wesentliches Kriterium für die Auswahl der in die Untersuchung einzubeziehenden Arbeitsstellenbereiche war die Verfügbarkeit der für die Analysen benötigten Informationen.

In jedem Fall musste mindestens eine automatische Dauerzählstelle im Einflussbereich der Arbeitsstelle vorhanden sein, aus der Verkehrsdaten für Zeitbereiche vor Einrichtung der Arbeitsstelle, während der Arbeitsstellendauer und nach Beendigung der Arbeitsstelle übernommen werden konnten. Hierzu wurde zunächst die Lage der im Bundesfernstraßennetz vorhandenen rd. 1.350 Dauerzählstellen erfasst. Ergänzend sollten auch Dauerzählstellen auf möglichen Ausweichrouten im nachgeordneten Straßennetz vorhanden sein.

Die Auswertung der Verkehrsbelastungen an den Dauerzählstellen erfolgt sowohl im Bezug auf zeitliche als auch im Bezug auf räumliche Verlagerungswirkungen:

- Zur Ermittlung der räumlichen Verlagerungen wurden die Dauerzählstellen für zwei Wochen im Zustand ohne Arbeitsstelle und für weitere mindestens zwei bis maximal sechs Wochen im Zustand mit Arbeitsstelle sowie für zwei Wochen im Zustand nach Beendigung der Einschränkungen ausgewertet. Durch den Vergleich der Verkehrsmengen gleicher Tage ergeben sich Hinweise auf räumliche Verkehrsverlagerungen.
- Zeitliche Verlagerungen lassen sich erkennen, wenn Verkehre von den Spitzenstunden in benachbarte Stunden verlagert werden, sodass die Verkehrsbelastung in der Spitzenstunde zurückgeht, während in den benachbarten Zeitbereichen leichte Zunahmen zu beobachten sind. Die Ermittlung der zeitlichen Verlagerungen erfolgte über die differenzierte Auswertung einzelner Stundengruppen, wobei die Situation vor und während der Arbeitsstellenzeit verglichen wurde.

Die Ermittlung möglicher Verlagerungseffekte wurde zusätzlich an einigen Beispielen mit Hilfe von makroskopischen Verkehrsmodellen analysiert.

Weiterhin wurde geklärt, unter welchen Rahmenbedingungen nennenswerte Änderungen der Verkehrsbelastungen durch Arbeitsstellen auf Bundesautobahnen zu erwarten sind. Es ist davon auszugehen, dass Arbeitsstellen von kurzer Dauer bzw. mit vergleichsweise geringen Beeinträchtigungen des Verkehrsablaufs nur zu relativ geringen Verlagerungen führen. Deshalb wurden im Rahmen der Untersuchung Arbeitsstellen kürzerer Dauer nicht betrachtet.

Um die Verlagerungswirkungen für zukünftige Arbeitsstellensituationen zu quantifizieren, bieten sich grundsätzlich zwei alternative Verfahren an:

- Verfahren 1  
sieht die Nutzung eines verhaltensorientierten Verkehrsmodells, wie es z. B. mit dem Verkehrsmodell der Bundesverkehrswegeplanung existiert, vor. Zur Ermittlung der Verlagerungswirkungen durch Arbeitsstellen werden dem Planer Kapazitäts- und Qualitätskenngrößen für Arbeitsstellenbereiche an die Hand gegeben, die für die modellmäßige Ermittlung von Verlagerungswirkungen genutzt werden können und die anhand der empirischen Erhebungen quantifiziert wurden. Insofern entspricht die Herangehensweise weitgehend derjenigen der gesamtwirtschaftlichen Bewertung für Straßenbauprojekte, bei der auch Verkehrsbelastungen für den Vergleichsfall (ohne Maßnahme) und für den Prognosefall (mit Maßnahme) mit Hilfe eines Verkehrsmodells ermittelt werden. Der Wirkungsbereich der Maßnahme umfasst diejenigen Netzstrecken, auf denen sich durch die Maßnahme bedingte Verlagerungen ergeben. Diese Daten können dann Eingangsgrößen für das künftige Bewertungsverfahren nach der Methode der Nutzen-Kosten-Analyse im Rahmen des BMS/PMS, analog zu BVWP-Verfahren (BMVBW, 2005) bzw. EWS (FGSV, 1997), sein. Voraussetzung ist jedoch, dass die Verlagerungswirkungen eine gewisse Größenordnung überschreiten, da Verkehrsmodelle nur eine begrenzte Aussagegenauigkeit haben. Bei minimalen Verlagerungswirkungen würde das Ergebnis zu stark durch statistische und modelltechnische Unsicherheiten beeinflusst, sodass sich – insbesondere für die Wirkungen im nachgeordneten Straßennetz – keine verwertbaren Aussagen generieren lassen.
- Verfahren 2  
sieht eine vereinfachte Herangehensweise vor, bei der kein Verkehrsmodell für die Ermittlung

der Verlagerungswirkungen benötigt wird. Dazu werden aufgrund der vorhandenen Rahmenbedingungen die Verlagerungswirkungen abgeschätzt. Solche Rahmenbedingungen betreffen auf der einen Seite die Arbeitsstellen (z. B. Verkehrsführung, Dauer, Verkehrsbelastung und -zusammensetzung) und auf der anderen Seite den Streckenabschnitt mit der Straßennetsituation (z. B. Verfügbarkeit und Leistungsfähigkeit von Alternativstrecken). Ziel ist ein vereinfachter Ansatz zur Abschätzung der Verlagerungswirkungen aufgrund von Arbeitsstellen, der durch eine Formel (in die die relevanten Parameter eingehen), durch ein Nomogramm, aus dem die benötigten Werte abgegriffen werden können, oder eine Tabelle mit pauschalen Werten beschrieben wird. Dieses Verfahren eignet sich insbesondere, wenn eine exakte Quantifizierung des Einflusses einzelner Parameter nicht möglich ist und zu den Verkehrszunahmen im nachgeordneten Straßennetz – wenn überhaupt – nur pauschale Aussagen getroffen werden können.

Die zur Bearbeitung der Untersuchungsaufgaben notwendigen Schritte sowie die gewonnenen Erkenntnisse und Schlussfolgerungen werden in den folgenden Kapiteln beschrieben:

In Kapitel 4 sind die Ergebnisse der Literaturrecherche aufgeführt. Auf der Basis der erfassten Daten wurden übergreifende Analysen der Arbeitsstellen auf Autobahnen hinsichtlich verschiedener Parameter wie z. B. Fahrstreifenreduktion, Arbeitsstellenlänge, Art der Verkehrsführung und Fahrleistung innerhalb der Arbeitsstellenbereiche durchgeführt. Die Ergebnisse hierzu werden im Kapitel 5 getrennt für die einzelnen Bundesländer sowie zusammenfassend für Deutschland dargestellt. Auf Basis der aufbereiteten Daten, die im Detail in Kapitel 6 beschrieben sind, wurden umfangreiche Auswertungen zur Ermittlung der Belastungsänderungen auf Autobahnen während und nach dem Arbeitsstellenzeitraum im Vergleich zur Vorher-Situation durchgeführt. Die Ergebnisse dieses Arbeitsschritts sind im Kapitel 7 dargestellt und erläutert. In Kapitel 8 wurden unterschiedliche Faktoren, die Einfluss auf die Verlagerungswirkungen haben können, analysiert und bewertet. Im Rahmen von Regressions- und Clusteranalysen in Kapitel 9 und Kapitel 10 wurde die Aussagekraft unterschiedlicher Faktoren auf das Verkehrsverlagerungspotenzial infolge von Arbeitsstellen auf Autobahnen untersucht. In Kapitel 11 wurden dann Hypothesen

bzgl. der durch Arbeitsstellen bedingten Verkehrsverlagerungen aufgestellt und abschließend in Kapitel 12 ein Resumé gezogen.

## 4 Literaturanalyse

Die Stauproblematik aufgrund von Tages- und Dauerarbeitsstellen an Bundesautobahnstrecken war in den letzten Jahren mehrmals zentrales Thema von Forschungsvorhaben. Die Untersuchungen befassen sich mit grundsätzlichen Aspekten wie Modellierung der Verkehrsnachfrage, Schätzung der Kapazitätsgrenzen von Engpässen, Modellierung der Stauentwicklung im Bereich von Engpässen und Ermittlung der eintretenden Zeitverluste für die Verkehrsteilnehmer. Die räumlichen und zeitlichen Verlagerungseffekte aufgrund überlasteter Arbeitsstellen wurden entweder nicht berücksichtigt oder die Modellierung erfolgte aufgrund fehlender Untersuchungen nur über pauschale Ansätze. Die Ergebnisse der wichtigsten Untersuchungen werden im Folgenden kurz beschrieben:

### WERMUTH, SOMMER, WULFF (2006)

Im Rahmen dieses Projekts wurden aus der Analyse des Routenwahlverhaltens einer Vielzahl von Probanden Hinweise zur Weiterentwicklung von Routensuch- und Umlegungsmodellen abgeleitet. Bei Fahrtweiten bis zu 9 km wurde für Fahrten zum Wohnort im Vergleich zu anderen, nicht wohnortgebundenen Fahrten gleicher Länge ein um 5 % bis 10 % höherer Streckenanteil auf untergeordneten Straßen ermittelt. Das bedeutet, dass bei Fahrten von der Arbeitsstelle nach Hause selbst bei erwarteten geringen Zeiteinsparungen „Schleichwege“ benutzt werden, die eine gute Ortskenntnis voraussetzen. Vor allem in den Morgen- und Nachmittagspitzen wären demnach höhere, durch Berufspendler hervorgerufene Verlagerungseffekte von den Autobahnen auf das nachgeordnete Netz zu erwarten, wenn dadurch (geringe) Zeitgewinne ermöglicht werden.

### WERMUTH, WULFF (2008)

Ziel des Projektes war es, Erhebungsmethoden zur Befolgung von Alternativroutenempfehlungen an Netzbeeinflussungsanlagen zu entwickeln. Dabei wurden systematisch die verschiedenen Faktoren, die einen Einfluss auf die Befolgung von Alternativ-

routenempfehlungen haben, dargestellt und verschiedene Erhebungsverfahren zur Bestimmung von Befolgungsgraden analysiert. Als Ergebnis konnte festgehalten werden, dass die reine Auswertung von Verkehrsmengen im Vorher- und Nachher-Zustand aufgrund der Komplexität der Einflussgrößen an Netzbeeinflussungsanlagen zur generellen Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere Anlagen als nicht angemessen und ausreichend angesehen wurde. Vielmehr werden statistische Testverfahren nach Anwendung kurzzeitiger Versuchsschaltung auf den jeweiligen Anlagen als wirkungsvoller empfohlen. Gleichzeitig wurden der Befolgungsgrad neu definiert und damit die Defizite älterer Definitionen beseitigt.

### BECKMANN, ZACKOR (2001)

Ziel des Forschungsprojektes war die Entwicklung eines Verfahrens zur Ermittlung von Staudauer und Staulänge als Folge von Arbeitsstellen und die Ermittlung der Zeitverluste durch arbeitsstellenbedingte Staus. Das Verfahren sollte als ein wichtiges Instrumentarium für die Planung von Arbeitsstellen und zur Stauvorhersage an Autobahnarbeitsstellen – u. a. zur Information der Verkehrsteilnehmer – eingesetzt werden. Das Hauptaugenmerk lag auf der Entwicklung eines Verfahrens zur Abschätzung der Kapazität im Bereich der Arbeitsstellen.

Datenbasis der Untersuchung bildeten die Staudaten von 18 Arbeitsstellen längerer Dauer (> 14 Tage) und 5 Tagesarbeitsstellen jeweils im Zeitraum vom 01.01.1999 bis 31.07.1999 in Hessen, Verkehrsdaten im Bereich von Tages- und Dauerarbeitsstellen im BAB-Netz Nordrhein-Westfalen, Daten von drei umsetzbaren Stauwarnanlagen sowie eigene Erhebungen an geeigneten Messstrecken.

Für den Einsatz innerhalb des Verfahrens zur Stauprognose wurde nach diversen Testversuchen ein makroskopisches, deterministisches Modell (Fundamentaldiagramm) herangezogen. Bei einem makroskopischen, deterministischen Modell wird der Verkehrsablauf mit Hilfe der Variablen Verkehrsstärke  $q$ , Verkehrsdichte  $k$  und mittlere Geschwindigkeit  $v$  abgebildet.

Als Ergebnis wurde eine Grundkapazität von 1.830 Pkw-E/h pro Fahrstreifen ermittelt. Die Auswirkungen von Verkehrsführung, Zusammensetzung des Fahrerkollektivs und Umfeldbedingungen auf die Kapazität werden durch Verknüpfung mit spezifi-

schen Reduktionsfaktoren, die zwischen 0,85 und 0,95 liegen, berücksichtigt.

Nach dem entwickelten Verfahren werden auf Basis von Verkehrsnachfrage (Verkehrsstärke und Verkehrszusammensetzung), Informationen zu den betrachteten Arbeitsstellen und Kapazität des Engpasses arbeitsstellenbedingte Staulänge, Staudauer und Verlustzeit ermittelt.

### **OBER-SUNDERMEIER, OTTO, ZACKOR (2003)**

Das Hauptziel der Untersuchung war die Quantifizierung sämtlicher durch Arbeitsstellen längerer und kürzerer Dauer verursachten Zeitverluste auf BAB für die Bezugsjahre 1998 und 2000. Ein besonderes Augenmerk wurde dabei auf die Entwicklung geeigneter Modelle zur Beschreibung der Verkehrsnachfrage, der Kapazität im Bereich der Arbeitsstellen sowie der Stauentwicklung gelegt. Aufbauend auf den Ergebnissen wurde ein Konzept zur jährlichen Fortschreibung der Quantifizierung von durch Arbeitsstellen bedingten Reisezeitverlusten erstellt.

Die erstmalige Berücksichtigung des räumlichen und zeitlichen Verlagerungseffektes erfolgte in der Untersuchung nach Modellen, die auf Basis pauschaler Aussagen und Annahmen getrennt für Arbeitsstellen kurzer und längerer Dauer in Abhängigkeit von der Staulänge entwickelt wurden. Unter folgenden Annahmen wurden zwei Verlagerungsfunktionen für die Abschätzung des Verlagerungsanteils entwickelt:

- Mit zunehmender Staulänge steigt der Verlagerungsanteil.
- Bei Staulängen zwischen 3 km und 10 km reagieren die Verkehrsteilnehmer am stärksten.

Annahmen wurden auch hinsichtlich der Ursachen für die Verlagerung getroffen. Auf Abschnitten längerer Arbeitsstellendauer mit hohem Anteil ortskundiger Fahrer wird die räumliche und zeitliche Verlagerung durch die Gewöhnung an den Arbeitsstellenzustand beeinflusst. Als eine weitere Ursache für die Verlagerung wird die Wirkung aktueller Verkehrsinformationen – insbesondere bei Arbeitsstellen kurzer Dauer – vermutet. Bei der Abschätzung des verlagerbaren Anteils der Verkehrsnachfrage ist die Verfügbarkeit einer Alternativroute vorauszusetzen, wobei Kapazität und Umwegfaktor der Alternativstrecke entscheidend für die Höhe der zu erwartenden Reisezeit beim Verlassen der Original-

route und damit auch für die Verkehrsverlagerung sind.

Bei der Untersuchung wurden auch die verkehrlichen Wirkungen von Störfällen (Unfälle, Nothalte) im Bereich von Arbeitsstellen modelliert. Hierbei sind allerdings aufgrund fehlender empirischer Untersuchungen die Eingangsdaten und somit die Ergebnisse mit starken Unsicherheiten behaftet.

Die Modellierung widriger Witterungsbedingungen wurde durch überschlägige Schätzungen makroskopischer Größen wie der Häufigkeit (135 Niederschlagsereignisse pro Jahr) und Dauer (2 h je Niederschlag) von Niederschlagsereignissen (mittlere Reduktionsfaktor von 0,9) berücksichtigt.

Die Abbildung der Stauentwicklung erfolgte mit Hilfe des Programms SAB (BECKMANN et al.) basierend auf makroskopischen Modellen (Fundamentaldiagramme). Unter Berücksichtigung der Untersuchungsergebnisse wurde die Software QuantAS entwickelt, mit deren Hilfe die zu erwartende Staulänge, die Staudauer sowie die für die einzelnen Verkehrsteilnehmer zu erwartenden Verlustzeiten durch die Arbeitsstelle geschätzt werden.

### **Deutscher Bundestag (2005)**

Basierend auf Daten der automatischen Dauerzählstellen wurden in zahlreichen Bundesländern Analysen zu Verkehrsverlagerungen infolge der Einführung der Lkw-Maut durchgeführt. Die Ergebnisse zeigten insgesamt, dass Mautausweichverkehre kein Flächenproblem darstellen, sodass einige Schwerpunkte von Verkehrsverlagerungen identifiziert werden konnten. Hierbei handelte es sich vornehmlich um gut ausgebaute Strecken, die aufgrund ihres Ausbaustandards diesen Verkehr auch aufnehmen können (z. B. autobahnähnlicher Ausbau) und die bereits vor Einführung der Lkw-Maut überdurchschnittliche Schwerverkehrsbelastungen aufwiesen. Gemäß ihrer Widmung waren diese Straßen für die Aufnahme des Schwerverkehrs auch vorgesehen. Bundesstraßen mit hohen Verkehrsverlagerungen wurden insgesamt nur vereinzelt festgestellt.

### **Deutscher Bundestag (2009)**

Aufgrund der Ergebnisse des Berichtes von 2005 wurden Strecken mit erheblichem Mautausweichverkehr von den Ländern im Einzelnen untersucht, um Aspekte wie Strecken-/Verkehrscharakteristik,

Unfallgeschehen, örtliche Besonderheiten, Belange des Wirtschaftsverkehrs etc. für eine Maßnahmenbeurteilung zu berücksichtigen. Die Analysen ergaben, dass die auf die Bundesstraßen ausgewichenen mautpflichtigen Verkehre von 2005 bis 2007 in ihrer absoluten Höhe nahezu unverändert geblieben sind, obwohl im gleichen Zeitraum der Mautsatz moderat erhöht wurde und das Verkehrsaufkommen auf den Autobahnen sowohl des Schwerverkehrs als auch insgesamt zugenommen hat. Insofern sind auch in den kommenden Jahren wesentliche Änderungen dieses als eingespült zu bezeichnenden Zustands nicht zu erwarten.

#### **WALTHER, PAUFLER-MANN, STADLER, WASSMUTH (2007)**

Im Rahmen des von Bund und Ländern entwickelten Bauwerk-Management-Systems (BMS) wird für die objektbezogene Erhaltungsplanung eine Nutzen-Kosten-Analyse bzgl. Maßnahmenvarianten für einzelne Bauwerke durchgeführt. Deren Ergebnisse dienen einer Reihung der Maßnahmenvarianten in volkswirtschaftlicher Hinsicht und ebenso als Input für die netzweite Optimierung des BMS. Volkswirtschaftliche Kosten treten überwiegend in der Phase der Durchführung von Maßnahmen auf, wenn es durch diese zu Einschränkungen des Verkehrsraums kommt. Solche Beeinträchtigungen können in Abhängigkeit vom Verkehrsaufkommen zu Staus auf der Haupttroute oder zu Ausweichfahrten über Alternativrouten führen. Die genannten volkswirtschaftlichen Mehrkosten werden durch die Monetarisierung der Größen Reisezeiten (Verkehrsbeteiligungsdauern), Betriebskosten (Betriebskostengrundwerte ohne Kraftstoffverbrauch), Kraftstoffverbrauch, Verkehrssicherheit (Unfälle verschiedener Kategorien) und Beeinträchtigung des Klimas (CO<sub>2</sub>-Ausstoß) erfasst.

Im Rahmen des Forschungsprojekts wurden Kennzahlen für Streckenabschnitte in Abhängigkeit von deren Charakteristik ermittelt, die zumindest eine Bestimmung der Zeitkosten bei Benutzung identifizierter Alternativrouten ermöglichen. Die Bestandsaufnahme zu existierenden Alternativrouten im Netz der Bundesfernstraßen führte zu dem Ergebnis, dass Umleitungsstrecken nur selten bauwerksbezogen festgelegt oder gar in einer Datenbank abgelegt sind und dass standardisierte Vorgehensweisen für die Festlegung von Umleitungsstrecken nicht existieren. Nach Durchführung einer Bestandsaufnahme zu Alternativrouten im Bundesfernstraßennetz wurde eine Verortung von Brü-

ckenbauwerken im deutschlandweiten Straßennetzmodell vorgenommen. Als Ergebnis der Untersuchung wurden neben einer modellgestützten Identifizierung von Alternativrouten bei verschiedenen Einschränkungen des Verkehrsraums die volkswirtschaftlichen Mehrkosten bei anteiliger Benutzung von Alternativrouten ermittelt.

#### **RUNGE (2010)**

Im Rahmen von empirischen Erhebungen in Form eines internetbasierten Fragebogens aus den Jahren 2008 und 2009 wurden in Abstimmung mit verschiedenen Institutionen, unter anderem der Landesmeldestelle und Verkehrsmanagementzentrale Niedersachsen, die Qualität von Alternativrouten durch Verkehrsteilnehmer beurteilt. Anhand eines speziell entwickelten Fragebogens wurden Routenempfehlungen zur Stauumfahrung von 6 verschiedenen Navigationssystemen unterschiedlicher Hersteller bewertet.

Insgesamt wurde angegeben, dass rund jede vierte Alternativroute, d. h. ein Verlassen der Autobahn und ein Ausweichen in das nachgeordnete Netz infolge eines durch das Navigationssystem gemeldeten (vermuteten) Staus, wiederum in einen Stau im nachgeordneten Netz geführt hat. Damit wurde mindestens jede vierte Alternativroutenempfehlung als ungeeignet eingestuft. Deutlich weniger als die Hälfte der Umleitungen wurde als stau- und störungsfrei eingestuft. Nähere Analysen zeigten, dass nur ein sehr geringer Teil (weniger als 10 %) der angezeigten Alternativrouten vollständig auf den Umleitungsempfehlungen der Landesmeldestelle basierten d. h., die Systeme arbeiten weitgehend unabhängig von Empfehlungen der Verkehrsbehörden.

Es wurde auch festgestellt, dass bei den Navigationssystemen starke Differenzen bei der Berechnung und Ausweisung der voraussichtlichen Fahrtdauer und Streckenlänge bestehen. Beispielsweise hatte keines der Geräte eine über Wochen andauernde Sperrung einer bestimmten Autobahnausfahrt in der Alternativroutenempfehlung berücksichtigt. Tendenziell werden zu schnell Empfehlungen für Ausweichstrecken generiert und die empfohlenen Umleitungsstrecken waren in vielen Fällen weder gut geeignet noch leistungsfähig genug, um den zusätzlichen Umleitungsverkehr problemlos aufzunehmen. Die Folge waren Staus auf den Ausweichrouten, die oft länger als der Stau auf der Autobahn andauerten. Diese Einschätzungen basier-

ten zwar auf subjektiven Annahmen, spiegelten jedoch die mehrheitlich vertretene Meinung wider.

Im Hinblick auf das vorliegende Forschungsprojekt deuten die Ergebnisse darauf hin, dass ein Verlassen der Autobahn bei Stauereignissen zu vergleichsweise größeren Zeitverlusten führt.

## 5 Strukturanalyse der Autobahnarbeitsstellen

Eine Zielsetzung der Strukturanalyse ist die Feststellung und Beurteilung von möglichen systematischen Unterschieden einzelner statistischer Kenngrößen der Untersuchungsjahre 2005-2008. Die Analysen erfolgten auf Basis der in Kapitel 6 beschriebenen Arbeitsstellen- und Verkehrsdaten.

Systematische und strukturelle Unterschiede zwischen den 3 bzw. 4 Untersuchungsjahren 2005-2008 (Arbeitsstellen bis Ende 2008, Dauerzählstellenergebnisse bis einschl. 1. Quartal 2008) waren kaum festzustellen, sodass es als zulässig angesehen wurde, die Berechnungen unabhängig von den Untersuchungsjahren durchzuführen, d. h., alle

Arbeitsstellen der drei Jahre wurden zur deutlichen Erhöhung der Stichprobe als ein Datenpool unabhängig vom Arbeitsstellenbeginn betrachtet.

Tabelle 1 enthält die gesamte Anzahl der BAB-Arbeitsstellen längerer Dauer in den betrachteten Jahren (2005-2008) getrennt nach Bundesländern sowie die entsprechenden prozentualen Anteile. Über ein Drittel aller deutschen Autobahnarbeitsstellen befand sich demnach in Nordrhein-Westfalen. Ein weiteres Drittel entfiel auf die Länder Baden-Württemberg, Bayern und Hessen, das letzte Drittel teilten sich die übrigen 12 Länder. Unterschiede in der Aufteilung der Arbeitsstellen waren zwischen den einzelnen Untersuchungsrahmen kaum festzustellen.

Im Weiteren wurden die Arbeitsstellen hinsichtlich möglicher verlagerungsrelevanter Kenngröße ausgewertet. Tabelle 2 zeigt entsprechende Auswertungsergebnisse für Arbeitsstellen mit Fahrstreifen-subtraktionen. Eine Fahrstreifen-subtraktion bedeutet hierbei, dass im Kernbereich der Arbeitsstelle die zur Verfügung stehende Breite der Richtungs-fahrbahn nicht ausreicht, um den Verkehr mit der ursprünglichen Fahrstreifenanzahl abzuwickeln.

Bundesland	2005	2006	2007	2008	Mittelwerte
BW	85	92	78	81	9,5 %
BY	123	87	160	160	15,0 %
BE	0	0	7	1	0,2 %
BB	25	34	35	52	4,1 %
HB	4	2	0	2	0,2 %
HH	9	16	7	7	1,1 %
HE	63	120	139	65	10,9 %
MV	6	15	9	9	1,1 %
NI	46	54	60	78	6,7 %
NW	228	347	395	323	36,5 %
RP	34	51	52	37	4,9 %
SL	8	5	16	11	1,1 %
SN	17	28	25	26	2,7 %
ST	11	20	12	13	1,6 %
SH	20	21	26	7	2,1 %
TH	25	18	21	11	2,1 %
<b>Summe</b>	<b>704</b>	<b>910</b>	<b>1.042</b>	<b>883</b>	<b>100,0 %</b>

Tab. 1: Anzahl der BAB-Arbeitsstellen längerer Dauer je Bundesland

Bundesland	2005	2006	2007	2008	Mittelwerte
BW	29	29	18	28	9,8 %
BY	32	23	43	50	13,9 %
BE	0	0	7	1	0,8 %
BB	14	17	17	21	6,5 %
HB	1	2	0	2	0,5 %
HH	5	5	4	4	1,7 %
HE	8	10	12	21	4,8 %
MV	5	9	4	2	1,9 %
NI	30	37	40	29	12,8 %
NW	43	88	89	96	29,6 %
RP	11	32	27	18	8,3 %
SL	2	2	10	7	2,0 %
SN	0	1	0	0	0,1 %
ST	4	8	4	3	1,8 %
SH	9	7	11	1	2,6 %
TH	10	7	11	6	3,2 %
<b>Summe</b>	<b>203</b>	<b>277</b>	<b>297</b>	<b>289</b>	<b>100,0 %</b>

Tab. 2: Anzahlen der BAB-Arbeitsstellen mit Subtraktion eines Fahrstreifens



Die Anzahl der Fahrstreifen wurde daher reduziert, um die notwendige Fahrstreifenbreite zu gewährleisten (BMVBW, 1995).

Der bei weitem größte Anteil an Arbeitsstellen mit Fahrstreifenabstraktion war mit rd. 30 % bezogen auf den Durchschnitt der Jahre 2005 bis 2008 ebenfalls in Nordrhein-Westfalen festzustellen. Die Auswertungen für die Gesamtmenge aller Arbeitsstellen und die Teilmenge der Arbeitsstellen mit Fahrstreifenabstraktion zeigten somit ähnliche Ergebnisse.

Eine Aufteilung der Arbeitsstellenlängen nach Bundesländern ist in Tabelle 3 dargestellt. Die gesamte Arbeitsstellenlänge im Jahr 2005 betrug fast 2.000 km, 2006 und 2007 waren es sogar fast 3.000 km. Für 2008 wurde wieder ein Rückgang auf rd. 2.500 km verzeichnet. Bezogen auf die Gesamt-Netzlänge der Autobahnen machte dies beispielsweise für das Jahr 2005 einen Anteil von rund 16 % aus, wobei nicht alle Arbeitsstellen gleichzeitig in Betrieb waren.

Die Auswertung der Arbeitsstellen nach ihrer Länge zeigt Tabelle 4. Demnach hatte rd. ein Drittel aller Arbeitsstellen eine Länge von maximal einem Kilometer, danach folgten Arbeitsstellen mit einer Länge zwischen 2 und 5 km. Rd. ein Fünftel der Arbeitsstellen waren zwischen 1 und 2 km lang, sehr selten waren Arbeitsstellenlängen von mehr als 10 km anzutreffen. Die Unterschiede zwischen den

Bundesland	2005	2006	2007	2008	Netzlänge 2005	Anteile
BW	275,9	471,1	222,0	209,7	1.037,0	26,6 %
BY	344,1	249,1	441,2	441,0	2.337,0	14,7 %
BE	0,0	0,0	5,1	1,9	70,5	0,0 %
BB	58,1	140,3	86,8	149,6	790,0	7,4 %
HB	12,6	1,4	0,0	4,1	71,0	17,7 %
HH	20,4	27,6	11,2	11,2	81,0	25,2 %
HE	140,2	319,2	343,8	145,1	959,5	14,6 %
MV	10,7	30,5	27,4	26,5	502,0	2,1 %
NI	217,0	271,5	486,8	337,8	1.395,0	15,6 %
NW	536,6	943,1	1.007,0	850,3	2.175,0	24,7 %
RP	89,6	161,5	197,6	108,5	870,0	10,3 %
SL	12,1	11,4	53,9	8,8	240,0	5,1 %
SN	47,0	107,0	76,6	44,7	473,0	9,9 %
ST	45,2	26,1	15,6	24,7	379,0	11,9 %
SH	47,2	87,1	67,4	32,7	495,0	9,5 %
TH	72,6	47,3	53,9	42,9	393,5	18,4 %
<b>Summe</b>	<b>1.929,3</b>	<b>2.894,2</b>	<b>3.096,1</b>	<b>2.439,3</b>	<b>12.269</b>	<b>15,7 %</b>

Tab. 3: Arbeitsstellenlängen auf Bundesautobahnen je Bundesland in km

einzelnen Untersuchungsjahren waren verhältnismäßig gering. Die durchschnittliche Arbeitsstellenlänge während des Betrachtungszeitraums 2005-2008 betrug rd. 3,0 km.

Eine weitere Auswertung der vorliegenden Daten erfolgte hinsichtlich der Arbeitsstellendauer. Die Ergebnisse sind in Tabelle 5 dokumentiert. Rund ein Drittel der Arbeitsstellen waren Maßnahmen mit einer Dauer zwischen zwei und sechs Monaten. Am zweithäufigsten mit rund 20 % Anteil waren Arbeitsstellen mit einer Dauer zwischen ein und zwei Monaten. Arbeitsstellen mit einer längeren Dauer als sechs Monate waren mit rund 16 % verhältnismäßig selten.

Die Art der Verkehrsführung in der Arbeitsstelle wird in der Literatur als eine wesentliche Einflussgröße

Längenkategorie	2005	2006	2007	2008	Mittelwerte 2005-2008
$L \leq 1$ km	220	281	340	289	283
$1 \text{ km} < L \leq 2$ km	144	191	237	181	188
$2 \text{ km} < L \leq 5$ km	213	259	287	239	250
$5 \text{ km} < L \leq 10$ km	121	163	150	158	148
$L > 10$ km	6	16	28	16	17
<b>Summe</b>	<b>704</b>	<b>910</b>	<b>1.042</b>	<b>883</b>	<b>885</b>
$L \leq 1$ km	31,3 %	30,9 %	32,6 %	32,7 %	31,9 %
$1 \text{ km} < L \leq 2$ km	20,5 %	21,0 %	22,7 %	20,5 %	21,3 %
$2 \text{ km} < L \leq 5$ km	30,3 %	28,5 %	27,5 %	27,1 %	28,2 %
$5 \text{ km} < L \leq 10$ km	17,2 %	17,9 %	14,4 %	17,9 %	16,7 %
$L > 10$ km	0,9 %	1,8 %	2,7 %	1,8 %	1,9 %
<b>Summe</b>	<b>100,0 %</b>	<b>100,0 %</b>	<b>100,0 %</b>	<b>100,0 %</b>	<b>100,0 %</b>

Tab. 4: Anzahl und Häufigkeiten der Arbeitsstellenlängen auf Autobahnen

Dauer	2005	2006	2007	2008	Mittelwerte 2005-2008
$t \leq 1$ Woche	15	32	18	59	31
$1 \text{ Woche} < t \leq 2$ Wochen	52	71	72	59	64
$2 \text{ Wochen} < t \leq 1$ Monat	101	133	167	135	134
$1 \text{ Monat} < t \leq 2$ Monate	152	213	202	189	189
$2 \text{ Monate} < t \leq 6$ Monate	254	283	339	271	287
$t > 6$ Monate	129	163	139	123	139
<b>Summe</b>	<b>703</b>	<b>895</b>	<b>937</b>	<b>836</b>	<b>843</b>
$t \leq 1$ Woche	2,1 %	3,6 %	1,9 %	7,1 %	3,7 %
$1 \text{ Woche} < t \leq 2$ Wochen	7,4 %	7,9 %	7,7 %	7,1 %	7,5 %
$2 \text{ Wochen} < t \leq 1$ Monat	14,4 %	14,9 %	17,8 %	16,1 %	15,9 %
$1 \text{ Monat} < t \leq 2$ Monate	21,6 %	23,8 %	21,6 %	22,6 %	22,4 %
$2 \text{ Monate} < t \leq 6$ Monate	36,1 %	31,6 %	36,2 %	32,4 %	34,0 %
$t > 6$ Monate	18,3 %	18,2 %	14,8 %	14,7 %	16,4 %
<b>Summe</b>	<b>100,0 %</b>	<b>100,0 %</b>	<b>100,0 %</b>	<b>100,0 %</b>	<b>100,0 %</b>

Tab. 5: Anzahl und Häufigkeit der Autobahnarbeitsstellen unterschiedlicher Dauer

für Verkehrsverlagerungen genannt. Diesbezügliche Auswertungsergebnisse können Tabelle 6 entnommen werden. Die mit Abstand häufigsten Verkehrsführungen waren 2+2-Verkehrsführungen, gefolgt von 4+0- und 3+1-Verkehrsführungen. Damit stellten die Arbeitsstellen mit der für Autobahnen klassischen Verkehrsführung von zwei Fahrstreifen je Fahrtrichtung (Verkehrsführungen 2+2, 3+1 und 4+0) mit rd. 64 % auch das größte Arbeitsstellenkollektiv. Einstreifige Verkehrsführungen zumindest in einer Fahrtrichtung (Verkehrsführungen 1+1, 2+0, 2+1 und 3+0) waren mit unter 18 % verhältnismäßig selten und werden in der Regel nur an

Verkehrsführung	2005	2006	2007	2008	Mittelwerte 2005-2008
≤ 1 FS	0	2	1	3	1,5
1+1	16	33	27	36	28
2+0	45	62	51	39	49,25
2+1	34	70	76	68	62
3+0	23	15	11	9	14,5
2+2	222	301	389	328	310
3+1	61	84	95	71	77,75
4+0	161	184	180	165	172,5
4+1	4	1	3	3	2,75
3+2	29	44	61	65	49,75
5+0	4	3	3	3	3,25
3+3	64	73	94	73	76
4+2	22	12	19	8	15,25
5+1	1	5	7	5	4,5
6+0	8	0	0	1	2,25
> 6 FS	6	13	17	5	10,25
<b>Summe</b>	<b>700</b>	<b>902</b>	<b>1.034</b>	<b>882</b>	<b>879,5</b>
≤ 1 FS	0,0 %	0,2 %	0,1 %	0,3 %	0,2 %
1+1	2,3 %	3,7 %	2,6 %	4,1 %	3,2 %
2+0	6,4 %	6,9 %	4,9 %	4,4 %	5,6 %
2+1	4,9 %	7,8 %	7,4 %	7,7 %	7,0 %
3+0	3,3 %	1,7 %	1,1 %	1,0 %	1,6 %
2+2	31,7 %	33,4 %	37,6 %	37,2 %	35,2 %
3+1	8,7 %	9,3 %	9,2 %	8,0 %	8,8 %
4+0	23,0 %	20,4 %	17,4 %	18,7 %	19,6 %
4+1	0,6 %	0,1 %	0,3 %	0,3 %	0,3 %
3+2	4,1 %	4,9 %	5,9 %	7,4 %	5,7 %
5+0	0,6 %	0,3 %	0,3 %	0,3 %	0,4 %
3+3	9,1 %	8,1 %	9,1 %	8,3 %	8,6 %
4+2	3,1 %	1,3 %	1,8 %	0,9 %	1,7 %
5+1	0,1 %	0,6 %	0,7 %	0,6 %	0,5 %
6+0	1,1 %	0,0 %	0,0 %	0,1 %	0,3 %
> 6 FS	0,9 %	1,4 %	1,6 %	0,6 %	1,2 %
<b>Summe</b>	<b>100,0 %</b>	<b>100,0 %</b>	<b>100,0 %</b>	<b>100,0 %</b>	<b>100,0 %</b>

Tab. 6: Anzahl und Häufigkeit unterschiedlicher Verkehrsführungen an Arbeitsstellen auf Autobahnen

schwach belasteten Querschnitten eingerichtet. Arbeitsstellen mit mehr als zwei Fahrstreifen je Richtung hatten mit unter 20 % ebenfalls einen geringen Anteil.

Außerdem wurden die Arbeitsstellen hinsichtlich der zulässigen Höchstgeschwindigkeiten analysiert. Die Ergebnisse finden sich in Tabelle 7. Zulässige Höchstgeschwindigkeiten in Arbeitsstellenbereichen von 80 km/h waren mit über 75 % am häufigsten vertreten. Bei rund 23 % der Arbeitsstellen betrug die zulässige Geschwindigkeit 60 km/h. Andere zulässige Höchstgeschwindigkeiten waren vernachlässigbar selten.

Da die zulässige Höchstgeschwindigkeit innerhalb der Arbeitsstellenbereiche ein entscheidendes Kriterium für die geschwindigkeitsbedingten Zeitverluste ist, wurde eine zusätzliche Auswertung in Verbindung zur Arbeitsstellenlänge durchgeführt. Wie die Ergebnisse in Tabelle 8 zeigen, unterscheiden sich die jeweiligen Anteile bezogen auf die Arbeitsstellenlängen kaum von den vorher genannten Werten in Bezug auf die Anzahl der Arbeitsstellen. Offensichtlich erfolgt die Anordnung einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit unabhängig von der Länge der Arbeitsstelle.

V <sub>zul</sub>	2005	2006	2007	2008	Mittelwerte 2005-2008	
40	0	6	1	2	2,3	0,3 %
60	168	235	202	210	203,8	23,2 %
80	527	654	816	664	665,3	75,6 %
100	6	9	12	4	7,8	0,9 %
120	0	0	2	2	1,0	0,1 %
<b>Summe</b>	<b>701</b>	<b>904</b>	<b>1.033</b>	<b>882</b>	<b>880,0</b>	<b>100,0 %</b>

Tab. 7: Anzahl der Arbeitsstellen differenziert nach der zulässigen Höchstgeschwindigkeit

V <sub>zul</sub>	2005	2006	2007	2008	Mittelwerte 2005-2008	
40	0,0	12,4	1,4	3,2	4,3	0,2 %
60	441,1	723,9	599,4	554,5	579,7	22,5 %
80	1.474,1	2.077,2	2.361,2	1.866,0	1.944,6	75,5 %
100	7,8	54	117,8	1,0	45,1	1,8 %
120	0,0	0	1,2	12,8	3,5	0,1 %
<b>Summe</b>	<b>1.923,0</b>	<b>2.867,5</b>	<b>3.081,0</b>	<b>2.437,4</b>	<b>2.577,2</b>	<b>100,0 %</b>

Tab. 8: Länge der Arbeitsstellen differenziert nach der zulässigen Höchstgeschwindigkeit in km

Bundesland	gesamte FL 2005 in Mio. Kfz-km	Fahrleistungen in Arbeitsstellen				Anteile für 2005
		2005	2006	2007	2008	
BW	21,94	1,45	3,10	2,09	2,04	6,6 %
BY	40,39	1,12	0,83	2,26	1,59	2,8 %
BE	2,23	0,00	0,00	0,19	0,10	0,0 %
BB	10,31	0,34	0,40	0,30	0,35	3,3 %
HB	1,45	0,16	0,00	0,00	0,00	11,2 %
HH	2,43	0,30	0,41	0,27	0,27	12,5 %
HE	21,89	1,05	2,52	2,63	0,82	4,8 %
MV	3,45	0,03	0,17	0,12	0,15	0,9 %
NI	22,92	1,08	1,17	2,45	1,17	4,7 %
NW	46,16	4,52	6,44	3,32	3,36	9,8 %
RP	12,14	0,47	1,17	1,11	0,42	3,9 %
SL	2,77	0,07	0,02	0,12	0,03	2,5 %
SN	6,99	0,32	0,87	0,73	0,39	4,6 %
ST	5,82	0,18	0,37	0,24	0,20	3,1 %
SH	7,20	0,15	0,25	0,30	0,18	2,1 %
TH	5,21	0,63	0,85	0,31	0,00	12,1 %
<b>Summe</b>	<b>213,30</b>	<b>11,89</b>	<b>18,59</b>	<b>16,46</b>	<b>11,08</b>	<b>5,6 %</b>

Tab. 9: Erbrachte Jahresfahrleistungen im Bereich von BAB-Arbeitsstellen

Wesentlich für die Beurteilung der verkehrlichen Bedeutung von Arbeitsstellen im Netz der Bundesautobahnen sind die innerhalb der Arbeitsstellenbereiche erbrachten Fahrleistungen. Diese wurden für jede Arbeitsstelle einzeln aus der Arbeitsstellenlänge und dem DTV-Wert errechnet. Tabelle 9 zeigt die Ergebnisse hinsichtlich der in Autobahnarbeitsstellen erbrachten Fahrleistungen in den Jahren 2005 bis 2008 jeweils für die einzelnen Bundesländer. Danach wurden im Jahr 2005 deutschlandweit rund 6 % der Autobahnfahrleistungen innerhalb von Arbeitsstellen erbracht.

Vergleicht man die in Arbeitsstellen erbrachten Fahrleistungen der einzelnen Jahre 2005 bis 2008, so ergaben sich deutliche Unterschiede.

Schließlich zeigt Tabelle 10 die Anzahlen der auswertbaren Dauerzählstellen im Bundesgebiet (Bundesfernstraßen sowie Landes- und Kreisstraßen). Aufgrund von Ausfällen einzelner Dauerzählstellen können die entsprechenden Werte für die einzelnen Jahre unterschiedlich sein.

Die auf die jeweilige BAB-Netzlänge bezogene Anzahl an Dauerzählstellen stellt eine Kenngröße zur Beurteilung des Ausstattungsgrades dar und zeigt die je nach Bundesland stark unterschiedliche Dau-

Bundesland	2005	2006	2007	2008	Netzlänge BAB 2005 in km	Dauerzählstellen je Netzlänge 2005
BW	91	107	98	103	1.037	8,8 %
BY	239	264	264	264	2.337	10,2 %
BE	7	5	0	0	70,5	9,9 %
BB	102	112	110	75	790	12,9 %
HB	4	5	5	5	71	5,6 %
HH	21	25	24	13	81	25,9 %
HE	75	95	95	93	959,5	7,8 %
MV	48	69	73	52	502	9,6 %
NI	73	73	72	72	1.395	5,2 %
NW	221	230	230	229	2.175	10,2 %
RP	160	166	166	160	870	18,4 %
SL	15	18	18	18	240	6,3 %
SN	47	52	52	51	473	9,9 %
ST	60	81	67	65	379	15,8 %
SH	73	88	88	74	495	14,7 %
TH	50	53	53	48	393,5	12,7 %
<b>Summe</b>	<b>1.286</b>	<b>1.443</b>	<b>1.415</b>	<b>1.322</b>	<b>12.268,5</b>	<b>10,5 %</b>

Tab. 10: Auswertbare Dauerzählstellen auf Autobahnen

erzählstellendichte. Hiernach liegt Hamburg mit über 25 % weit vorne, gefolgt von Rheinland-Pfalz, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein. Ein Wert von 25 % bedeutet, dass durchschnittlich alle 4 km eine Dauerzählstelle vorhanden ist. Im Mittel sind auf dem Autobahnnetz alle 10 km Dauerzählstellen vorhanden.

## 6 Datengrundlagen

### 6.1 Arbeitsstelleninformationen

Wesentliche Grundlage der Untersuchung bilden möglichst detaillierte Informationen über die Arbeitsstellen im Autobahnnetz. Sämtliche Informationen über die Arbeitsstellen im Autobahnnetz mit einer Dauer von 8 und mehr Tagen werden zentral beim BMVBS verwaltet. Zudem werden Informationen zu Vollsperrungen mit einer Dauer von mindestens 24 h vorgehalten. Dabei ist zwischen Plandaten und realen Arbeitsstelleninformationen zu unterscheiden. Beide Datenbestände wurden übernommen und ausgewertet.

Die zur Verfügung gestellten Datenbestände umfassen folgende Informationen:

- Bundesland,
- BAB-Nummer,
- Betriebskilometrierung (von/bis),
- zwischen oder bei Anschlussstelle,
- Datum von Beginn und Ende der Arbeitsstelle,
- Gesamtbauzeit,
- Art der Verkehrsführung,
- betroffene Richtungsfahrbahn,
- zulässige Höchstgeschwindigkeit,
- Anzahl Fahrstreifen ohne und mit Arbeitsstelle,
- Art der Arbeiten,
- Betriebsform,
- Durchschnittliche Tägliche Verkehrsstärke, DTV,
- Anzahl Tage der Bauzeit im Sommer,
- Abschätzung der verkehrlichen Wirkungen nach RBAP (BMVBW 1996).

Die Datentabellen enthalten keine Informationen hinsichtlich auftretender Staus sowie der Staudauer und der Staulänge. Die vollständigen Daten wurden für die Jahre 2005 bis 2008 zur Verfügung gestellt. Vollsperrungen werden nur aufgenommen, wenn sie länger als 24 Stunden dauern. Diese Daten bilden aufgrund ihrer Menge und Qualität eine gesicherte Grundlage für die durchzuführenden Auswertungen und Analysen.

Auf die Einholung von durch Arbeitsstellen bedingten Staudaten sowie Informationen über die Umleitungsempfehlungen für die Verkehrsteilnehmer bei der nationalen Meldestelle in Neuss wurde verzichtet, da davon ausgegangen wurde, dass die dort verfügbaren Informationen nicht zu einer Verbesserung der Datenlage beitragen.

Informationen über Arbeitsstellen mit einer Dauer von weniger als 8 Tagen werden nicht zentral erfasst und wurden daher in der vorliegenden Untersuchung nicht berücksichtigt.

Die zur Verfügung gestellten Datenbestände der geplanten Arbeitsstellen konnten nicht zugrunde gelegt werden, da diese zwar in wöchentlich aktualisierter Form vorliegen, jedoch hieraus nicht entnommen werden konnte, welche Baumaßnahmen tatsächlich durchgeführt wurden. Zudem fehlen wichtige arbeitsstellenspezifische Angaben wie

z. B. die Art der Verkehrsführung und die Anzahl der Fahrstreifenreduktionen.

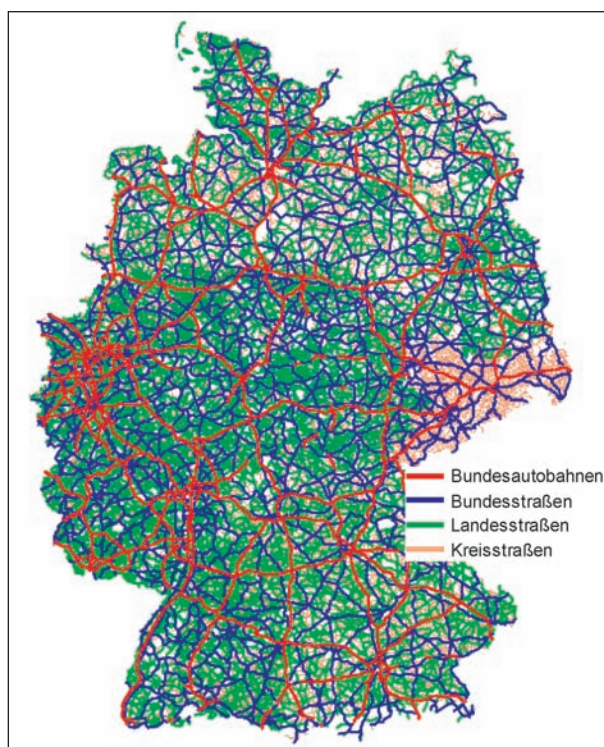
## 6.2 Netz-und Verkehrsmodelle

Eine geeignete Datenbasis für die im Rahmen des Projektes durchgeführten Verkehrsmodellierungen ist das Verkehrsnetzmodell der Bundesverkehrswegeplanung, das zur Verfügung stand.

Das Verkehrsnachfragemodell mit entsprechenden Verkehrsnachfragematrizen für den Analyse- und den Prognose-Zeithorizont wurde vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Institut für Verkehrsforschung, Clearingstelle Verkehr, für die Nutzung im Rahmen des Projektes zur Verfügung gestellt.

Die Basis dieser Daten bildet das Netz- und Verkehrsmodell für die Bundesverkehrswegeplanung (NEMOBFStr) des BMVBBS und beinhaltet:

- das vollständige Straßennetz (klassifizierte Straßen und wichtige kommunale Straßen) für den Analysefall 2004 (s. Bild 4),
- den Ausbauzustand der Knoten (planfrei, plan-gleich),
- 469 Verkehrszellen (davon 30 Flug- und Seehäfen),



**Bild 4:** Deutschlandweites Straßennetzmodell für den Analyse-Zeithorizont 2004

- Verkehrsverflechtungsmatrizen für das Jahr 2004,
- die ASB-Knoten und die Stationierung,
- die Betriebskilometrierung,
- den Straßentyp nach Stolz/Mäcke (Kfz-Straße, Seitenstreifen, Bebauung, etc.) und
- Koordinaten (Gauß-Krüger) zur Verortung.

In Bild 4 ist das zur Verfügung stehende deutschlandweite Straßennetzmodell wiedergegeben.

### 6.3 Verkehrsdaten

Eine weitere wesentliche Grundlage der Untersuchung bilden die Daten der rund 1.350 permanenten automatischen Zählstellen im Bundesfernstraßennetz. Deren Daten wurden für die Jahre 2005, 2006, 2007 und das erste Quartal 2008 zur Verfügung gestellt. Die Daten der Dauerzählstellen umfassen:

- Zählstellennummer und Straßennummer,
- Anzahl der Fahrstreifen je Fahrtrichtung und Richtungsbezeichnung,
- Fahrzeugartenzuordnung: 8+1 bzw. 5+1 Fahrzeugarten oder Kfz-/Lkw-Erfassung,
- Datum und Uhrzeit,
- stündliche und tägliche Verkehrsstärken je Fahrstreifen und Fahrzeugart.

Die Nutzung von RDS-Daten aus den Verkehrsbeeinflussungsanlagen wurde ebenfalls erwogen. Diese Verkehrsdaten liegen minutenfein vor, können allerdings auch in aggregierter Form getrennt nach Kfz und Lkw übernommen werden. Aufgrund des mit der Aufbereitung verbundenen Aufwandes und der Tatsache, dass dadurch die Datenbasis nicht wesentlich verbessert würde, wurde auf diese Daten nicht zugegriffen.

### 6.4 Verkehrsmeldungen

Ergänzend wurde das Verkehrsmeldungsarchiv der Landesmeldestellen zur Verfügung gestellt. Die Verkehrsmeldungen des öffentlichen Verkehrswarndienstes dokumentieren jedoch nur einen Teil der tatsächlich bestehenden Arbeitsstellen, und

zwar im Allgemeinen dann, wenn diese eine Störung nach sich ziehen. Somit können Verkehrsmeldungen nur ein Indiz für Störungen an Arbeitsstellen liefern. Die Daten wurden von der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) übernommen.

### 6.5 Aufbereitung und Verknüpfung der Datengrundlagen

Nach Durchführung der Datenaufbereitungen wurden die Verkehrs- und Arbeitsstellendaten dem Netzmodell zugeordnet. Bild 5 enthält die Lage der automatischen Dauerzählstellen, Bild 6 bis Bild 8 die Lage der Arbeitsstellen in den Jahren 2005, 2006 und 2007.

Für die statistischen Analysen zur Identifizierung von durch Arbeitsstellen bedingten Verkehrsverlagerungen standen somit folgende Grundlagen zur Verfügung:

- Daten aller Arbeitsstellen auf Autobahnen der Jahre 2005-2008 (Strukturdaten mit Angaben zur Lage und Zeitdauer, Beginn/Ende und weiteren arbeitsstellenspezifischen Kenndaten),
- Daten aller rd. 1.350 automatischen Dauerzählstellen auf Bundesfernstraßen (Stunden- und Tageswerte, getrennt nach Fahrstreifen mit Un-

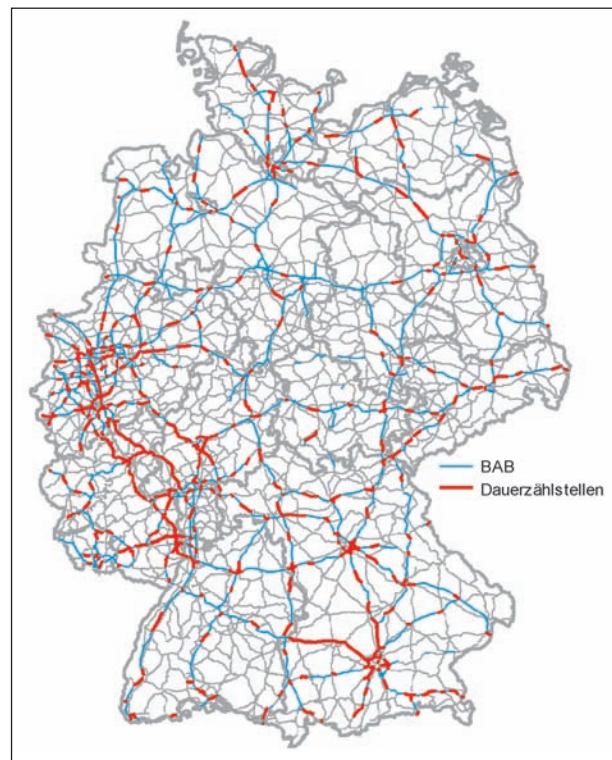
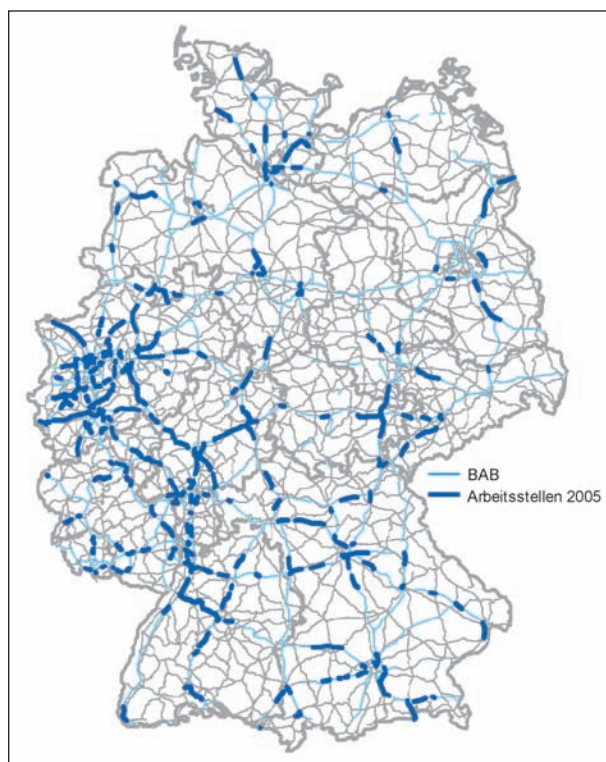
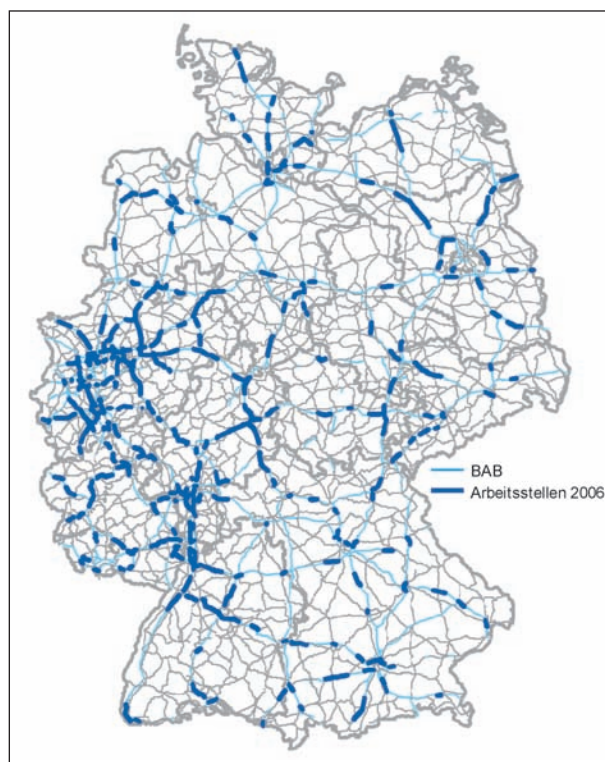


Bild 5: BAB-Abschnitte mit automatischen Dauerzählstellen



**Bild 6:** BAB-Abschnitte mit Arbeitsstellen auf Autobahnen im Jahr 2005



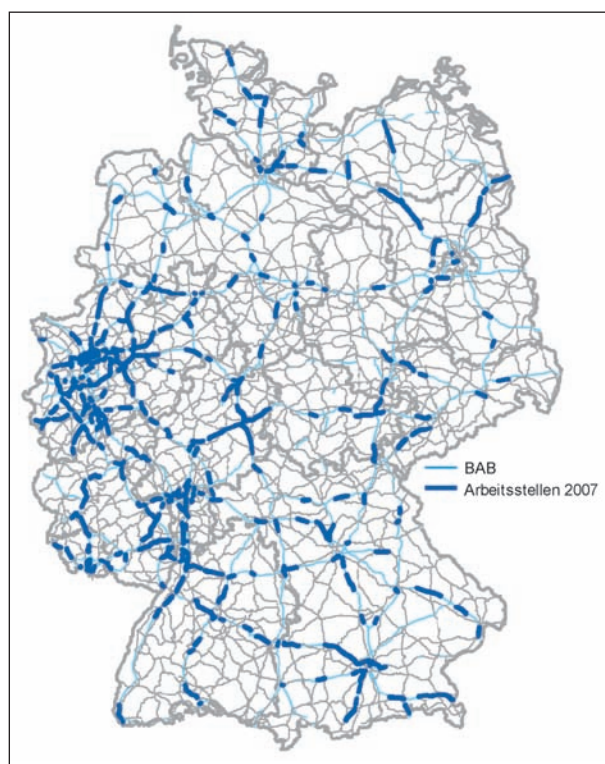
**Bild 7:** BAB-Abschnitte mit Arbeitsstellen auf Autobahnen im Jahr 2006

terscheidung nach bis zu 8+1 Fahrzeugarten für den Zeitraum Januar 2005 bis März 2008),

- DTV-Werte und jahresbezogene Kenngrößen der rd. 1.350 automatischen Dauerzählstellen auf Bundesfernstraßen,
- Ergebnisse der Straßenverkehrszählung 2005,
- Netzmodell aus der Bundesverkehrswegeplanung (Ist-Zustand 2004).

In einem ersten Schritt wurden die Daten der automatischen Dauerzählstellen aufbereitet. Hierzu wurden spezifische ProgrammROUTINEN für das Statistik-Softwarepaket SAS (Statistical Analysis System) entwickelt, mit denen die stündlichen Verkehrswerte der Dauerzählstellen kontrolliert und offensichtlich implausible oder lückenhafte Daten entfernt wurden. Die Daten wurden so aufbereitet, dass die benötigten Kenngrößen, wie z. B. Richtungswerte für den Kfz-Verkehr und den Schwerverkehr (je nach Art und Qualität der Dauerzählstelle teilweise auch mit Bussen bzw. ohne Lieferwagen), vorlagen.

Die Daten zu den Arbeitsstellen auf Autobahnen wurden ebenfalls auf Plausibilität geprüft. Dabei zeigte sich, dass zahlreiche Datensätze lediglich die zeitliche Fortschreibung einer bereits vorher be-



**Bild 8:** BAB-Abschnitte mit Arbeitsstellen auf Autobahnen im Jahr 2007

stehenden Arbeitsstelle waren, d. h., unmittelbar zeitlich aufeinanderfolgende Arbeitsstellen mit lediglich einer Änderung der Verkehrsführung oder

einem Wechsel auf die gegenüberliegende Richtungsfahrbahn waren in den Daten als getrennte Arbeitsstellen erfasst. Diese Datensätze wurden für die weitere Analyse gelöscht, da für diese Arbeitsstellen keine Daten zum Vorher-Zeitraum „ohne Arbeitsstelle“ verfügbar waren. Diese wären aber erforderlich gewesen, da entsprechend der Methodik die Dauerzählstellendaten in unmittelbarer Nähe der Arbeitsstellen im „Vorher-Zeitraum“ und im Zeitraum „mit Arbeitsstelle“ miteinander verglichen wurden.

Die Datenmengen der ursprünglich 2.656 Autobahnarbeitsstellen aus den Jahren 2005 bis März 2008 reduzierten sich aufgrund der o. g. Mehrfachnennungen (zeitlich aufeinanderfolgende Arbeitsstellen), verschiedener Implausibilitäten und der Tatsache, dass nicht im Einflussbereich jeder Arbeitsstelle eine automatische Dauerzählstelle verfügbar ist, auf 876 Arbeitsstellenrichtungen.

Für die weiteren Auswertungen wurden Arbeitsstellen- und Dauerzählstellendaten miteinander verknüpft, indem den einzelnen Arbeitsstellen in unmittelbarer Nähe liegenden Dauerzählstellen zugeordnet wurden. Dabei wurde darauf geachtet, dass keine Autobahnkreuze oder Autobahndreiecke zwischen der Zählstelle und dem Arbeitsstellenbereich liegen. Akzeptiert wurde aber, wenn die Arbeitsstelle und die zugeordnete Zählstelle in benachbarten BAB-Abschnitten liegen und an der dazwischen liegenden Anschlussstelle keine wesentlichen Änderungen der Verkehrszusammensetzung zu erwarten waren. Verknüpfungsmerkmal waren die ASB-Netzknottennummern und die TK-Zählstellenummern aus den Daten der Straßenverkehrszählung 2005.

## 7 Arbeitsstellenbedingte Veränderungen der Verkehrsbelastung

### 7.1 Vorgehensweise

Der im Folgenden verwendete Begriff „Arbeitsstelle“ bezieht sich stets auf eine Arbeitsstellenrichtung. Die Arbeitsstellenbereiche, die fast immer beide Fahrtrichtungen betreffen, wurden folglich wie zwei getrennte Arbeitsstellen behandelt, da Verkehrsablauf und die tageszeitlichen Verkehrsschwankungen sowie auch die Verkehrszusammensetzung beider Fahrtrichtungen unabhängig voneinander sind.

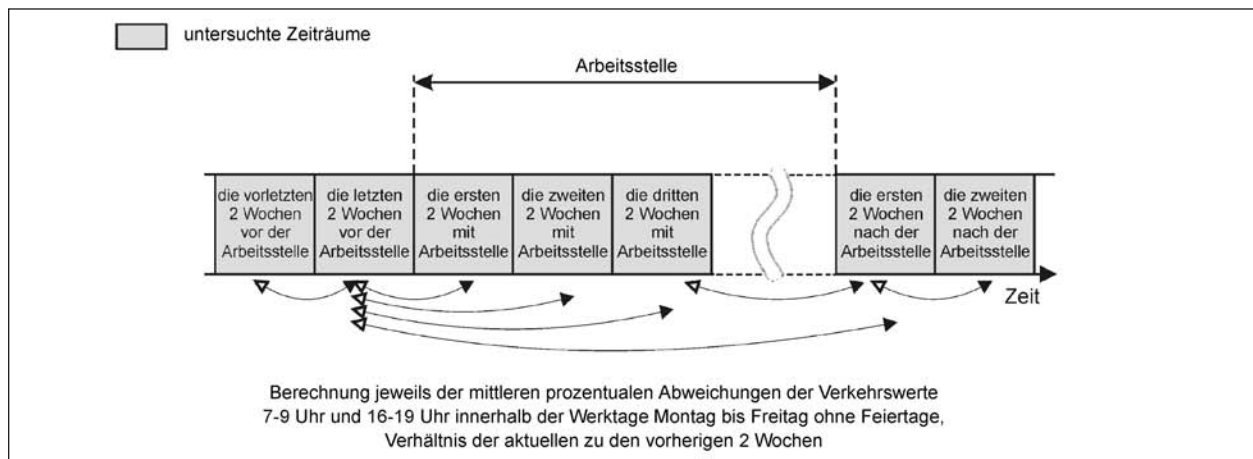
In einem ersten Schritt wurden ein zweiwöchiger Zeitraum unmittelbar vor Arbeitsstellenbeginn sowie die beiden ersten Wochen während der Arbeitsstellenbetriebszeit ausgewertet. Dabei konnte der Zeitraum auch innerhalb der Woche beginnen (z. B. von Mittwoch bis zum Mittwoch der übernächsten Woche). Samstage, Sonntage und Feiertage wurden bei den Auswertungen ausgeklammert, da die Verkehrsbelastungen an den Wochenenden auf den meisten Autobahnen deutlich unter den entsprechenden Werten der normalen Werktageliegen. Außerdem unterscheiden sich die Tagesganglinien an Wochenenden und Feiertagen erheblich von denjenigen an Werktagen. Insofern wurden nur Verlagerungen an Werktagen betrachtet.

Für die 876 Arbeitsstellenrichtungen wurden die stündlichen Verkehrsbelastungen während der morgendlichen Spitzenzeiten zwischen 7:00 Uhr und 9:00 Uhr sowie während der nachmittäglichen Spitzenzeiten zwischen 16:00 Uhr und 19:00 Uhr ermittelt. Berechnet wurden z. B. für den Zeitbereich 7:00 Uhr bis 8:00 Uhr

- der Mittelwert aller Stundenwerte 7:00 bis 8:00 Uhr der 10 Werktage während der zwei Wochen vor Beginn der Arbeitsstelle und
- der Mittelwert aller Stundenwerte 7:00 bis 8:00 Uhr der 10 Werktage während der ersten zwei Wochen des Arbeitsstellenbetriebs.

Die gleichen Berechnungen erfolgten für die Zeiträume 8:00 bis 9:00 Uhr, 16:00 bis 17:00 Uhr, 17:00 bis 18:00 Uhr und 18:00 bis 19:00 Uhr. Ein Vergleich der stündlichen Verkehrsbelastungen vor Beginn der Arbeitsstelle mit den entsprechenden Werten während der Betriebszeit der Arbeitsstelle liefert dann eine Aussage zu den möglichen durch Arbeitsstellen bedingten Verkehrsverlagerungen.

Mit dem Ziel, auch längerfristige Effekte untersuchen zu können – möglicherweise benötigen die Verkehrsteilnehmer eine gewisse Zeit, um sich an die Arbeitsstellensituation zu gewöhnen –, wurden die gleichen Berechnungen für die zweiten zwei Wochen während der Betriebszeit der Arbeitsstelle durchgeführt. D. h., die Abweichungen der mittleren stündlichen Verkehrsmenge je Arbeitsstellenrichtung über den Zeitbereich der zweiten zwei Wochen des Arbeitsstellenbetriebs wurden mit dem zweiwöchigen Zeitbereich vor Einrichtung der Arbeitsstelle verglichen. Entsprechend wurde auch mit dem dritten Zwei-Wochen-Zeitbereich während des Arbeitsstellenbetriebs und dem zweiwöchigen



**Bild 9:** Darstellung der Untersuchungszeiträume für die Ermittlung der Verlagerungseffekte

Nachher-Zeitraum (zwei Wochen nach Beseitigung der Arbeitsstelle) verfahren (Bild 9).

Für vertiefende Analysen wurden auch die durch Arbeitsstellen bedingten Änderungen der Verkehrsbelastungen für Teilkollektive untersucht.

## 7.2 Pauschale Auswertung der Belastungsänderungen während der Spitzenstunden

Die Ergebnisse der oben beschriebenen Berechnungen sind in den folgenden Diagrammen und Tabellen wiedergegeben. Sie enthalten jeweils die Mittelwerte der prozentualen Abweichungen getrennt für den Kfz- und den Schwerverkehr sowie die zugehörigen Standardabweichungen (nur in den Tabellen) jeweils

- für das erste 2-Wochen-Intervall mit Arbeitsstelle gegenüber dem letzten 2-Wochen-Intervall vor Arbeitsstellenbeginn,
- für das zweite 2-Wochen-Intervall mit Arbeitsstelle gegenüber dem letzten 2-Wochen-Intervall vor Arbeitsstellenbeginn,
- für das dritte 2-Wochen-Intervall mit Arbeitsstelle gegenüber dem letzten 2-Wochen-Intervall vor Arbeitsstellenbeginn,
- für das erste 2-Wochen-Intervall nach Arbeitsstellenende gegenüber dem letzten 2-Wochen-Intervall vor Arbeitsstellenbeginn.

Die Tabellen enthalten auch die zugrunde gelegten Stichproben der Baustellenrichtungen. Diese reduzieren sich mit zunehmender Zeitdauer, da für kür-

zer dauernde Baustellen zum Teil kein zweiter oder dritter Zwei-Wochen-Zeitraum existierte und für andere, länger dauernde Baustellen keine Daten für Nachher-Zeiträume innerhalb des Betrachtungszeitraums bis März 2008 vorlagen.

### Verlagerungseffekte bei Betrachtung aller Arbeitsstellen

Die Verlagerungseffekte bei Betrachtung aller Baustellen sind in Tabelle 11 und Bild 10 wiedergegeben.

Der Mittelwert der Verkehrsabnahme in den ersten zwei Wochen nach Realisierung der Arbeitsstelle betrug für alle untersuchten 876 Arbeitsstellenrichtungen 1,7 % für den Kfz-Verkehr (Standardabweichung 6,3 %) und 1,3 % für den Schwerverkehr (Standardabweichung 8,7 %).

In den zweiten zwei Wochen nach Einrichtung der Arbeitsstelle verstärkt sich die Verkehrsabnahme von 1,7 % auf 2,7 %, gefolgt von Verkehrsabnahme um 1,0 % in dem dritten Zwei-Wochen-Zeitraum verglichen mit dem Vorher-Zeitbereich.

Nach Beendigung der Arbeitsstelle ist ein weiterer leichter Rückgang der Verkehrsbelastung auf -0,7 % festzustellen. Diese Veränderungen können wie folgt interpretiert werden:

Die Mehrheit der Verkehrsteilnehmer wird offenbar in den ersten zwei Wochen durch die Arbeitsstelle und die dadurch bedingten Zeitverluste überrascht, sodass Verlagerungen nur in geringem Umfang stattfinden; in dem zweiten 2-Wochen-Intervall reagieren die Verkehrsteilnehmer stärker, sodass die Verlagerungen zunehmen.



alle Arbeitsstellen		Verkehrsveränderung gegenüber den letzten 2 Wochen vor der Arbeitsstelle in den			
		ersten 2 Wochen mit Arbeitsstelle	zweiten 2 Wochen mit Arbeitsstelle	dritten 2 Wochen mit Arbeitsstelle	ersten 2 Wochen nach der Arbeitsstelle
Mittelwert	Kfz	-1,7 %	-2,7 %	-1,0 %	-0,7 %
Medianwert	Kfz	-0,7 %	-1,5 %	-0,8 %	-1,0 %
Standardabweichung	Kfz	6,3 %	6,9 %	9,3 %	8,6 %
Mittelwert	Pkw	-1,8 %	-2,6 %	-1,0 %	-0,9 %
Medianwert	Pkw	-0,8 %	-1,8 %	-0,8 %	-1,2 %
Standardabweichung	Pkw	6,8 %	7,4 %	9,9 %	9,1 %
Mittelwert	SV	-1,3 %	-3,0 %	-1,0 %	-0,1 %
Medianwert	SV	-0,2 %	-2,0 %	-0,9 %	-0,3 %
Standardabweichung	SV	8,7 %	8,4 %	12,3 %	12,2 %
		876	738	706	766

Tab. 11: Belastungsänderungen bei Betrachtung aller Arbeitsstellen

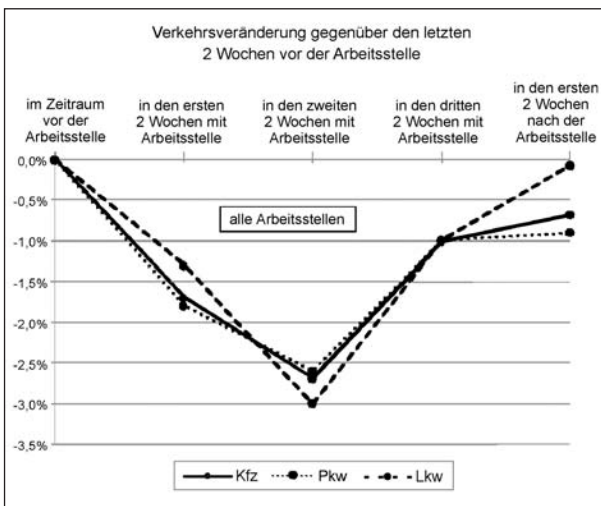


Bild 10: Belastungsveränderungen für alle Arbeitsstellen

In den dritten zwei Wochen nach Einrichtung der Arbeitsstelle findet dann im Mittel wieder eine Umkehrung des Prozesses statt. Mangels zeitsparender Alternativstrecken verbleiben die Verkehrsteilnehmer wieder vermehrt auf den Streckenabschnitten mit Arbeitsstelle; genutzte Alternativen haben sich als ungünstig erwiesen.

Nach Beendigung der Arbeitsstelle sind offenbar nicht alle Verkehrsteilnehmer über die beendete Bautätigkeit informiert, sodass immerhin noch im Mittel 0,7 % auf andere Strecken oder in andere Zeitbereiche außerhalb der Spitzenstunden ausweichen. Die Standardabweichungen bewegen sich im Mittel zwischen 6 % und 12 %, wobei die Werte mit zunehmender Arbeitsstellendauer stärker streuen.

Für den Schwerverkehr wurden prinzipiell ähnliche Werte festgestellt. Tendenziell zeigten sich jedoch für den Schwerverkehr geringere Verlagerungseffekte als für den Kfz-Verkehr insgesamt. Lkw-Fahrer benutzen Alternativrouten offenbar nur in geringerem Umfang und haben nicht die Möglichkeit, auf andere Zeitbereiche auszuweichen. Sämtliche vorherigen und nachfolgenden Auswertungen bezogen sich i. d. R. auf den Kfz-Verkehr und lediglich bei gesonderten Analysen auf den Schwerverkehr. Beispielhaft wurde für die Gesamtstichprobe auch die Differenzmenge zum Schwerverkehr, d. h. der Pkw-Verkehr, ausgewertet. Diese Verlagerungswerte entsprachen jedoch weitestgehend auch denen des Kfz-Verkehrs, da einerseits die Pkw-Menge deutlich überwog und andererseits die Verlagerungen des Schwerverkehrs deutlich geringer waren. Daher erschien es zulässig, nachfolgend ausschließlich den Kfz-Verkehr zu untersuchen.

Bei den beschriebenen Verlagerungseffekten handelt es sich nicht um jahreszeitliche Schwankungen oder Streuungen der Verkehrswerte, da diese aufgrund des kurzen Gesamtbetrachtungszeitraumes (acht Wochen) nur unmerklich ins Gewicht fallen.

Zwar ist innerhalb der ersten Jahreshälfte im Regelfall ein Anstieg des Verkehrs zu verzeichnen, der abgesehen von den Sommerferienzeiten in der zweiten Jahreshälfte bis zum Winter wieder abnimmt. Somit wären die Verkehrswerte für eine Arbeitsstelle, die im April beginnt und im Juni abgeschlossen ist, am Ende der Bautätigkeit generell etwas höher. In anderen Fällen beginnen Arbeitsstellen aber auch häufig im Spätsommer und enden im Spätherbst, sodass im Mittel aufgrund der großen Stichprobe ein Ausgleich der saisonalen Schwankungen stattfindet. Zudem verteilt sich der Arbeitsstellenbeginn nahezu gleichmäßig auf die erste und die zweite Jahreshälfte (vgl. Bild 11).

Die Aussonderung aller Arbeitsstellenbereiche mit leichten Unterschieden der Verkehrsstärken vor und nach Einrichtung der Arbeitsstelle, die eventuell urlaubsbedingt oder jahreszeitlich beeinflusst sind, hätte die Gesamtstichprobe für die statistischen Analysen insgesamt stark reduziert, sodass keine signifikanten Aussagen möglich gewesen wären. Ferner wurden die betrachteten Arbeitsstellen entsprechend den erfassten Belastungsveränderungen in den einzelnen 2-wöchigen Zeitbereichen untergliedert (Bild 12). Hierzu wurden die prozentualen Verkehrsveränderungen in entsprechende Klassen eingeteilt. Für die ersten 2 Wochen

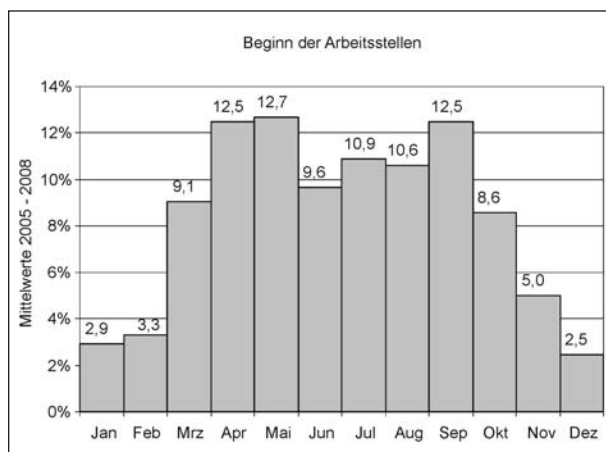


Bild 11: Aufteilung des Arbeitsstellenbeginns nach Monaten

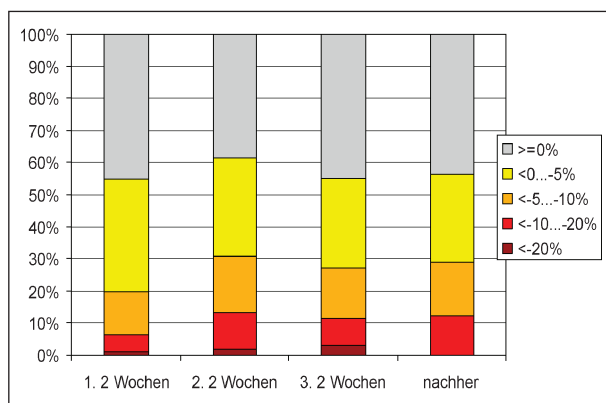


Bild 12: Aufteilung der Arbeitsstellenbereiche entsprechend den ermittelten Belastungsveränderungen

nach Arbeitsstellenbeginn ergaben sich für rd. 45 % aller Arbeitsstellenrichtungen sogar Verkehrszunahmen, während rd. 55 % Verkehrsabnahmen zeigten.

In den zweiten 2 Wochen verringert sich der Anteil der Arbeitsstellen mit Verkehrszuwächsen zugunsten stärkerer Rückgänge zwischen 10 % und 20 %. Interessant ist, dass in dem dritten 2-Wochen-Intervall die Anteile der Arbeitsstellen mit sehr hohen Verkehrsabnahmen stark zugenommen haben, obwohl Mittel- und Medianwerte für diesen Zeitbereich zurückgingen, ein Zeichen dafür, dass hier die Anzahl der Arbeitsstellen mit besonders hohen Verlagerungen zugenommen hat. Das bedeutet, dass im Mittel die Verlagerungen nach ca. 4 Wochen wieder rückläufig sind und nur an wenigen Arbeitsstellen besonders hohe Verlagerungsverkehre auftreten.

Schließlich wurden im Hinblick auf die Beurteilung der Homogenität der Stichprobe die Werte der Verkehrszu- bzw. -abnahmen aufsummiert und grafisch dargestellt (Bild 13). Dieses Verfahren wird

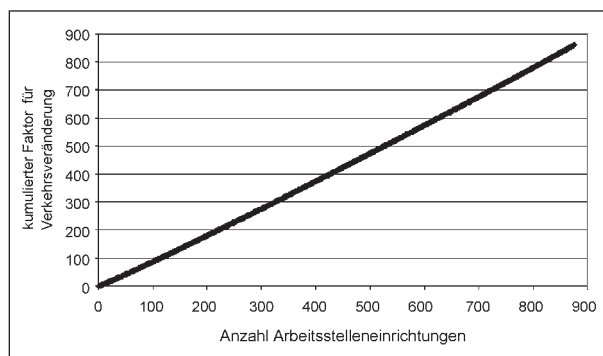


Bild 13: Summenlinie der Verkehrsveränderungen für den Kfz-Verkehr

häufiger verwendet, um Niveausprünge oder Steigungsänderungen der Summenlinie aufgrund bestimmter Ereignisse zu identifizieren. Die Werte von Ordinate und Abszisse sind nahezu identisch, da der Faktor für die darzustellende Verkehrsveränderung nahe bei 1 liegt und damit in etwa der Anzahl der Beobachtungen ( $n = 876$ ) entspricht. Da sich weder die Steigung der Kurve verändert noch Niveauperänderungen oder „Ausrundungen“ der Kurve im Bereich niedriger und hoher Werte erkennbar sind, ist dies ein Hinweis auf eine weitgehend homogene Stichprobe.

### Verlagerungseffekte von Arbeitsstellen mit einer Betriebszeit von weniger als 60 Tagen

Neben der Betrachtung aller Arbeitsstellen wurden auch Arbeitsstellen mit einer Betriebszeit von über 14 Tagen und bis zu 60 Tagen selektiert. Der Zeitraum von 60 Tagen wurde gewählt, um einerseits eine Arbeitsstellendauer von bis zu drei zweiwöchigen Zeitintervallen für die Auswertung zur Verfügung zu haben und gleichzeitig die Stichprobe nicht zu stark zu reduzieren. Die Ergebnisse sind in Tabelle 12 und Bild 14 dokumentiert.

Innerhalb der ersten zwei Wochen zeigte sich im Vergleich zur Gesamtstichprobe ein ähnlich hoher Verkehrsrückgang, der allerdings bereits in dem zweiten 2-Wochen-Intervall geringer wurde.

Dieser Effekt einer geringer werdenden Verkehrsabnahme im zweiten und dritten Betrachtungsintervall deutet darauf hin, dass sich einige Verkehrsteilnehmer nach Einrichtung einer Baustelle Alternativrouten wählen, von denen sich aber nach kurzer Zeit herausstellt, dass sie keine Zeitvorteile bieten. Sie kehren dann auf die angestammte Route zurück und nehmen die durch die Arbeitsstellen bedingten Zeitverluste in Kauf.

alle Arbeitsstellen mit weniger als 60 Tagen Betriebszeit		Verkehrsveränderung gegenüber den letzten 2 Wochen vor der Arbeitsstelle in den			
		ersten 2 Wochen mit Arbeitsstelle	zweiten 2 Wochen mit Arbeitsstelle	dritten 2 Wochen mit Arbeitsstelle	ersten 2 Wochen nach der Arbeitsstelle
Mittelwert	Kfz	-1,5 %	-0,8 %	-0,8 %	-1,0 %
Standardabweichung	Kfz	5,9 %	7,9 %	8,3 %	8,4 %
Mittelwert	Sv	-1,3 %	-0,8 %	-0,5 %	-1,3 %
Standardabweichung	Sv	7,4 %	9,3 %	10,8 %	11,7 %
Stichprobe		314	314	314	314

Tab. 12: Belastungsveränderungen für Arbeitsstellen mit einer Betriebszeit von weniger als 60 Tagen

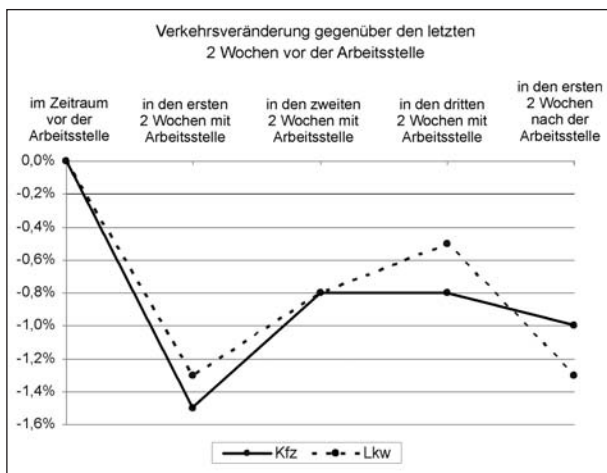


Bild 14: Belastungsveränderungen für Arbeitsstellen mit einer Betriebsdauer von weniger als 60 Tagen

Für den Schwerverkehr ergaben sich für die Arbeitsstellen mit einer Betriebszeit von bis zu 60 Tagen ähnliche Ergebnisse, die Streubreiten in Form der Standardabweichung fielen gegenüber der Auswertung aller Arbeitsstellen etwas geringer aus.

**Verlagerungseffekte von Arbeitsstellen oberhalb der Leistungsfähigkeitsgrenze**

Als weitere Teilmenge wurden Arbeitsstellen mit Verkehrsbelastungen oberhalb einer vorgegebenen Leistungsfähigkeitsgrenze des Arbeitsstellenquerschnitts ausgewählt. Anlass dieser Auswahl war die Vermutung, dass bei geringer belasteten Querschnitten kaum eine Notwendigkeit besteht, Ausweichstrecken zu suchen, da die Arbeitsstelle je nach Verkehrsführung nur einen vergleichsweise geringen zusätzlichen Zeitaufwand bedingt.

Die Grenzwerte der Leistungsfähigkeit wurden hierbei aus richtungsbezogenen Ganglinientypen (BAST, 2009),

Verkehrsführung	Richtung 1 [Kfz/h * Ri]	Richtung 2 [Kfz/h * Ri]
1+0	1.255	0
1+1	1.255	1.255
2+0	1.255	1.255
2+1	3.060	1.320
3+0	3.060	1.255
2+2	3.060	3.060
3+1	2.780	2.780
4+0	2.670	2.670
4+1	3.600	3.060
3+2	3.600	3.060
5+0	3.600	3.060
3+3	3.600	3.600
4+2	3.500	3.500
5+1	3.500	3.600
5+2	4.100	4.100
4+4	4.100	4.100
6+2	4.100	4.100

Tab. 13: Richtungsbezogene Grenzwerte der Leistungsfähigkeit in BAB-Arbeitsstellen für unterschiedliche Verkehrsführungen in Arbeitsstellen

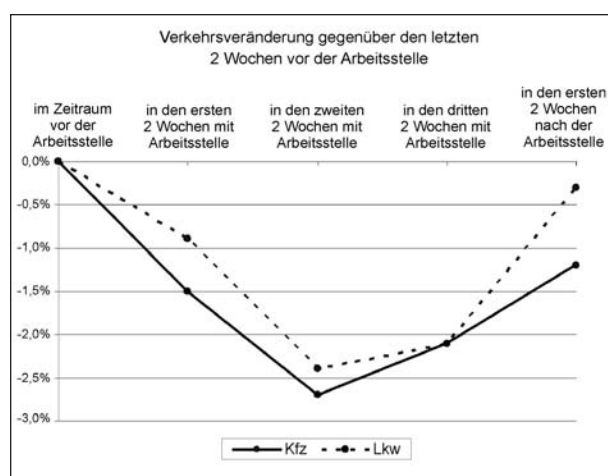
- Tagesganglinientypen für die Werktage Dienstag bis Donnerstag und
- Jahres-Ganglinientypen

auf der Basis der zugeordneten Dauerzählstellen errechnet. Die aus den Verkehrswerten jeweils vor Baubeginn ermittelten Verkehrsbelastungen in den Spitzenstunden wurden den aus der Literatur (LAFFONT, SCHMIDT, 1995; LAFFONT, REGNIET, SCHMIDT, 1996; LAFFONT, SCHMIDT, 1996; RESSEL, 1994a; RESSEL, 1994b) vorliegenden Leistungsfähigkeits-Grenzwerten entsprechend den jeweiligen Verkehrsführungen gegenübergestellt (vgl. Tabelle 13). Nur Abschnitte mit Verkehrsspitzen oberhalb der Grenzwerte wurden zugelassen. Dabei wurde die Selektion auch anhand von aus DTV-Werten ermittelten Grenzwertberechnungen überprüft.

Aufgrund dieser Selektion verblieben 184 Arbeitsstellenrichtungen, bei denen die Grenzwerte der Tabelle 13 überschritten wurden. In Tabelle 14 sind die Veränderungen der Verkehrsbelastungen aufgrund der Baustellensituation für dieses Kollektiv zusammengestellt; Bild 15 enthält die zugehörige Grafik.

alle Arbeitsstellen mit Verkehrsbelastungen über der Leistungsfähigkeitsgrenze		Verkehrsveränderung gegenüber den letzten 2 Wochen vor der Arbeitsstelle in den			
		ersten 2 Wochen mit Arbeitsstelle	zweiten 2 Wochen mit Arbeitsstelle	dritten 2 Wochen mit Arbeitsstelle	ersten 2 Wochen nach der Arbeitsstelle
Mittelwert	Kfz	-1,5 %	-2,7 %	-2,1 %	-1,2 %
Standardabweichung	Kfz	6,1 %	7,8 %	9,6 %	6,6 %
Mittelwert	Sv	-0,9 %	-2,4 %	-2,1 %	-0,3 %
Standardabweichung	Sv	6,7 %	8,7 %	13,2 %	10,5 %
Stichprobe		184	184	184	184

**Tab. 14:** Belastungsveränderungen für Arbeitsstellen mit Verkehrsbelastungen über der Leistungsfähigkeitsgrenze



**Bild 15:** Belastungsveränderungen für Arbeitsstellen mit Verkehrsbelastungen über der Leistungsfähigkeitsgrenze

Als Ergebnis zeigten sich ähnlich hohe Verkehrsabnahmen wie für das Kollektiv aller Arbeitsstellen. Lediglich im dritten 2-Wochen-Intervall und nach Abschluss der Bautätigkeiten wurden weiterhin höhere Verkehrsabnahmen im Vergleich zum Kollektiv aller Arbeitsstellen festgestellt. Die Lkw-Werte und die entsprechenden Standardabweichungen verhielten sich dabei ähnlich.

Damit wird die Vermutung widerlegt, dass auf Autobahnabschnitten mit hohen Verkehrsbelastungen und damit auch besonders hoher Stauwahrscheinlichkeit Verkehrsverlagerungen aufgrund von Arbeitsstellensituationen wahrscheinlicher sind als bei schwächer belasteten Autobahnen. Offenbar spielt die Verkehrsbelastung der betrachteten Autobahnen isoliert gesehen keine entscheidende Rolle für durch Arbeitsstellen bedingte Verkehrsverlagerungen.

### Verlagerungseffekte von Arbeitsstellen mit einem Rückgang der Verkehrsbelastungen um mehr als 3 % bzw. 5 %

Eine isolierte Betrachtung von Teilmengen einer Stichprobe und deren Mittelwerten ausgehend von einer Differenzierung der Ergebniswerte gibt i. d. R. Aufschluss über die Häufigkeit von Extremwerten. Wird der Mittelwert der Teilstichprobe durch das Entfernen der Verkehrserhöhungen und der nur leichten Verlagerungen (kleiner 3 % bzw. 5 %) deutlich vermindert, gibt dies einen Hinweis auf eine stärker streuende Gesamtstichprobe, was auch hier der Fall war. Die Abgrenzungen 3 % bzw. 5 % wurden hierbei gewählt, da diese leicht (3 %) bzw. deutlicher (5 %) unterhalb des Mittelwertes (1,7 %) lagen und somit einen Großteil der Streubereiche aussonderten und sich im Rahmen der zunächst erwarteten Verlagerungseffekte bewegten. Zudem galt es, die Stichprobengröße auf einem solchen Niveau zu halten, dass die Ergebnisse als belastbar bezeichnet werden können.

Die weiteren Analysen wurden daher für solche Arbeitsstellen durchgeführt, für die durch Auswertung der automatischen Zählstellen deutliche Verkehrsabnahmen erkennbar waren. D. h., es wurden nur solche Arbeitsstellen einbezogen, die innerhalb der ersten zwei Wochen nach Arbeitsstellenbeginn eine Verkehrsabnahme um mehr als 3 % aufwiesen.

Als Ergebnis für dieses Teilkollektiv, das 203 Arbeitsstellenrichtungen (23 %) umfasst, zeigen sich erwartungsgemäß deutlich stärkere Verkehrsabnahmen in Höhe von 7,4 % innerhalb der ersten zwei Wochen für den Kfz-Verkehr und in Höhe von 5,7 % für den Schwerverkehr. Für beide Fahrzeuggruppen liegen aber auch die Verkehrswerte nach Beendigung der Arbeitsstellentätigkeit um 5 % unter den Werten vor Beginn der Arbeitsstelle und sogar niedriger als während des dritten 2-Wochen-Intervalls der Arbeitsstellenzeit. Das ist ein Hinweis darauf, dass hier auch Effekte wirken, die offenbar unabhängig von der betrachteten Arbeitsstelle sind. Die Ergebnisse dieser Auswertung sind in Tabelle 15 und Bild 16 dokumentiert.

Besondere Merkmale, die diese Stichprobe auszeichnen bzw. bestimmte Merkmalsausprägungen einzelner Kenngrößen (z. B. besonders lange Arbeitsstellen oder hohe Auslastungsgrade), konnten hierbei nicht festgestellt werden, auch konnten keine besonderen Ursachen ermittelt werden, die für diese hohen Verkehrsabnahmen verantwortlich

Arbeitsstellen mit einem Verkehrsrückgang von mehr als 3 % in den ersten zwei Wochen nach Einrichtung der Arbeitsstelle		Verkehrsveränderung gegenüber den letzten 2 Wochen vor der Arbeitsstelle in den			
		ersten 2 Wochen mit Arbeitsstelle	zweiten 2 Wochen mit Arbeitsstelle	dritten 2 Wochen mit Arbeitsstelle	ersten 2 Wochen nach der Arbeitsstelle
Mittelwert	Kfz	-7,4 %	-5,7 %	-4,3 %	-4,9 %
Standardabweichung	Kfz	4,7 %	7,5 %	8,7 %	9,8 %
Mittelwert	Sv	-5,7 %	-3,7 %	-2,6 %	-4,3 %
Standardabweichung	Sv	7,5 %	8,2 %	10,5 %	15,1 %
Stichprobe		184	184	184	184

Tab. 15: Belastungsveränderungen für Arbeitsstellen mit einem Verkehrsrückgang von mehr als 3 % in den ersten zwei Wochen nach Einrichtung der Arbeitsstelle

Arbeitsstellen mit einem Verkehrsrückgang von mehr als 5 % in den ersten zwei Wochen nach Einrichtung der Arbeitsstelle		Verkehrsveränderung gegenüber den letzten 2 Wochen vor der Arbeitsstelle in den			
		ersten 2 Wochen mit Arbeitsstelle	zweiten 2 Wochen mit Arbeitsstelle	dritten 2 Wochen mit Arbeitsstelle	ersten 2 Wochen nach der Arbeitsstelle
Mittelwert	Kfz	-9,4 %	-7,2 %	-5,6 %	-5,1 %
Standardabweichung	Kfz	5,0 %	8,3 %	8,8 %	9,6 %
Mittelwert	Sv	-7,4 %	-5,2 %	-3,4 %	-5,4 %
Standardabweichung	Sv	8,1 %	9,8 %	10,8 %	15,9 %
Stichprobe		128	128	128	128

Tab. 16: Belastungsveränderungen für Arbeitsstellen mit einem Verkehrsrückgang von mehr als 5 % in den ersten zwei Wochen nach Einrichtung der Arbeitsstelle

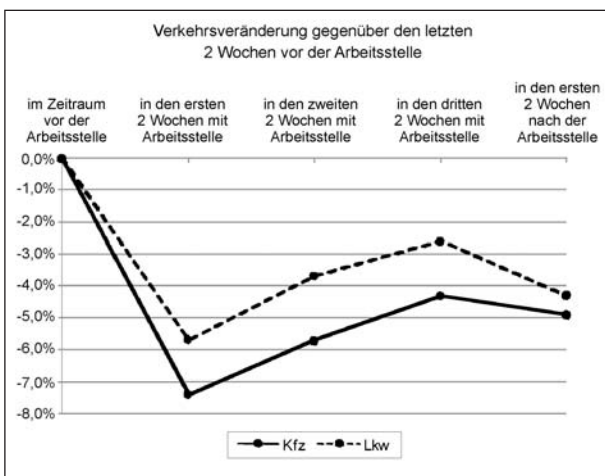


Bild 16: Belastungsveränderungen für Arbeitsstellen mit einem Verkehrsrückgang von mehr als 3 % in den ersten zwei Wochen nach Einrichtung der Arbeitsstelle

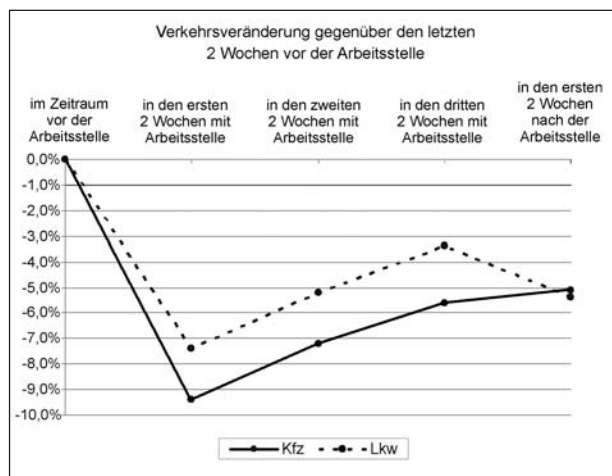


Bild 17: Belastungsveränderungen für Arbeitsstellen mit einem Verkehrsrückgang von mehr als 5 % in den ersten zwei Wochen nach Einrichtung der Arbeitsstelle

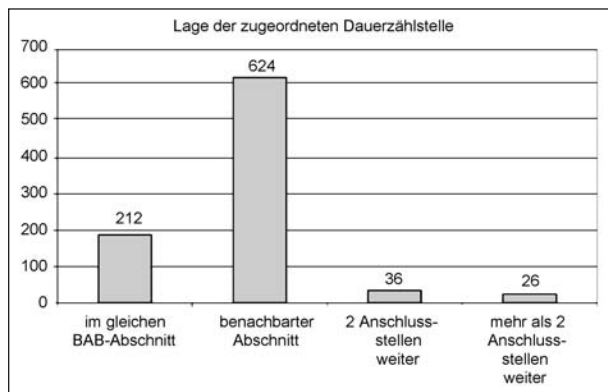
waren. Im Rahmen der Regressionsanalysen (siehe Kapitel 9) und der Clusteranalysen (siehe Kapitel 10) erfolgten allerdings Differenzierungen nach bestimmten Merkmalsausprägungen, die besseren Aufschluss über die Zusammenhänge der Verlagerungswirkungen gaben. Dort wurden auch Teilkollektive untersucht, die eine Verkehrsverminderung (Abschnitte mit Verkehrszunahmen wurden ausgesondert) bzw. eine Verkehrsverminderung um mindestens 10 % aufweisen.

Noch deutlichere Ergebnisse zeigten sich für Arbeitsstellen, die eine Verkehrsabnahme von mehr als 5 % in den ersten zwei Wochen nach Arbeitsstellenbeginn aufwiesen (vgl. Tabelle 16 und Bild 17). Hierbei betrug der Verkehrsrückgang in den ersten zwei Wochen im Mittel 9,4 % bei Berücksichtigung aller Kfz und 7,4 % bei einer Auswertung des Schwerverkehrs. Auch bei den 128 hier ausgewerteten Arbeitsstellenrichtungen (15 %) zeigt sich der Effekt, dass auch in den zwei Wochen nach Arbeitsstellenende die Verkehrsbelastungen um ca.

5 % unter den Ausgangswerten vor Arbeitsstellenbeginn liegen. Besonderheiten der Arbeitsstellen mit hohen Verkehrsabnahmen während der Arbeitsstellenzeit konnten nicht festgestellt werden.

### Einschränkung des Zählstellenkollektivs

Die bisherigen Untersuchungsergebnisse basieren auf Daten automatischer Dauerzählstellen, die bezogen auf den Bundesdurchschnitt nur etwa auf jedem vierten Autobahnabschnitt vorhanden sind und aufgrund von Bautätigkeiten auch teilweise keine Werte liefern. Sind die räumlichen Entfernungen zwischen Arbeitsstelle und Dauerzählstelle zu groß, fallen mögliche Verlagerungseffekte geringer aus, da nur ein Teil der an der Dauerzählstelle gemessenen Fahrzeugströme auch den Arbeitsstellenbereich passiert. Daher wurden gesonderte Auswertungen für Teilmengen von Arbeitsstellen durchgeführt, bei denen sich die zugeordnete Dauerzählstelle im selben Abschnitt wie die Arbeitsstelle be-



**Bild 18:** Lage der den Arbeitsstellen zugeordneten Dauerzählstellen

Arbeitsstellen mit Dauerzählstellen im selben Abschnitt		Verkehrsveränderung gegenüber den letzten 2 Wochen vor der Arbeitsstelle in den			
		ersten 2 Wochen mit Arbeitsstelle	zweiten 2 Wochen mit Arbeitsstelle	dritten 2 Wochen mit Arbeitsstelle	ersten 2 Wochen nach der Arbeitsstelle
Mittelwert	Kfz	-2,3 %	-2,2 %	0,1 %	-1,0 %
Medianwert	Kfz	-1,1 %	-1,7 %	-0,9 %	-1,4 %
Standardabweichung	Kfz	7,1 %	5,8 %	8,6 %	7,6 %
Mittelwert	Sv	-2,1 %	-2,3 %	-0,4 %	0,1 %
Medianwert	Sv	-0,6 %	-1,4 %	-1,5 %	-1,2 %
Standardabweichung	Sv	9,4 %	8,0 %	10,7 %	12,0 %
Stichprobe		212	176	160	189

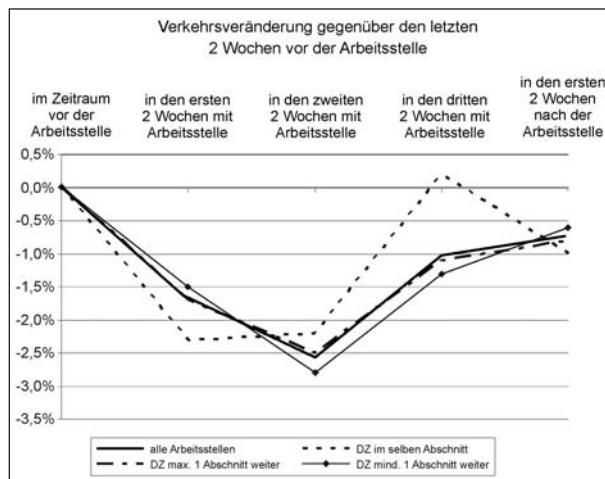
**Tab. 17:** Belastungsveränderungen für Arbeitsstellen, bei denen sich eine automatische Zählstelle im selben Abschnitt befindet

findet bzw. bei denen eine oder mehrere Anschlussstellen zwischen Arbeitsstelle und Zählstelle lagen. Bild 18 gibt Aufschluss über die Lage der Dauerzählstellen, die den 876 untersuchten Arbeitsstellenrichtungen zugeordnet wurden.

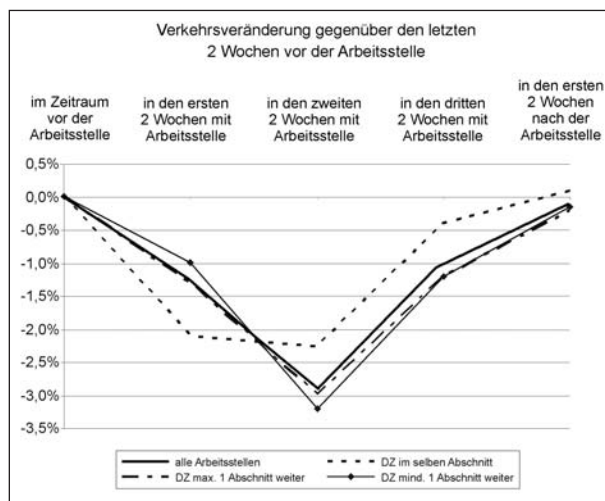
Für die Teilmenge der 212 Arbeitsstellenrichtungen mit Dauerzählstellen im selben BAB-Abschnitt wurden die arbeitsstellenbedingten Belastungsänderungen gesondert errechnet und in Tabelle 17 dargestellt.

Die Mittelwerte der Verkehrsabnahmen betragen im ersten und im zweiten 2-Wochen-Intervall gegenüber dem Zustand ohne Arbeitsstelle rd. 2 % und fielen für das dritte Intervall auf den Ursprungswert zurück. Im Zustand nach Ende der Arbeitsstelle war dagegen ein Rückgang um 1 % festzustellen. Zum Vergleich wurden auch die Kollektive

- alle Arbeitsstellen,
- Arbeitsstellen mit Dauerzählstelle (DZ) im selben Abschnitt,



**Bild 19:** Belastungsveränderungen des Kfz-Verkehrs unterschiedlicher Arbeitsstellenstichproben



**Bild 20:** Belastungsveränderungen des Schwerverkehrs unterschiedlicher Arbeitsstellenstichproben

- Arbeitsstellen mit Dauerzählstelle (DZ) maximal einen Abschnitt entfernt und
- Arbeitsstellen mit Dauerzählstelle (DZ) mindestens einen Abschnitt entfernt

gemeinsam ausgewertet und getrennt nach Kfz und Lkw in Bild 19 und Bild 20 grafisch gegenübergestellt.

Dabei zeigt sich, dass die Belastungsänderungen für die Stichprobe der Arbeitsstellen mit Dauerzählstelle im selben Abschnitt für die ersten 4 Wochen mit Arbeitsstelle ausgeprägter sind. Die 3 übrigen Kollektive mit weiter entfernten Dauerzählstellen unterscheiden sich nur marginal. Grundsätzlich werden damit die Aussagen aus dem Kollektiv der 876 untersuchten Arbeitsstellenrichtungen bestätigt. Insgesamt wird die These gestützt, dass inner-

halb der ersten Arbeitsstellenwochen versucht wird, Alternativstrecken zu finden. Da hierdurch offenbar keine wesentlichen Fahrtzeitgewinne erzielt werden, stellt sich nach einigen Wochen annähernd der vorherige Zustand wieder ein.

### Fazit

Im Mittel über alle untersuchten Arbeitsstellen wurde während der Spitzenstunden eine Verkehrsabnahme von lediglich ca. 2 % ermittelt. Diese Entlastung ist auf den Autobahnen kaum spürbar, könnte aber im nachgeordneten Straßennetz, das über geringere Kapazität verfügt, relevant sein.

Bei einem erheblichen Teil der Arbeitsstellen lassen sich keine Verkehrsabnahmen feststellen. Werden diese bei den Analysen ausgeklammert, zeigen die Arbeitsstellen mit nennenswerten Verlagerungseffekten deutlich höhere Verkehrsrückgänge von im Mittel bis zu 10 %.

## 7.3 Jahreszeitliche Schwankungen

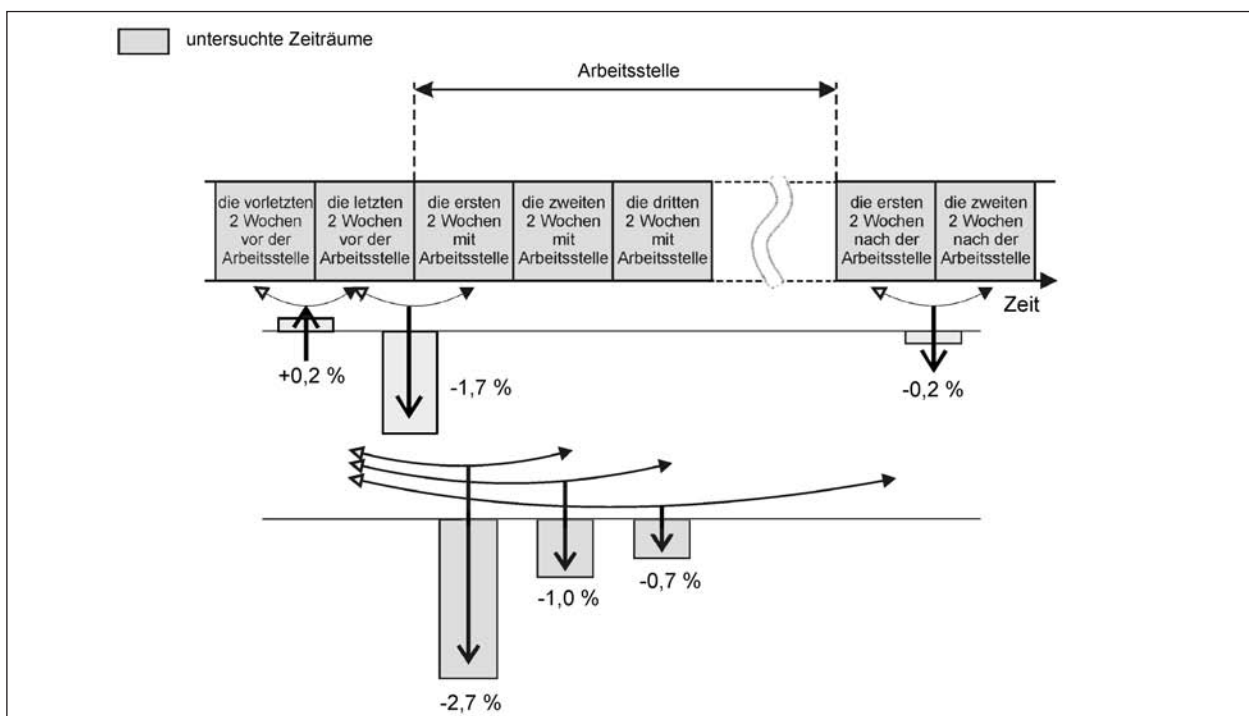
Bei der Ermittlung von durch Arbeitsstellen bedingten Belastungsänderungen auf der Basis von Ergebnissen aus automatischen Dauerschleifensensoren werden auch zufällige und jahreszeitlich bedingte Schwankungen der Verkehrsbelastungen mit er-

fasst. Daher wurde untersucht, inwieweit die ausgewiesenen Verlagerungseffekte durch solche Schwankungen der Verkehrsbelastungen beeinflusst werden und welche Schwankungsbreiten die Verkehrsbelastungen – unabhängig von Arbeitsstellensituationen – aufweisen.

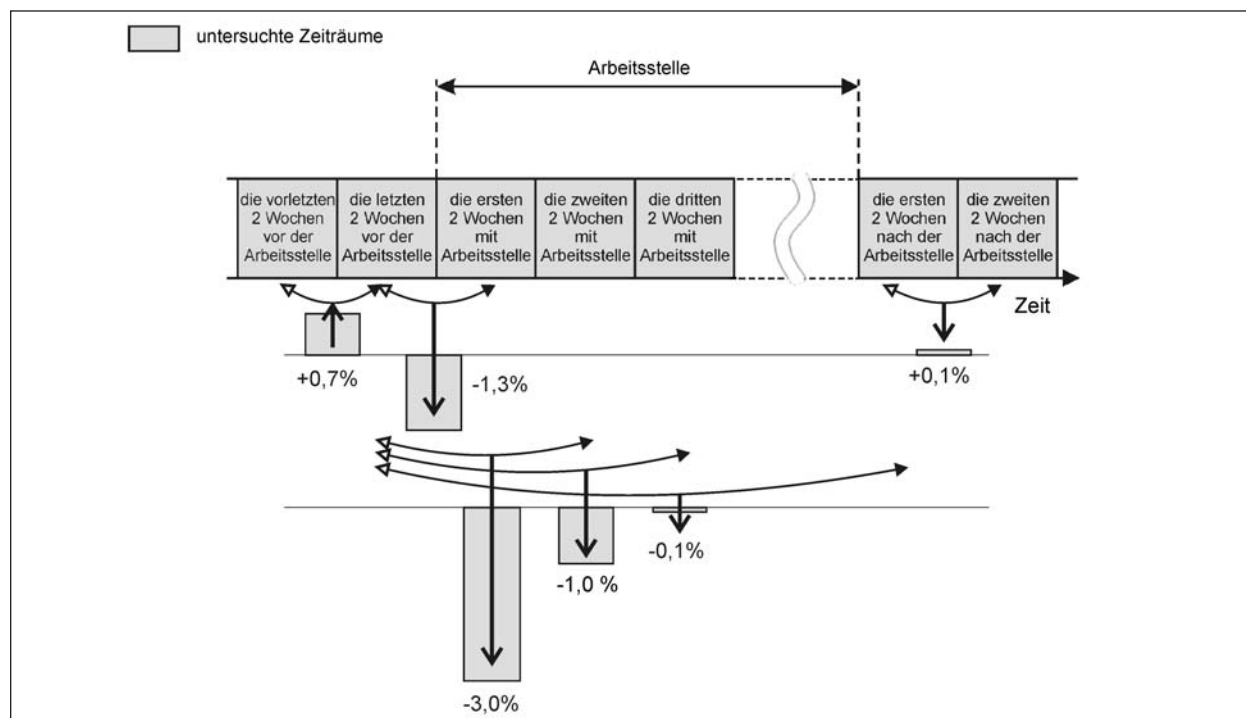
Hierzu wurden für alle 876 Arbeitsstellenrichtungen die Belastungsänderungen zwischen zwei durch Arbeitsstellen unbeeinflussten Zeiträumen vor und nach der Arbeitsstellenphase ermittelt. Die Ergebnisse sind im Folgenden dokumentiert, wobei Bild 21 die Werte für den Kfz-Verkehr und Bild 22 die Werte für den Schwerverkehr wiedergibt.

Aus dem Vergleich der Belastungen für den Kfz-Verkehr wird deutlich, dass die aus allen Arbeitsstellenrichtungen gemittelten Verkehrsveränderungen zwischen zwei zweiwöchigen Intervallen ohne Arbeitsstelle (mit +0,2 % vor Einrichtung der Arbeitsstelle und -0,2 % nach Beendigung der Arbeitsstelle) deutlich niedriger sind als bei einem Vergleich von Zeiträumen ohne und mit Arbeitsstelle.

Für den Schwerverkehr ergaben sich zwar etwas höhere Abweichungen (+0,7 % vor Einrichtung der Arbeitsstelle und +0,1 % nach Beendigung der Arbeitsstelle); aber auch diese Abweichungen sind deutlich niedriger als bei einem Vergleich von Zeiträumen ohne und mit Arbeitsstelle.



**Bild 21:** Gegenüberstellung der durchschnittlichen Belastungsänderungen in den Zeitbereichen vor, während und nach der Arbeitsstellenzeit für den Kfz-Verkehr



**Bild 22:** Gegenüberstellung der durchschnittlichen Belastungsänderungen in den Zeitbereichen vor, während und nach der Arbeitsstellenzeit für den Schwerverkehr

Damit bestätigt sich, dass es sich bei den abgeleiteten Belastungsänderungen in der Größenordnung von im Mittel 2-3 % (je nach Randbedingung bis zu 10 %) nicht um zufällige jahreszeitliche Schwankungen der Verkehrsbelastungen handelt.

## 7.4 Zeitliche Verlagerungen

Neben der Verlagerung von Verkehren auf alternative Strecken können sich auch zeitliche Verlagerungen einstellen, um arbeitsstellenbedingten Kapazitätsengpässen in den Spitzenstunden auszuweichen. Dies äußert sich in einer möglichen Verschiebung oder Ausdehnung der morgendlichen und/oder nachmittäglichen Spitzenstundenbereiche.

Hierzu wurden die Mittelwerte der Verkehrsbelastungen aller untersuchten Arbeitsstellenrichtungen getrennt für die Tagesstunden 0:00 bis 24:00 Uhr für alle Zeiträume mit und ohne Arbeitsstelle, getrennt für den Kfz- und Schwerverkehr, berechnet. Es zeigte sich, dass sich im Mittel über das gesamte Arbeitsstellenkollektiv außerhalb der Spitzenstundenbereiche nur sehr geringfügige Veränderungen zwischen den Zeitbereichen ohne und mit Arbeitsstelle ergaben.

Um die Analyse auf die Arbeitsstellenbereiche zu konzentrieren, bei denen sich in den Spitzenstun-

den erhebliche Verlagerungswirkungen zeigen, wurden die Arbeitsstellen mit einer Verkehrsabnahme um mindestens 3 % in den ersten 2 Wochen mit Arbeitsstelle selektiert, da hier am ehesten auch zeitliche Verlagerungen zu erwarten waren.

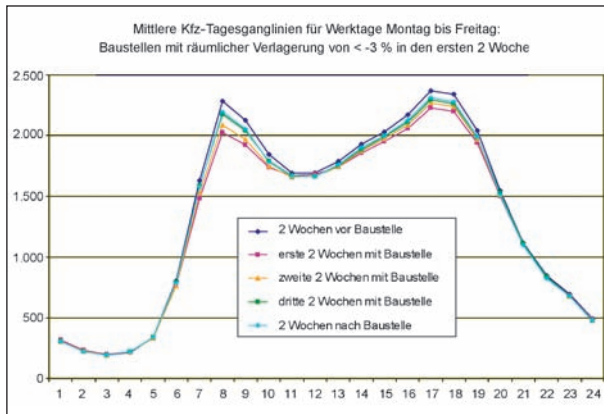
Zur Verdeutlichung dieses Effekts wurden mittlere Tagesganglinien der ausgewählten 203 Arbeitsstellenrichtungen getrennt für die folgenden 2-Wochen-Intervalle dargestellt (Bild 23):

- letzte 2 Wochen ohne Arbeitsstelle,
- erste 2 Wochen mit Arbeitsstelle,
- zweite 2 Wochen mit Arbeitsstelle,
- dritte 2 Wochen mit Arbeitsstelle,
- erste 2 Wochen nach Arbeitsstellenende.

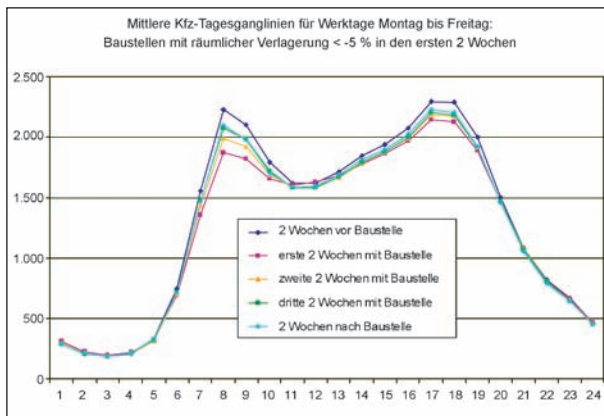
Hierbei zeigte sich eine deutliche Abflachung der Ganglinien innerhalb der ersten 2 Wochen mit Arbeitsstellen, gefolgt von einem leichten Wiederanstieg in den zweiten 2 Wochen wie auch in den dritten 2 Wochen sowie nahezu eine Rückkehr auf das ursprüngliche Niveau nach Arbeitsstellenende.

Ein ähnliches Bild zeigte sich auch für die Teilmenge der Arbeitsstellen mit Verkehrsabnahmen über 5 % (Bild 24), wobei hier ein Stichprobenumfang von 128 Arbeitsstellenrichtungen zugrunde lag.





**Bild 23:** Tagesganglinien des Kfz-Verkehrs für Arbeitsstellen mit Verkehrsabnahmen um mindestens 3 % (innerhalb der ersten 2 Wochen)

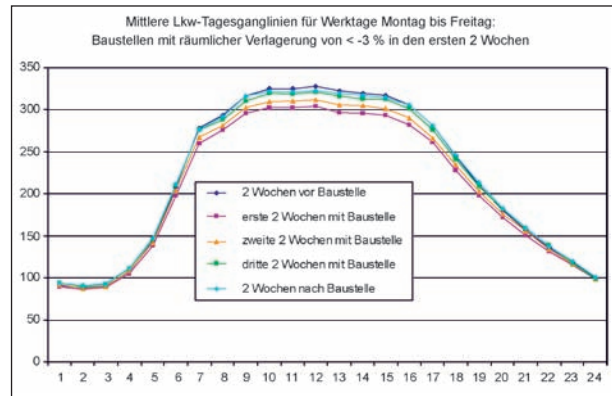


**Bild 24:** Tagesganglinien des Kfz-Verkehrs für Arbeitsstellen mit Verkehrsabnahmen um mindestens 5 % (innerhalb der ersten 2 Wochen)

Für das Teilkollektiv mit Verkehrsabnahmen um über 5 % in der Spitzenstunde zeigt sich während der Mittagszeit ein Effekt, der auf eine, wenn auch sehr geringe, zeitliche Verlagerung hinweist: Die Belastungswerte in der 11. und 12. Tagesstunde liegen nach Einrichtung der Arbeitsstelle minimal über den Werten im 2-Wochen-Intervall vorher.

Ein ähnlicher Effekt war bei einer separaten Auswertung des Schwerverkehrs (Bild 25) nicht festzustellen.

Aus den durchgeführten Auswertungen ließ sich eine Ausweitung der Spitzenstundenzeiten infolge der Arbeitsstellensituationen nicht erkennen. Es erfolgten demnach keine nennenswerten zeitlichen Verlagerungen zu Zeitbereichen mit niedrigeren Verkehrsbelastungen. Rund 4 Wochen nach Arbeitsstellenbeginn scheint der Verkehr wieder das ursprüngliche Niveau zu erreichen, sodass überwiegend von temporären Verlagerungswirkungen auszugehen ist.



**Bild 25:** Tagesganglinien des Schwerverkehrs für Arbeitsstellen mit Verkehrsabnahmen um mindestens 3 % (innerhalb der ersten 2 Wochen)

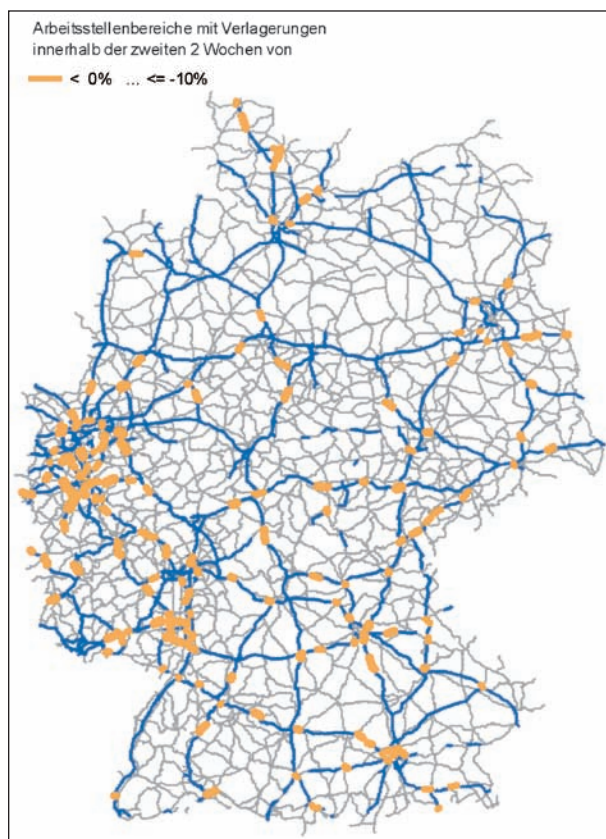
Dieses generelle Verkehrsverhalten bestätigt auch eine vor rd. 10 Jahren durchgeführte Untersuchung über das zeitliche Verkehrsverhalten innerhalb eines 20-Jahres-Zeitraums (1980-1999) in Bayern, die ähnliche Effekte sowohl für die Autobahnen als auch für das nachgeordnete Straßennetz nachweist (LAFFONT, NIERHOFF, SCHMIDT, 2001a).

Umfangreiche Analysen eines 20-Jahres-Zeitraums anhand automatischer Dauerzählstellen auf Autobahnen, Bundes- und Staatsstraßen ergaben, dass sich der Verkehr im tageszeitlichen und wochentäglichen Ablauf trotz (scheinbar) zahlreicher Veränderungen hinsichtlich des Einkaufs- und Pendlerverhaltens (z. B. längere Öffnungszeiten) im Laufe der Zeit insgesamt nur geringfügig verändert hat. Zwar wurden Arbeitsstellen hierbei nicht speziell untersucht, aber auch nicht ausgeklammert, sodass entsprechende Tendenzen im Rahmen der Einzelanalysen aufgedeckt worden wären. Eine nahezu zeitgleich durchgeführte Untersuchung in Nordrhein-Westfalen (LAFFONT, NIERHOFF, SCHMIDT, 2001b) bestätigte dieses Verhalten ebenfalls.

## 7.5 Verteilung der Arbeitsstellenbereiche mit Verlagerungswirkungen im BAB-Netz

Zur Analyse möglicher Abhängigkeiten zwischen Verlagerungseffekten und der Lage im Autobahnnetz wurden die ausgewerteten Arbeitsstellen in Straßennetzkarten dargestellt.

Bild 26 enthält die Arbeitsstellen mit Verkehrsabnahmen von 0 % bis 10 % innerhalb der ersten 2 Wochen nach Einrichtung der Arbeitsstellen. Dem-



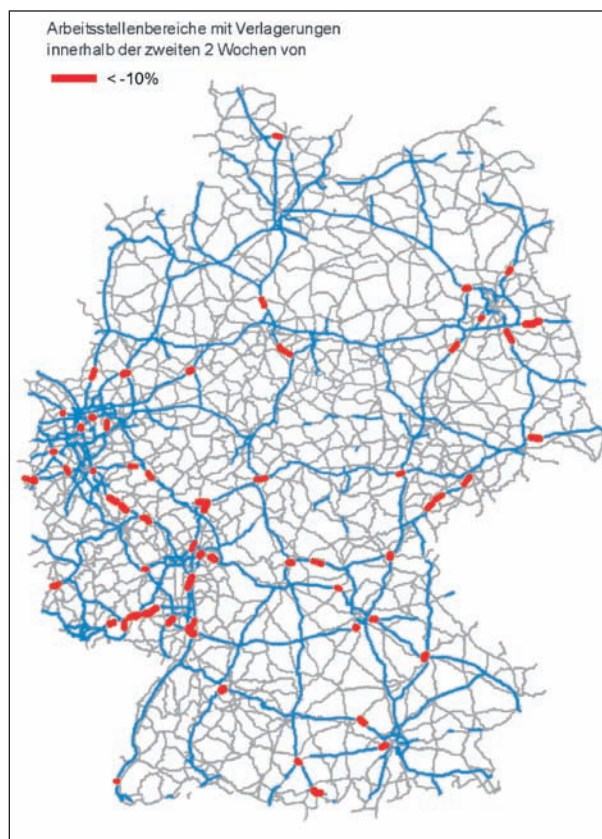
**Bild 26:** Räumliche Verteilung von Arbeitsstellen mit Verkehrsabnahmen von 0 % bis 10 % während des zweiten 2-Wochen-Intervalls mit Arbeitsstelle

nach treten stärkere räumliche Verlagerungen (offenbar aufgrund der Kapazitätsengpässe) tendenziell vermehrt am Rand von Ballungszentren und an (wichtigen) BAB-Kreuzen/-Dreiecken auf Fernverkehrsstrecken auf. Konkrete Hinweise auf örtliche oder streckenspezifische Besonderheiten, die höhere Verlagerungseffekte bewirken könnten, waren jedoch nicht erkennbar.

Bei der Kennzeichnung von Arbeitsstellen mit besonders hohen Verkehrsabnahmen von über 10 % (Bild 27) sieht man deutlich, dass diese vermehrt an hochbelasteten BAB-Kreuzen aufgetreten sind. Vermutlich finden hier Verlagerungsverkehre zur Umfahrung bzw. Routenverkürzung der BAB-Kreuz-/Dreiecke statt. Auf diesen Sachverhalt wird in Kapitel 8 eingegangen.

## 7.6 Beispielhafte Betrachtung ausgewählter Arbeitsstellen

Die pauschale Betrachtung der arbeitsstellenbedingten Verkehrsverlagerungen in den Spitzenstunden führt zu dem Ergebnis, dass für diese Stun-



**Bild 27:** Räumliche Verteilung von Arbeitsstellen mit Verkehrsabnahmen von über 10 % während des zweiten 2-Wochen-Intervalls mit Arbeitsstelle

dengruppen eine signifikante Verkehrsentlastung auf den betrachteten Abschnitten des Autobahnnetzes zu beobachten war, wobei die Verkehrsabnahmen, obwohl die höchstbelasteten Tagesstunden ausgewertet wurden, bei Betrachtung aller Arbeitsstellen lediglich in der Größenordnung von 2 % lagen. Bei einigen der betrachteten Arbeitsstellen wurden allerdings Verkehrsabnahmen von über 10 % festgestellt.

Die pauschale Auswertung liefert keine Aussagen darüber, wodurch die Verkehrsabnahmen im Detail bedingt werden und auf welche alternativen Strecken sich die Verkehre verlagern. Deshalb wurde vor einer weiteren systematischen Auswertung der Arbeitsstellenbereiche an Beispielen exemplarisch untersucht, wie sich die Arbeitsstellensituationen im Einzelnen auswirken und welche Rahmenbedingungen bei der Beurteilung möglicher Verlagerungswirkungen zu beachten sind. Dazu wurden sechs Arbeitsstellen zufällig ausgewählt, bei denen beim pauschalen Vergleich der Zeitbereiche vor und während des Arbeitsstellenbetriebs relativ hohe Verkehrsabnahmen festgestellt wurden. Die Detailbetrachtung dieser Beispiele dient dazu,

Nr.	Beschreibung	Führung	V-zul [km/h]	Dauer [d]	Länge [km]	DTV [Kfz/24h]
1	A 3, nordöstlich Wesel	0+4	80	640	0,8	54.000
2	A 1, südlich Kamener Kreuz	2+4	60	81	8,5	104.000
3	A 40, westlich AK Moers	0+4	60	65	4,9	46.000
4	A 4, Wiehltalbrücke	0+2	60	54	2,5	49.000
5	A 3, nördlich AK Köln-Ost	3+3	80	771	3	164.000
6	A 59, südlich AD Bonn-Beuel	1+3	80	27	2,2	79.000

Tab. 18: Kenngrößen der ausgewählten Arbeitsstellenbereiche

einen Eindruck von möglichen Verlagerungswirkungen im Straßennetz zu erhalten. Sämtliche Beispiele liegen in Nordrhein-Westfalen, da für diesen Bereich auch Ortskenntnis zum nachgeordneten Straßennetz und zu den Verkehrsbedingungen vorliegen, wodurch sich die Wirkungen im Einzelnen besser interpretieren lassen. In Tabelle 18 sind die wesentlichen Kenngrößen der ausgewählten Arbeitsstellen wiedergegeben.

Grundsätzlich wurden die Verkehrsbelastungen für die beispielhaft ausgewählten Arbeitsstellenbereiche über den gesamten 3-Jahres-Zeitraum von 2005 bis 2007 betrachtet. Eine Beschränkung auf die relativ kurzen Zeitbereiche, die im Rahmen der pauschalen Auswertungen betrachtet wurden, erschien nicht sinnvoll, da die Verlagerungswirkungen auch in den Gesamtzusammenhang der Verkehrsentwicklung gesetzt werden sollten.

Um die durch den Wochengang bedingten Schwankungen auszublenden, wurden für die drei Untersuchungsjahre nur die Verkehrsbelastungen am Dienstag, Mittwoch und Donnerstag, sofern es sich dabei nicht um Feiertage handelte, ausgewertet. Im Idealfall wären für diese Wochentage – klammert man Urlaubszeiten und Feiertage aus – ähnlich hohe Verkehrsbelastungen zu erwarten. Deshalb wurden auch die Ferienzeiten mit Ausnahme der Sommerferien in Nordrhein-Westfalen ausgeblendet. Betrachtet wurden jeweils die Ganglinienverläufe für die Zeitbereiche 06:00 bis 07:00 Uhr, 07:00 bis 08:00 Uhr, 08:00 bis 09:00 Uhr, 15:00 bis 16:00 Uhr, 16:00 bis 17:00 Uhr, 17:00 bis 18:00 Uhr und 18:00 bis 19:00 Uhr. Generell ist davon auszugehen, dass in diesen Zeitbereichen die werktäglichen Spitzenstunden liegen und somit die Stunden mit den höchsten Verkehrsbelastungen erfasst sind.

Das Ergebnis dieser Auswertungen zeigte trotz der gezielten Auswahl der Untersuchungstage mit an-

nähernd gleichen Verkehrsbelastungen zum Teil deutliche Schwankungen in den Ganglinienverläufen, die es erschwerten, die arbeitsstellenbedingten Verkehrsabnahmen zu erkennen.

Die Schwankungen können durch unterschiedliche Verkehrsnachfrage an einzelnen Wochentagen bedingt sein. Auf den hochbelasteten Strecken wurden aber auch in den Spitzenstunden Verkehrszusammenbrüche oder unfallbedingte Störungen beobachtet, die sich in den Ganglinien widerspiegeln.

Zur Glättung der Ganglinienverläufe im Sinne einer besseren Interpretierbarkeit wurden verschiedene Ansätze getestet. Zur Anwendung kam schließlich eine Auswertung, bei der die Mittelwerte über alle Tage des Kollektivs (nur Dienstag, Mittwoch und Donnerstag, ohne Ferienzeiten und Feiertage, allerdings einschließlich der Sommerferien) über bestimmte Zeitbereiche gemittelt wurden. Gemittelt wurde über den Zeitbereich

- zwischen den Weihnachtsferien und den Osterferien,
- zwischen den Osterferien und den Sommerferien,
- die ca. 6-wöchigen Sommerferien in Nordrhein-Westfalen,
- zwischen den Sommerferien und den Herbstferien sowie
- zwischen den Herbstferien und den Weihnachtsferien.

Außerdem wurden die Arbeitsstellenzeiten gesondert abgegrenzt.

Die Ganglinien für die Einzelstunden zeigen sehr unterschiedliche Auswirkungen der Arbeitsstellen. Generell gilt, dass, je höher die Verkehrsbelastungen im Zustand ohne Arbeitsstelle sind, desto stär-

ker sind auch die Verkehrsabnahmen, die sich durch den Arbeitsstellenbetrieb einstellen. Teilweise konnten neben räumlichen Verlagerungen im Straßennetz auch zeitliche Verlagerungen erkannt werden, wenn sich beispielsweise Berufsverkehre am Morgen von der Spitzenstunde in eine frühere Tagesstunde verlagern.

Modellrechnungen, um die räumlichen Verkehrsverlagerungen im Netz darstellen zu können, sind nur zielführend, wenn aus den ausgewerteten Ganglinien signifikante Veränderungen der Verkehrsbelastungen im Arbeitsstellenbereich ausgewiesen werden, die dann im Modell nachgebildet werden. Ansonsten ist keine differenzierte Modellierung der Wirkungen möglich.

Das für die Ermittlung der Verkehrsverlagerungen eingesetzte Verkehrsmodell baut auf den Datengrundlagen der Bundesverkehrswegeplanung auf. Dementsprechend stehen eine ausreichend dichte Netzgrundlage, eine kleinteilige Zelleneinteilung mit zugehörigen Strukturdaten sowie eine Verkehrsnachfragematrix auf Kreisregionesebene zur Verfügung. Die Verkehrsströme innerhalb der Kreisregionen wurden auf der Basis der Strukturdaten in den Verkehrszellen gesondert generiert.

Für die beispielhaft ausgewählten Arbeitsstellenbereiche wurde der mögliche Wirkungsbereich abgeschätzt, der sich im Wesentlichen aus der Arbeitsstellensituation und der Struktur des umliegenden Straßennetzes ergibt. Die Netzmodelle wurden anhand von Zähldaten aus der SVZ 2005 bzw. den Ergebnissen automatischer Dauerzählstellen geeicht, bis davon ausgegangen werden konnte, dass das jeweilige Verkehrsmodell die Verkehrsverflechtungen im Umfeld des Arbeitsstellenbereichs realitätsnah abbildet. Damit liegen für die ausgewählten Beispiele die Verkehrsbelastungen für die Straßennetsituation ohne Arbeitsstelle vor.

Unter Berücksichtigung der Zeitverluste, die durch bestimmte Arbeitsstellentypen bedingt werden, werden in die Modellnetze Widerstände auf den BAB-Strecken mit Arbeitsstellen eingefügt und so – in einem ersten Entwurf – die Verlagerungswirkungen quantifiziert. Dabei werden sowohl die Zeitverluste, die durch Geschwindigkeitsbeschränkungen und Überholverbote im Arbeitsstellenbereich bedingt werden, als auch überlastungsbedingte Stauerscheinungen (capacity restraint) berücksichtigt.

Über die Auswertung der automatischen Dauerzählstellen im Wirkungsbereich der jeweiligen Ar-

beitsstelle wurden die Modellrechnungsergebnisse für die einzelnen Untersuchungsbeispiele verifiziert, d. h. entsprechend der Realität angepasst.

Das Verkehrsmodell arbeitet mit Tagesverkehrsbelastungen, d. h., dass die Verkehrsnachfragematrix lediglich die werktäglichen Verkehrsverflechtungen über den Tag aufsummiert. Eine Differenzierung nach Spitzenstunden mit den insbesondere in den Ballungsräumen sehr starken Asymmetrien der Verkehrsnachfrage erfolgte nicht. Um die Verkehrsbelastungen in den Spitzenstunden realitätsnah mit dem Modell abbilden zu können, wären Verkehrsnachfragematrizen für die Spitzenstunden erforderlich, die so nicht verfügbar waren. Außerdem wäre eine netzweite Eichung der Verkehrsbelastungen für die Spitzenstunde sehr aufwändig, da entsprechende richtungsbezogene Zählwerte aus der SVZ gesondert zugeordnet werden müssten.

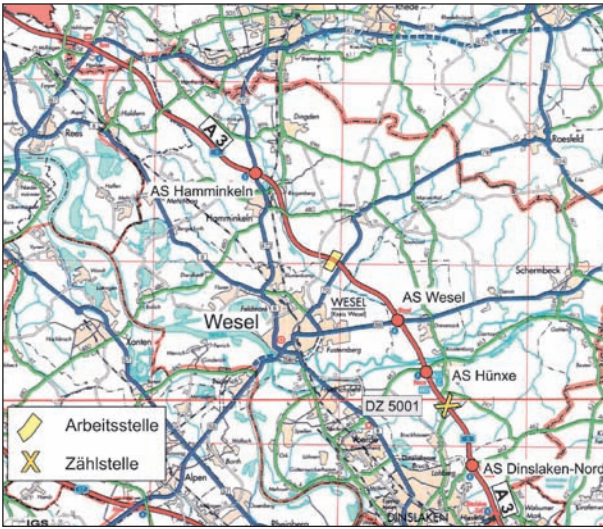
Insofern kam eine Umstellung des Modells auf Stundenbasis aus Aufwandsgründen nicht infrage. Um dennoch die Verlagerungswirkungen im Netz abbilden zu können, wurden die durch Arbeitsstellen bedingten Verkehrsverlagerungen auf Basis des Tagesverkehrs ermittelt. Dazu wurden Kapazitätseinschränkungen durch entsprechende Erhöhungen des Widerstandes auf den betroffenen Strecken modelliert.

Zu berücksichtigen ist allerdings, dass sich bei den meisten Arbeitsstellen nur relativ geringe Verkehrsverlagerungen während der Spitzenstunden einstellen. Umgerechnet auf den Tag führt dies zu sehr geringen Verlagerungswirkungen, die meist deutlich unter 5 % liegen. Dadurch wird oftmals die Grenze der Aussagegenauigkeit des Verkehrsmodells erreicht.

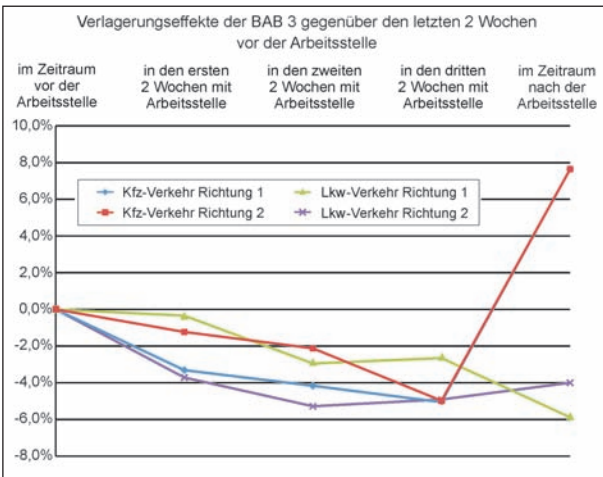
### **Beispiel 1: Autobahn A 3, nördlich Wesel**

Bei der Arbeitsstelle mit einer Länge von 0,8 km handelt es sich um eine Langzeitarbeitsstelle mit der Verkehrsführung 0+4, die über einen Zeitraum von 1 3/4 Jahren betrieben wurde. Bild 28 zeigt die Lage der Arbeitsstelle und der zugeordneten Dauerzählstelle. Die Zählstelle befindet sich zwar südöstlich von Wesel zwischen der AS Hünxe und der AS Dinslaken-Nord, es ist aber davon auszugehen, dass sich die durch die Arbeitsstelle bedingten Veränderungen der Verkehrsbelastungen zum überwiegenden Teil auch an der Zählstelle zeigen.

Die Auswertung der 2-Wochen-Intervalle vor, während und nach der Arbeitsstellensituation in Bild 29



**Bild 28:** Lage der Arbeitsstelle sowie der zugeordneten automatischen Dauerzählstelle auf der A 3 bei Wesel

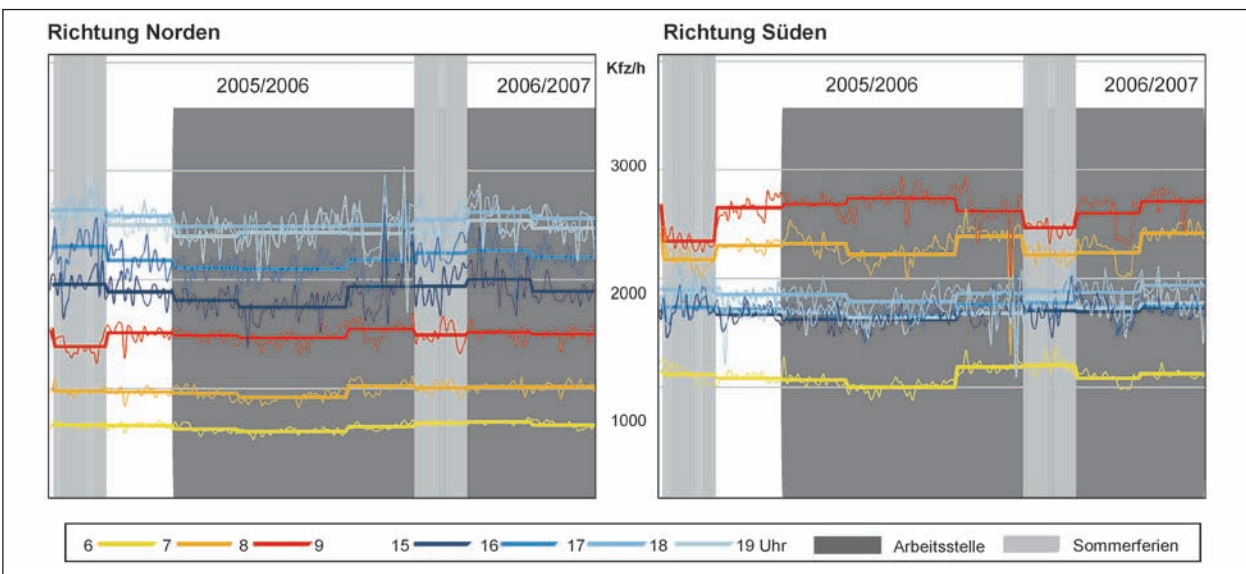


**Bild 29:** Veränderung der Verkehrsbelastungen bei Einrichtung der Arbeitsstelle auf der A 3 bei Wesel

zeigt, dass die Verkehrsbelastungen in den Spitzenstunden nach Einrichtung der Arbeitsstelle um bis zu 5 % zurückgehen und nach Auflösung der Arbeitsstelle für den Kfz-Verkehr nahezu 8 % über dem Ausgangsniveau liegen. Die Tatsache, dass die Belastung im Schwerverkehr nach Auflösung der Arbeitsstelle nicht angestiegen ist, deutet darauf hin, dass der Anstieg des Kfz-Verkehrs nach Aufhebung der Arbeitsstelle nicht im Zusammenhang mit dieser zu sehen ist, sondern auf die allgemeine Verkehrsentwicklung bzw. auf Maßnahmen im nachgeordneten Straßennetz zurückzuführen ist, zumal die Arbeitsstelle über 1 3/4 Jahre betrieben wurde.

In Bild 30 sind die oben beschriebenen Auswertungen für den Arbeitsstellenzeitraum sowie jeweils einen Monat vor und nach der Baumaßnahme dokumentiert. Darin ist die Funktion der A 3 in diesem Bereich als Radialstrecke zum Ballungsraum Ruhrgebiet zu erkennen mit ausgeprägten Belastungsspitzen morgens in Fahrtrichtung Süden und nachmittags in Fahrtrichtung Norden.

Bemerkenswert ist, dass mit Einrichtung der Arbeitsstelle am 28. Oktober 2005 in Fahrtrichtung Norden ein deutlicher Rückgang der Verkehrsbelastungen zu verzeichnen ist, der in den hochbelasteten Nachmittagsstunden deutlich stärker ausfällt als in den wesentlich schwächer belasteten Stunden der Morgenspitze. In der Gegenrichtung (Fahrtrichtung Süden), in der während der Morgenspitze ähnlich hohe Verkehrsbelastungen gemessen werden, ist ein solcher Effekt nicht zu beobachten. Im Gegenteil: Im Zeitbereich nach Einrichtung der Ar-



**Bild 30:** Ganglinienverlauf für ausgewählte Tagesstunden an normalen Werktagen für die Dauerzählstelle auf der A 3 zwischen den Anschlussstellen Hünxe und Dinslaken-Nord

beitsstelle im Oktober 2005 liegen die Belastungswerte im Mittel über den Werten, die zwischen den Sommerferien und Oktober 2005 ermittelt wurden. Ein Einfluss der Arbeitsstelle auf die Verkehrsbelastungen in Fahrtrichtung Süden lässt sich aus den Ergebnissen der automatischen Dauerzählstelle somit nicht ableiten.

Obwohl die in Tabelle 13 ausgewiesenen Grenzwerte für die Verkehrsbelastungen in den Spitzenstunden erreicht werden, lässt sich keine eindeutige Verkehrsabnahme für beide Fahrtrichtungen feststellen.

### Beispiel 2: Autobahn A 1, Arbeitsstelle südlich Kamener Kreuz

Bei der Arbeitsstelle auf der A 1 handelt es sich um eine typische Maßnahme von kürzerer Dauer, die in den Sommermonaten mit der Verkehrsführung 2+4 durchgeführt wurde; die Lage der Arbeitsstelle und der zugeordneten Dauerzählstelle ist in Bild 31 dokumentiert.

Die Arbeitsstelle befindet sich unmittelbar südlich eines der wichtigsten Autobahnknoten in Deutschland, wo sich die Fernverkehrsautobahnen A 1 und A 2 kreuzen. Insofern weist die A 1 in diesem Bereich neben den regionalen Verkehren (Radiale zum Ballungsraum Rhein-Ruhr) Fernverkehre in erheblichem Umfang auf.

Die Auswertung der 2-Wochen-Intervalle vor, während und nach der Arbeitsstellensituation in Bild 32 zeigt, dass die Verkehrsbelastungen des Kfz-Ver-



**Bild 31:** Lage der Arbeitsstelle sowie der zugeordneten automatischen Dauerzählstelle auf der A 1 südlich des Kamener Kreuzes

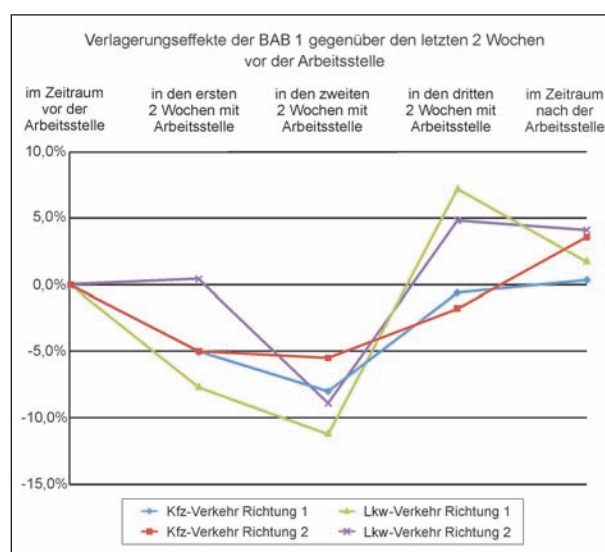
kehrs in den ersten 4 Wochen nach Einrichtung der Arbeitsstelle um bis zu 8 % zurückgegangen sind. Danach steigen die Verkehrsbelastungen wieder nahezu auf das ursprüngliche Niveau an, ohne dass die Arbeitsstelle beseitigt wäre, sodass sich kaum noch ein Unterschied zur Belastung im Vorher-Zustand zeigt.

Der oben beschriebene Effekt legt die Vermutung nahe, dass die Verkehrsabnahmen in dem vorliegenden Beispiel nicht in erster Linie durch die betrachtete Arbeitsstelle bedingt werden. Am Kamener Kreuz bieten sich für den Fernverkehr in Nordost-Südwest-Richtung alternative Routen über die A 2 und die A 1 an.

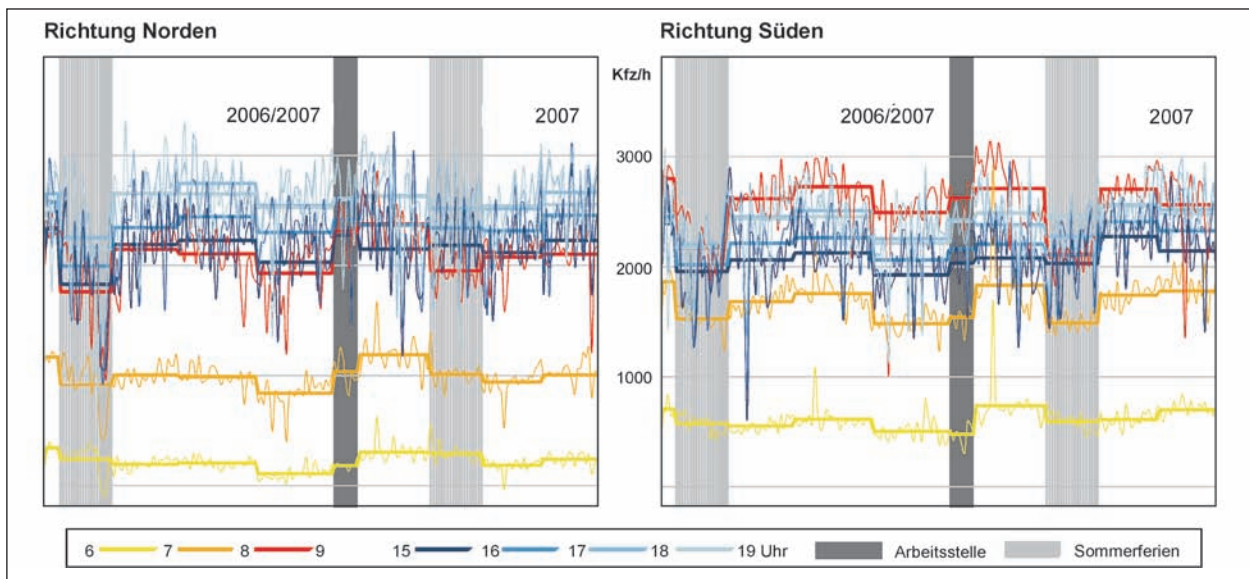
Folglich ist bei der Routenwahl nicht nur die betrachtete Arbeitsstelle südlich des AK Kamen relevant. Vielmehr haben andere Arbeitsstellen auf der A 2 oder der A 1 ebenfalls erheblichen Einfluss auf die Routenwahl im Fernverkehr. Zu nennen ist hier z. B. eine Großbaustelle auf der A 1 bei Schwerte, die ein Nadelöhr auf dieser Strecke ist.

Außerdem ist nicht auszuschließen, dass in dem 2-Wochen-Intervall vor Einrichtung der Arbeitsstelle Verkehrsbelastungen im oberen Bereich des normalen Schwankungsintervalls gemessen wurden, sodass die anschließenden Verkehrsabnahmen falsch interpretiert wurden. Die in Bild 33 wiedergegebenen Auswertungen unterstützen diese Vermutung.

Die Verkehrsbelastungen auf der A 1 im Bereich der Arbeitsstelle unterliegen erheblichen Schwankun-



**Bild 32:** Veränderung der Verkehrsbelastungen bei Einrichtung der Arbeitsstelle auf der A 1 südlich des Kamener Kreuzes



**Bild 33:** Ganglinienverlauf für ausgewählte Tagesstunden an normalen Werktagen für die Dauerzählstelle auf der A 1 nördlich der AS Kamen-Zentrum

gen, die wesentlich stärker als auf der oben betrachteten A 3 ausfallen. Der Vergleich mit den Mittelwerten für den Zeitbereich vor und nach der Arbeitsstellensituation zeigt für beide Fahrtrichtungen keine eindeutige Verkehrsabnahme während der Arbeitsstellenzeit. Insofern sind auch für dieses Beispiel keine fundierten Aussagen zu den Verlagerungswirkungen möglich.

### Beispiel 3: Autobahn A 40, Arbeitsstelle westlich des AK Moers

Die knapp 5 km lange Arbeitsstelle auf der A 40 wurde über den Jahreswechsel 2006/2007 für eine Dauer von 65 Tagen eingerichtet. In Bild 34 ist die Lage der Arbeitsstelle und der zugehörigen Zählstelle wiedergegeben. Die A 40 übernimmt westlich des AK Moers die Funktion einer Fernverkehrsverbindung in die Niederlande und dient gleichzeitig als radiale Achse zum Ruhrgebiet.

Die Auswertung der 2-Wochen-Intervalle vor, während und nach der Arbeitsstellendauer in Bild 36 zeigt für die Wochen nach Einrichtung der Arbeitsstelle mit der Verkehrsführung 0+4 eine Abnahme der Verkehrsbelastungen um über 20 % beim Kfz-Verkehr und um bis zu 30 % beim Schwerverkehr.

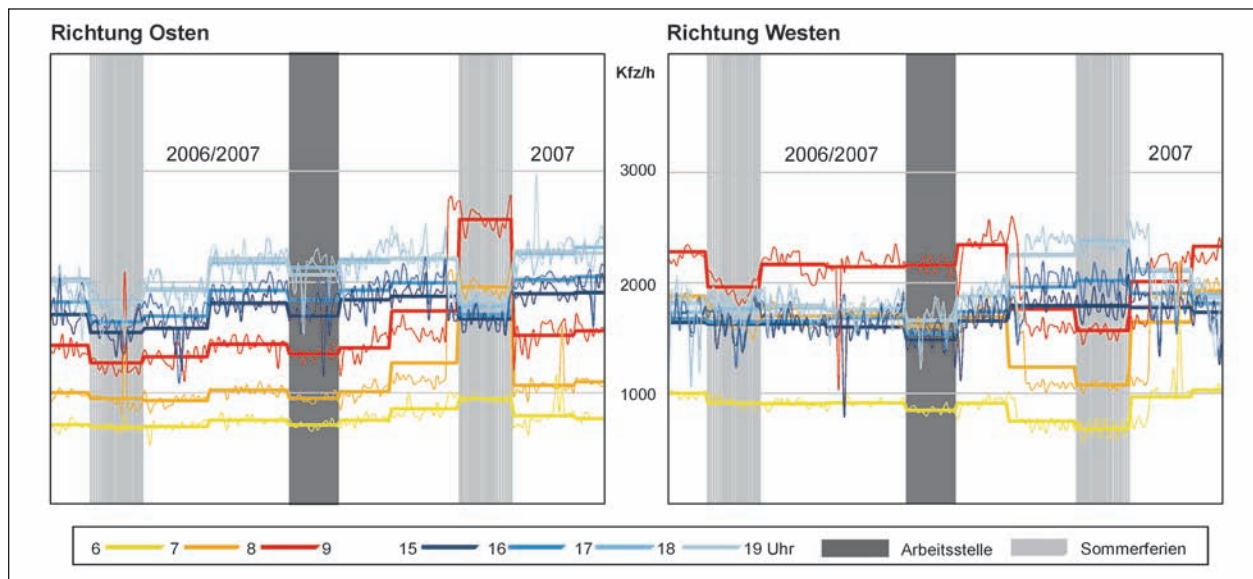
Diese starken Abnahmen erklären sich dadurch, dass die Arbeitsstelle am 14. Dezember eingerichtet wurde und somit die folgenden Wochen in die Weihnachtszeit und den Jahreswechsel gefallen sind. Realistische Werte für die arbeitsstellenbedingte Verkehrsabnahme sind 5 %, die sich nach



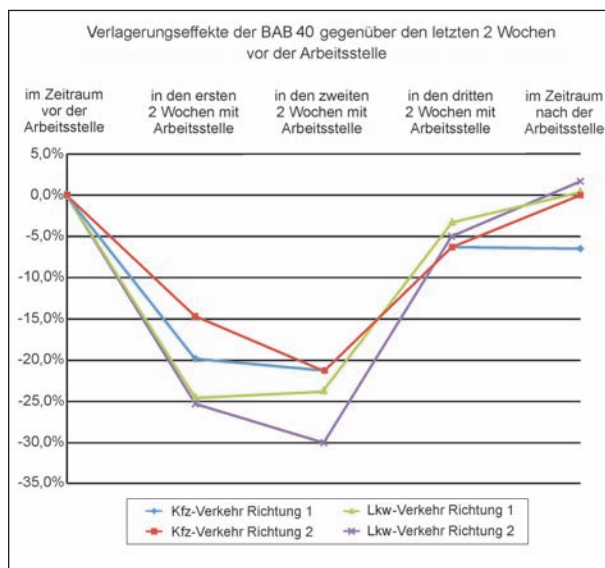
**Bild 34:** Lage der Arbeitsstelle sowie der zugeordneten automatischen Dauerzählstelle auf der A 40 westlich des Autobahnkreuzes Moers

dem Jahreswechsel und dem Ende der Weihnachtsferien einstellen.

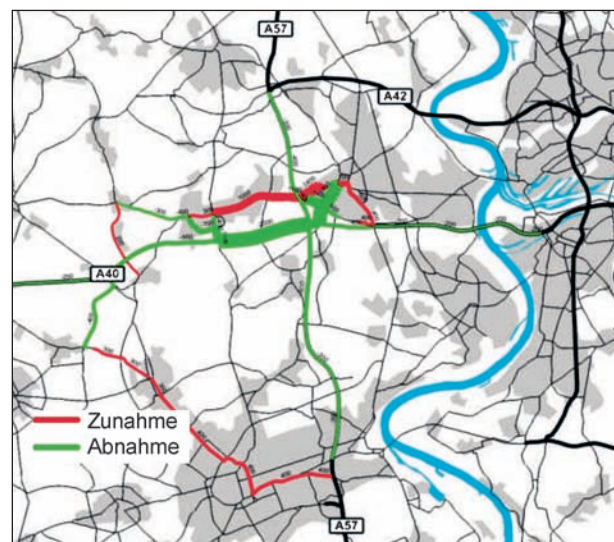
Dies gilt sowohl für den Kfz- als auch für den Schwerverkehr. Die in Bild 35 wiedergegebenen Ganglinienverläufe bestätigen die oben getroffene Aussage. Über die gesamte Betriebszeit der Arbeitsstelle sind während der Spitzenstunden in beiden Fahrtrichtungen Verkehrsabnahmen zu beobachten, die allerdings nur sehr schwach ausgeprägt sind. Die Werte schwanken außerdem für einzelne Tage erheblich, sodass die durch Arbeitsstellen bedingte Verkehrsabnahme auf den ersten Blick nur schwer zu erkennen ist.



**Bild 35:** Ganglinienverlauf für ausgewählte Tagesstunden an normalen Werktagen für die Dauerzählstelle auf der A 40 westlich der AS Neukirchen-Vluyn



**Bild 36:** Veränderung der Verkehrsbelastungen bei Einrichtung der Arbeitsstelle auf der A 40 westlich des AK Moers



**Bild 37:** Verkehrsverlagerungen während der Arbeitsstellensituation auf der A 40 westlich des AK Moers

Um Aussagen zu den Verlagerungswirkungen machen zu können, wurde in dem Verkehrsmodell die Arbeitsstellensituation abgebildet, indem der Widerstand auf der Arbeitsstellenstrecke so weit erhöht wurde, bis sich eine Verkehrsabnahme einstellte, die annähernd den durch die Zählung ermittelten Werten entspricht. Die Ergebnisse dieser Berechnung sind in Bild 37 dokumentiert.

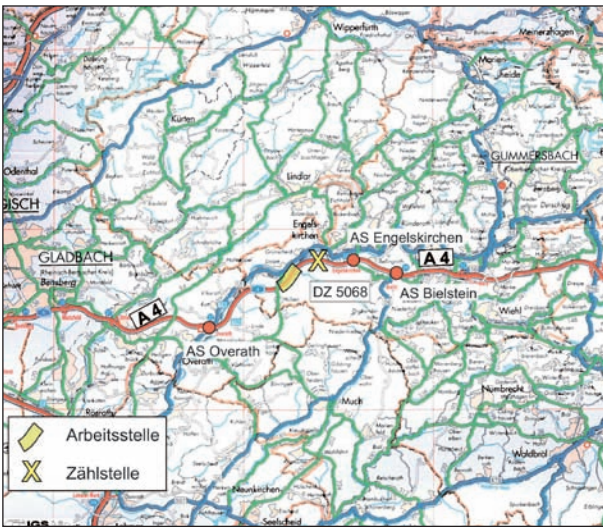
Von der Verkehrsverlagerung ist am stärksten die nördlich parallel zur A 40 verlaufende L 140 durch Neukirchen-Vluyn betroffen. Hierbei handelt es sich um lokale Verkehre bzw. Quell-Ziel-Verkehre, die den Arbeitsstellenbereich meiden. Außerdem wird

die Nutzung der Autobahn für Eckverkehre zwischen der A 40 im Westen und der A 57 im Süden unattraktiv, sodass diese Verkehre (zu einem geringen Teil) in das nachgeordnete Straßennetz ausweichen. Großräumige Verkehre werden aufgrund der Arbeitsstellensituation nicht verlagert.

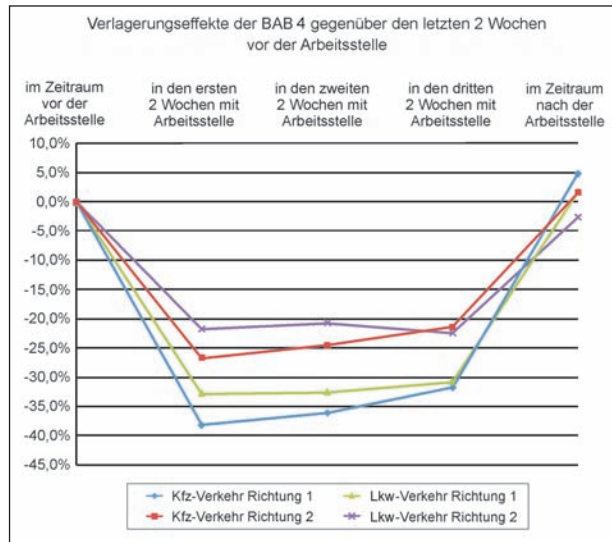
#### **Beispiel 4: Autobahn A 4, Arbeitsstelle im Bereich der Wiehltal-Brücke**

In Bild 38 ist eine Kartendarstellung mit dem Ausschnitt des Straßennetzes und der Lage der Arbeitsstelle, die als 0+2-Querschnitt betrieben wurde, sowie der automatischen Dauerzählstelle,

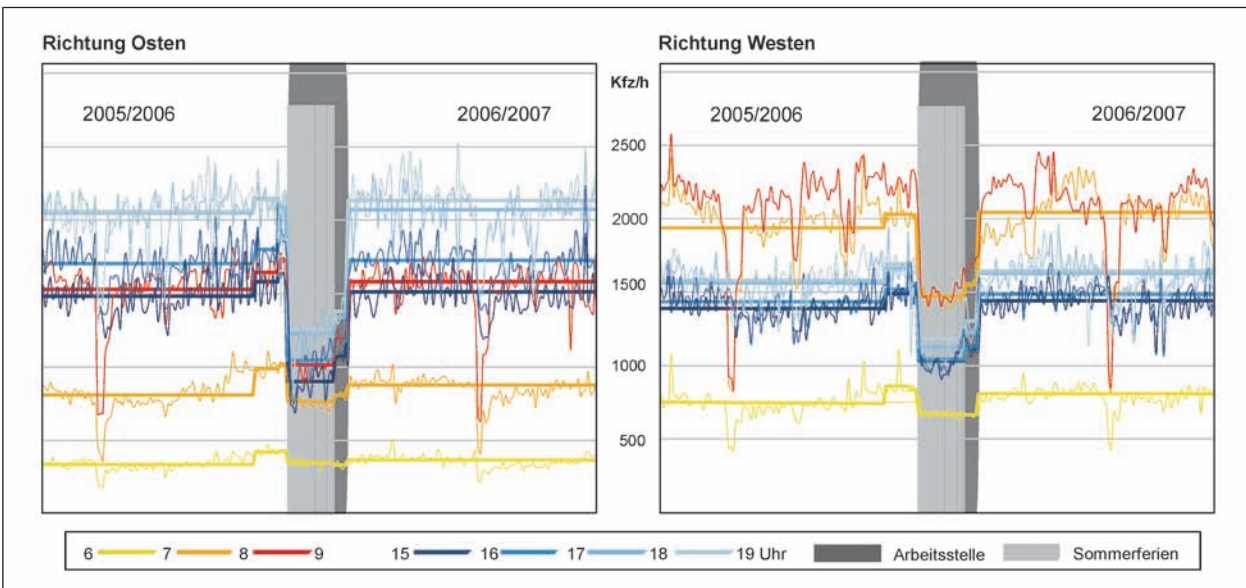




**Bild 38:** Lage der Arbeitsstelle sowie der zugeordneten automatischen Dauerzählstelle auf der A 4 im Bereich der Wiehltal-Brücke



**Bild 39:** Veränderung der Verkehrsbelastungen bei Einrichtung der Arbeitsstelle auf der A 4 Bereich Wiehltal-Brücke



**Bild 40:** Ganglinienverlauf für ausgewählte Tagesstunden an normalen Werktagen für die Dauerzählstelle auf der A 4 im Bereich der Wiehltal-Brücke

über die die Verkehrsabnahme während der Arbeitsstellenlaufzeit erfasst wurde, wiedergegeben. Es handelte sich hier um umfangreiche Sanierungsarbeiten an der Wiehltal-Brücke, die aufgrund eines schweren Verkehrsunfalls erforderlich wurden. Für den Zeitbereich der Arbeitsstelle, für den bewusst die Ferienzeit mit geringeren Verkehrsbelastungen gewählt wurde, war im Arbeitsstellenbereich eine 2+0-Verkehrsführung eingerichtet. Der Arbeitsstellenbereich hatte eine Länge von 2,5 km.

Die Auswertung der 2-Wochen-Intervalle vor, während und nach der Arbeitsstellensituation in Bild 39 zeigt die deutlichen Verkehrsabnahmen um bis zu

40 %. Dies entspricht auch den in Bild 40 wiedergegebenen Ganglinienverläufen für die Normalwerkzeuge, die zeigen, dass während der Arbeitsstellenlaufzeit erhebliche Verkehrsabnahmen auf dem Autobahnquerschnitt festzustellen waren. Dabei ist auch zu berücksichtigen, dass während der gesamten Arbeitsstellenlaufzeit auch im Verkehrsfunk auf die Arbeitsstelle hingewiesen wurde, da die Kapazität des Querschnitts der A 4 deutlich eingeschränkt war.

Für die überregionalen Verkehre bietet sich als Alternativroute zu der Verbindung über die A 4 und die A 45 zwischen Köln und dem Großraum Rhein-

Main auch die Nutzung der A 3 an. Für lokale Verkehre besteht die Möglichkeit, zwischen den Anschlussstellen Engelskirchen und Overath auf die B 55 auszuweichen und so den Arbeitsstellenbereich zu umgehen. Die B 55 verläuft nördlich parallel zur A 4. Alle anderen Alternativstrecken zu dem Arbeitsstellenbereich sind von untergeordneter Bedeutung.

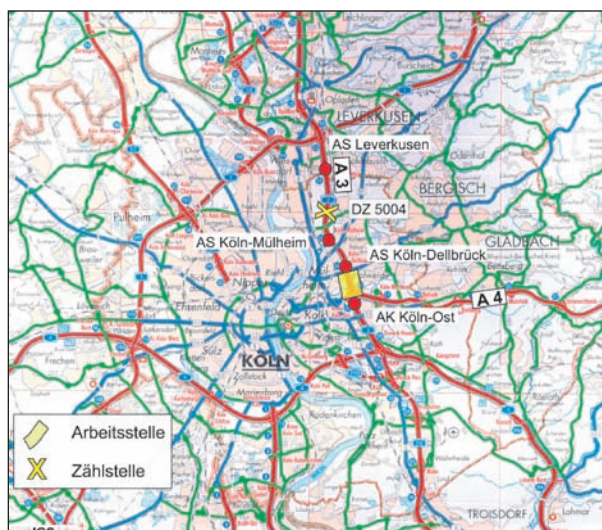
Das Untersuchungsbeispiel ist insofern nicht typisch, als hier aufgrund eines Unfalls eine Reparaturmaßnahme durchgeführt werden musste, die zu erheblichen Einschränkungen der Kapazität des Autobahnquerschnitts während der Arbeitsstellenzeit führte. Unter normalen Umständen – Sanierung oder Ausbau einer Autobahn – würde eine solche Verkehrslösung voraussichtlich nicht in Betracht kommen.

### Beispiel 5: Autobahn A 3 nördlich des AK Köln-Ost

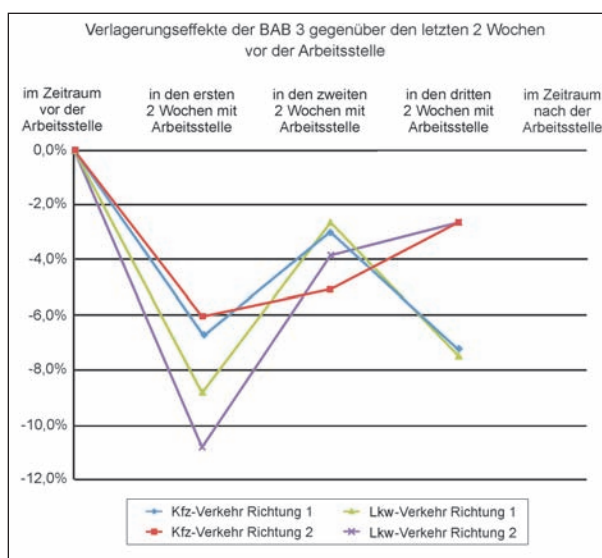
Die knapp 3,0 km lange Arbeitsstelle (Verkehrsführung 3+3) zum 8-streifigen Ausbau der A 3 wurde im Oktober 2006 eingerichtet und erst im Mai 2009 fertig gestellt, sodass keine Informationen zu den Verkehrsbelastungen nach Beendigung der Arbeitsstelle verfügbar waren. Während der gesamten Bauzeit wurden aufgrund der hohen Verkehrsbelastung drei Fahrstreifen je Richtung beibehalten. In Bild 41 ist die Lage der Arbeitsstelle und der zugehörigen Zählstelle dargestellt. Die A 3 ist Teil des Kölner Autobahnringes. Dementsprechend bestehen für die meisten Routen im Zuge des Rings Alternativen, die auch bei Verkehrsstörungen durch Unfälle oder alltäglich auftretende Überlastungen genutzt werden. Die Dauerzählstelle liegt nördlich der AS Köln-Mülheim, während die Arbeitsstelle südlich dieser Ausfahrt liegt. Dadurch wird ein Teil der Verkehre, die die Arbeitsstelle auf alternativen innerstädtischen Routen umfahren können, nicht erfasst. Dennoch dürften sich die durch die Arbeitsstelle bedingten Verkehrsabnahmen auch an der Zählstelle widerspiegeln.

Die Auswertung der 2-Wochen-Intervalle vor, während und nach der Arbeitsstellensituation in Bild 42 zeigt deutlich erkennbare Verkehrsabnahmen, die sich zwischen 4 % und 6 % einpendeln.

Da keine Verkehrsdaten für den Zeitraum nach Beendigung des Arbeitsstellenbetriebs verfügbar sind, lassen sich auch keine Aussagen dazu treffen, ob eine „Normalisierung“ der Verkehrsbelastungen



**Bild 41:** Lage der Arbeitsstelle sowie der zugeordneten automatischen Dauerzählstelle auf der A 3 nördlich des AK Köln-Ost

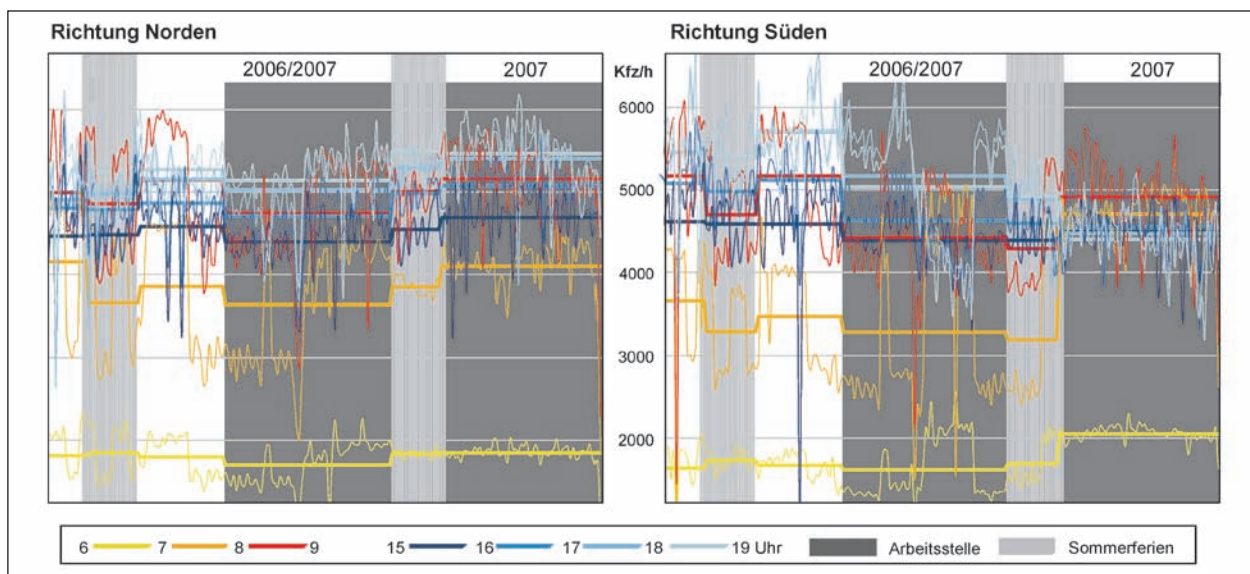


**Bild 42:** Veränderung der Verkehrsbelastungen bei Einrichtung der Arbeitsstelle auf der A 3 nördlich des AK Köln-Ost

eintritt. Bemerkenswert ist allerdings, dass sich die Belastungsänderungen im dritten 2-Wochen-Intervall für den Gesamtverkehr und den Schwerverkehr deutlich unterscheiden; hierzu konnte keine plausible Ursache ermittelt werden.

Durch den Ausbau der A 3 auf 8 Fahrstreifen ist sogar davon auszugehen, dass sich Verkehre, die vor Einrichtung der Arbeitsstelle auf alternative Strecken verdrängt wurden, auf die A 3 zurückverlagern, sodass eine Verkehrszunahme zu erwarten ist.

Die Tagesganglinien in Bild 43 zeigen, dass die Verkehrsbelastungen nach Einrichtung der Arbeitsstel-



**Bild 43:** Ganglinienverlauf für ausgewählte Tagesstunden an normalen Werktagen für die Dauerzählstelle auf der A 3 nördlich der AS Köln-Mülheim

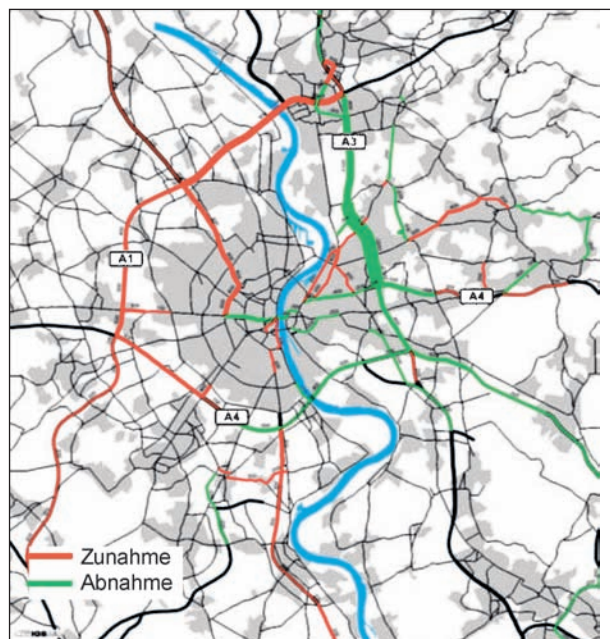
le zuerst zurückgehen, dann steigen sie im Laufe der Zeit aber wieder an, sodass kein eindeutiger Verlagerungseffekt festgestellt werden konnte. Erkennbar ist allerdings, dass sich auf der A 3 auch außerhalb der Arbeitsstellenlaufzeit Verkehrszusammenbrüche ereignen und der Verkehr in den Spitzenstunden häufig nur zähflüssig abläuft.

Erschwert wird die Beurteilung der Verlagerungswirkungen dadurch, dass auf einer möglichen Alternativstrecke auf der westlichen Seite des Kölner Rings (A 1) gleichzeitig eine Großbaustelle betrieben wird, die auch dort zu regelmäßigen Stauungen führt.

Das dichte innerstädtische Verkehrsnetz im Großraum Köln bietet eine Vielzahl alternativer Routen zur Nutzung der A 3. So können sich Verkehre in Richtung Norden auf die AS Köln-Mülheim verlagern. Außerdem besteht mit dem innerstädtischen Streckenzug bestehend aus A 57, Innerer Kanalstraße und Zoobrücke eine relativ leistungsfähige Alternativstrecke.

Allerdings besteht in den Spitzenstunden das Problem, dass auch die Alternativrouten stark ausgelastet und teilweise überlastet sind, sodass sich bei ihrer Nutzung keine Zeitvorteile ergeben.

In Bild 44 sind die durch die Arbeitsstelle bedingten Verlagerungswirkungen wiedergegeben. Dabei wurden allerdings die Einflüsse weiterer Arbeitsstellen auf dem Kölner Ring nicht berücksichtigt. Deutlich erkennbar sind die Verlagerungen innerhalb des Kölner Rings, die die Durchgangsverkehre be-



**Bild 44:** Verkehrsverlagerungen während der Arbeitsstellensituation auf der A 3 nördlich des AK Köln-Ost

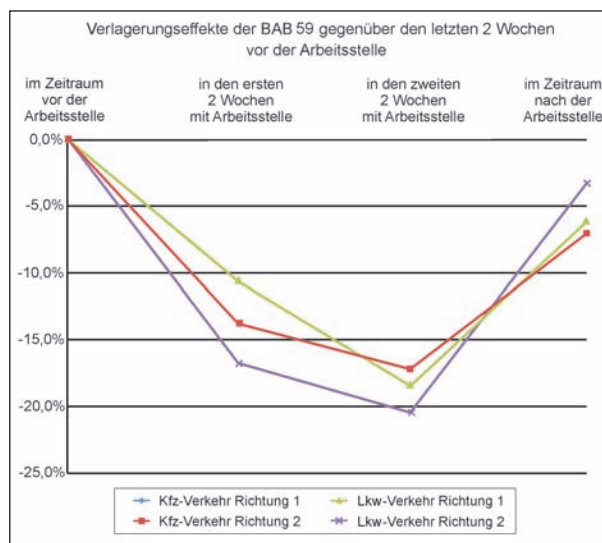
treffen. Allerdings werden auch auf Köln bezogene Quell-Ziel-Verkehre auf alternative Radialstraßen verlagert. Insgesamt haben die Verlagerungswirkungen im Vergleich zu den vorhandenen Belastungen auf den Alternativstrecken nur einen sehr geringen Umfang, der kaum spürbar ist.

#### **Beispiel 6: Autobahn A 59 südlich des AD Bonn-Beuel**

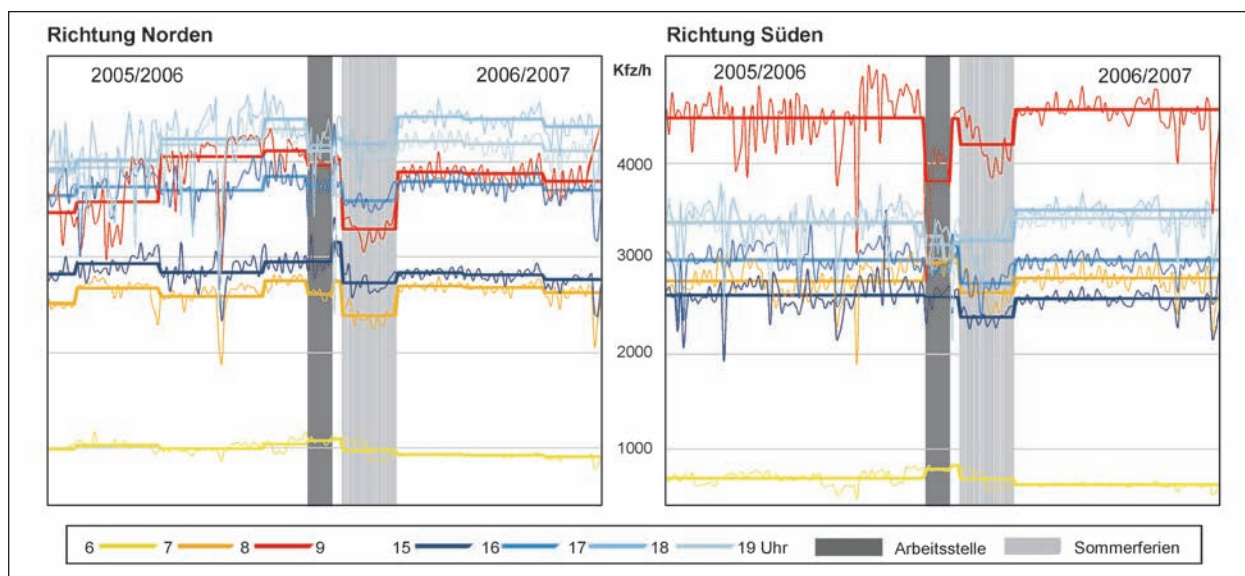
Der betrachtete Abschnitt der A 59 mit zwei Fahrstreifen je Richtung ist derzeit mit knapp 80.000



**Bild 45:** Lage der Arbeitsstelle sowie der zugeordneten automatischen Dauerzählstelle auf der A 59 südlich des AD Bonn-Beuel



**Bild 46:** Veränderung der Verkehrsbelastungen bei Einrichtung der Arbeitsstelle auf der A 59 südlich des AD Bonn-Beuel



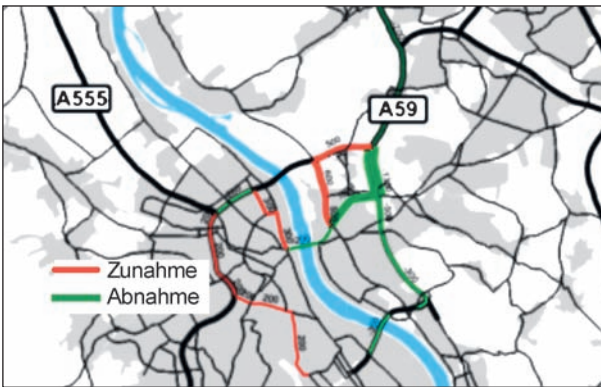
**Bild 47:** Ganglinienverlauf für ausgewählte Tagesstunden an normalen Werktagen für die Dauerzählstelle auf der A 59 nördlich des AD Bonn-Ost

Kfz/24h belastet und liegt damit auch im Normalbetrieb an der Leistungsfähigkeitsgrenze. Die Lage der Arbeitsstelle (Verkehrsführung 1+3) und der zugehörigen automatischen Dauerzählstelle ist in Bild 45 wiedergegeben.

Da dieser Abschnitt der A 59 nur im Norden direkt an das umliegende Autobahnnetz angebunden ist, wird die Autobahn fast ausschließlich durch regionale und lokale Verkehre genutzt. Die Auswertung der 2-Wochen-Intervalle vor, während und nach der Arbeitsstellensituation in Bild 46 zeigt, dass die Verkehrsbelastungen durch die Arbeitsstelle bedingt um 15 bis 20 % zurückgehen. Offenbar existieren

in den Spitzenstunden Alternativrouten, um den Arbeitsstellenbereich zu umfahren. Ausschlaggebend hierfür ist auch, dass die Belastungen der A 59 sehr hoch sind. Dadurch entstehen in den Spitzenstunden regelmäßig Staus, die für die Verkehrsteilnehmer zu erheblichen Zeitverlusten führen.

Die Ganglinienverläufe in Bild 47 bestätigen das Ergebnis der 2-Wochen-Auswertungen. Die höchsten Belastungsspitzen auf der A 59 treten morgens auf. Die starken Belastungsschwankungen deuten darauf hin, dass auch im Zustand ohne Arbeitsstelle häufig kein stabiler Verkehrszustand besteht.



**Bild 48:** Verkehrsverlagerungen während der Einrichtung der Arbeitsstelle auf der A 59 südlich des AD Bonn-Beuel

Unmittelbar nach Einrichtung der Arbeitsstelle ereignen sich in der morgendlichen Spitzenstunde (zwischen 8.00 und 9.00 Uhr) Verkehrszusammenbrüche in Fahrtrichtung Süd, die dazu geführt haben dürften, dass sich Verkehre räumlich und zeitlich verlagert haben. Die Zeitbereiche zwischen 6.00 und 7.00 Uhr sowie zwischen 7.00 und 8.00 Uhr weisen während der Arbeitsstellenzeit Verkehrszunahmen auf.

In Bild 48 sind die durch die Arbeitsstelle bedingten Verlagerungswirkungen wiedergegeben. Deutlich erkennbar ist, dass sich Verkehre auf alternative Zufahrten zum Stadtzentrum von Bonn bzw. zu den Verwaltungszentren im Süden der Stadt verlagern. Obwohl die Verlagerungen in der vormittäglichen Spitzenstunde erheblich sind, ergeben sich über den Tag gesehen nur relativ geringe Effekte, die auch nur zu geringen Belastungszunahmen auf den alternativen Strecken führen.

### Fazit der Beispielbetrachtung

Die detaillierte Betrachtung der Beispiele, bei denen die pauschalen Auswertungen spürbare Veränderungen der Verkehrsbelastungen ausgewiesen haben, zeigt, dass eine Detailbetrachtung zur Beurteilung der jeweiligen Verlagerungseffekte unabdingbar notwendig ist. Nur so können Arbeitsstellen, bei denen sich signifikante Änderungen der Verkehrsbelastungen ergeben, von solchen Fällen separiert werden, bei denen nach genauerer Betrachtung der Rahmenbedingungen keine durch Arbeitsstellen bedingten Verlagerungen nachgewiesen werden können.

Insgesamt bleiben die ermittelten Verlagerungswirkungen auch bei den für eine Auswertung ausgewählten Beispielen mit vergleichsweise hohen Ver-

kehrsabnahmen während der Arbeitsstellenzeit insgesamt sehr gering. Offenbar sind von nennenswerten Verlagerungen nur Arbeitsstellen auf Strecken betroffen, die sehr hohe Verkehrsbelastungen aufweisen, sodass sich bei Einrichtung einer Arbeitsstelle Kapazitätsengpässe zeigen. Diese Kapazitätsengpässe treten dann allerdings hauptsächlich während der Spitzenstunden auf; außerhalb dieser hochbelasteten Stunden reicht die Kapazität – auch unter Arbeitsstellenbedingungen – aus, sodass in diesen Zeitbereichen keine nennenswerten Verlagerungen zu beobachten sind. Bezieht man die Verlagerungswirkungen auf den gesamten Tag, so reduziert sich der verdrängte Verkehr auf wenige Prozent. Diese verdrängten Verkehre verteilen sich im umliegenden Straßennetz und führen hier zu Verkehrszunahmen, die fast immer deutlich unter 1.000 Kfz/24h liegen.

## 7.7 Belastungszunahmen auf parallelen Strecken

Ergänzend zu der Auswertung der automatischen Zählergebnisse auf den Autobahnabschnitten mit Arbeitsstellen wurde überprüft, inwieweit sich durch Arbeitsstellen bedingte Belastungsänderungen auch im nachgeordneten Straßennetz nachweisen lassen. In diesem Zusammenhang war zwischen Verlagerungen in das nachgeordnete Straßennetz, die i. d. R. lokalen bzw. regionalen Charakter haben, und großräumigen Verlagerungen zu unterscheiden.

Bei den großräumigen Verlagerungen im Autobahnnetz bestehen im Bezug auf die Auswertung von Daten automatischer Dauerzählstellen zur Identifizierung von durch Arbeitsstellen bedingten Verlagerungswirkungen erhebliche Unsicherheiten. Diese werden insbesondere dadurch hervorgerufen, dass bei einer großräumigen Betrachtung immer mehrere Arbeitsstellensituationen im Netzzusammenhang zu berücksichtigen sind, die – möglicherweise – das Routenwahlverhalten der Verkehrsteilnehmer beeinflussen. Deshalb wäre bei einer Auswertung der durch Arbeitsstellen bedingten großräumigen Verlagerungswirkungen im Autobahnnetz eine Vielzahl unterschiedlicher Aspekte, die das Routenwahlverhalten beeinflussen, zu berücksichtigen. Dies betrifft insbesondere die Frage nach weiteren Arbeitsstellen auf dem entlasteten Streckenzug und Arbeitsstellen im Bereich möglicher Alternativrouten. Aufgrund der Komplexität dieser Fragestellung ist eine standardisierte Be-

trachtung nahezu unmöglich. Es gibt zwar einzelne Netzmaschen – etwa zwischen Mannheim und Stuttgart oder dem Ruhrgebiet und Hamburg –, wo alternative Autobahnstrecken zur Verfügung stehen, die auch in Abhängigkeit von der jeweiligen Bautätigkeit genutzt werden; hierzu ist jedoch in jedem Fall eine Einzelbetrachtung erforderlich. Deshalb wurden solche Verlagerungswirkungen – auch wegen der erheblichen Unsicherheiten und des vergleichsweise geringen Verlagerungspotenzials – nicht weiter analysiert.

Im Rahmen der Betrachtung von Belastungsänderungen im nachgeordneten Straßennetz wurden somit ausschließlich die Belastungsänderungen auf parallel verlaufenden Bundesstraßen untersucht. Daten von (eher selteneren) Landesstraßen-Dauerzählstellen lagen nicht vor. Insgesamt konnten 44 Arbeitsstellenabschnitte identifiziert werden, für die die Ergebnisse automatischer Zählgeräte auf dem Autobahnabschnitt und einer parallel verlaufenden Bundesstraße verfügbar waren. Anhand der Angaben der Nah- und Fernziele wurde die Lage der Dauerzählstellen auf Bundesstraßen in Karten übernommen. In Bild 49 ist die Lage dieser Zählstellen-Paare wiedergegeben.

An den 44 ausgewählten Arbeitsstellen – dies entspricht 88 Arbeitsstellenrichtungen – wurden die Zählstellen nicht immer durchgängig betrieben, sodass die Grundgesamtheit, die den durchgeführten Auswertungen zugrunde liegt, teilweise niedriger ist.

Generell gilt die These, dass immer dann, wenn auf der Bundesautobahn Verkehrsabnahmen zu verzeichnen sind, entsprechende Zunahmen auf den parallelen Bundesstraßen zu erwarten wären. Allerdings ist zu vermuten, dass die verdrängten Verkehre sich nicht auf einer einzigen Parallelstrecke konzentrieren – dies zeigten auch die Modellrechnungen im vorhergehenden Kapitel –, sondern verschiedene Strecken nutzen. Insofern ist zu erwarten, dass die Verkehrszunahmen auf den parallelen Strecken im nachgeordneten Straßennetz vergleichsweise gering sind.

Wie bei der Analyse der Verkehrsbelastungen auf den Autobahnen erfolgte eine pauschale Auswertung der Arbeitsstellenbereiche, für die Ergebnisse aus benachbarten Dauerzählstellen zur Verfügung standen. Dazu wurden die Verkehrsbelastungen der Stundengruppen 07:00 bis 08:00 Uhr, 08:00 bis 09:00 Uhr, 16:00 bis 17:00 Uhr, 17:00 bis 18:00 Uhr und 18:00 bis 19:00 Uhr gemittelt und für diese ge-

mittelten Werte jeweils die Verkehrsbelastung auf dem betroffenen Autobahnquerschnitt und der parallel verlaufenden Bundesstraße verglichen. In Bild 50 und Tabelle 19 ist das Ergebnis dieser Auswertung wiedergegeben, bei dem auch jeweils die ersten beiden Wochen vor Beginn der Arbeitsstelle, drei 2-Wochen-Intervalle während der Laufzeit der Arbeitsstelle und zwei Wochen nach Beendigung der Arbeitsstelle dargestellt sind. Es zeigt sich das erwartete Ergebnis: Nach Einrichtung der Arbeitsstelle reduziert sich die Verkehrsbelastung auf den Autobahnabschnitten um knapp 2 %, während die Verkehrsbelastung auf den parallelen Bundesstraßen durchschnittlich um rd. 3 % zunimmt. Für den Schwerverkehr fallen diese Zunahmen mit rd. 6 % sogar deutlich stärker aus. Hier wirkt sich die Tatsache aus, dass der Schwerverkehrsanteil auf den Autobahnen generell deutlich über dem entsprechenden Wert auf Bundesstraßen liegt, sodass sich Verkehrsverlagerungen – prozentual gesehen – auch stärker auswirken. Nach Beendigung der Arbeitsstellensituation reduzieren sich die Verlagerungen wieder: Die Verkehrsbelastungen auf den betroffenen Autobahnabschnitten nehmen wieder zu, während sich die Belastungen auf den parallelen Bundesstraßenstrecken reduzieren.

Mit zunehmender Dauer der Arbeitsstelle nehmen die Verlagerungen tendenziell ab, wobei die Streuungen (dargestellt als Standardabweichung) entsprechend zunehmen. Ohnehin zeigten die Bundesstraßenwerte eine deutlich höhere Streubreite, was auf eine Inhomogenität der Stichprobe hindeutet. Erkennbar ist dies auch am negativen Medianwert bei den Bundesstraßen (für die zweiten 2 Wochen mit Arbeitsstelle) trotz positiven Mittelwerts.

Stellt man für jeden betrachteten Querschnitt die Belastungsänderung auf der Autobahn und der parallel verlaufenden Bundesstraße gegenüber, so ergibt sich eine Darstellung, wie sie in Bild 51 für den Zwei-Wochen-Zeitbereich nach Einrichtung der Arbeitsstelle wiedergegeben ist. Bei 43 % der ausgewerteten Beispiele liegt die Verkehrsbelastung auf der Autobahn nach Einrichtung der Arbeitsstelle über der Verkehrsbelastung vor Einrichtung der Arbeitsstelle, sodass hier keine Verlagerungen in das nachgeordnete Straßennetz nachgewiesen werden können. Bei weiteren 16 % der Fälle wurden auf der Autobahn durch Arbeitsstellen bedingt zwar Verkehrsabnahmen festgestellt, auf der parallel verlaufenden Bundesstraße ergaben sich allerdings ebenfalls Verkehrsabnahmen, die prozentual sogar über den Werten auf der Autobahn lagen.

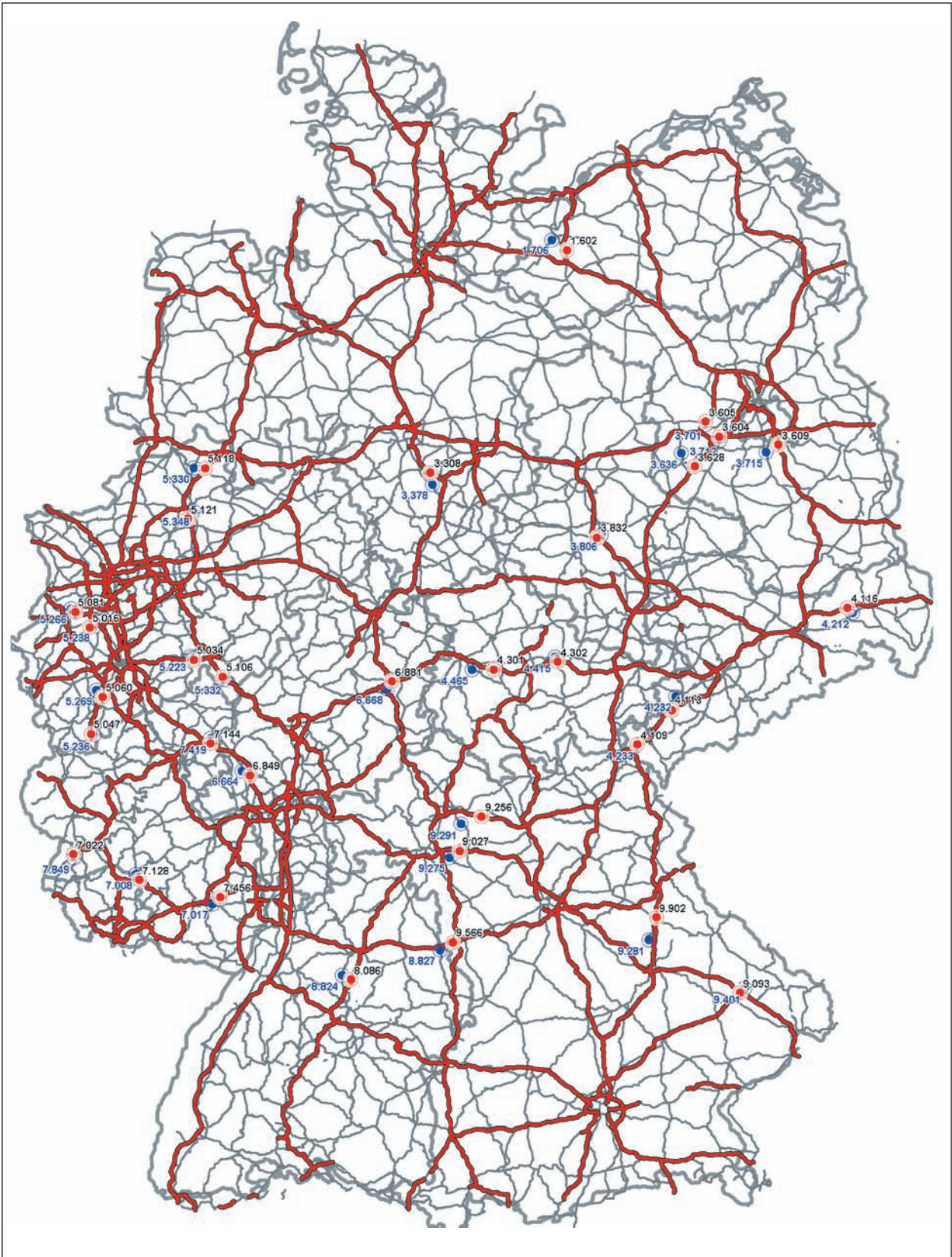


Bild 49: Übersicht über die Lage automatischer Dauerzählstellen auf parallelen Bundesstraßen

alle Arbeitsstellen		Verkehrsveränderung gegenüber den letzten 2 Wochen vor der Arbeitsstelle in den			
		ersten 2 Wochen mit Arbeitsstelle	zweiten 2 Wochen mit Arbeitsstelle	dritten 2 Wochen mit Arbeitsstelle	ersten 2 Wochen nach der Arbeitsstelle
Mittelwert der Abweichungen	Kfz-Verkehr	-1,7 %	-2,7 %	-1,0 %	-0,7 %
Medianwert der Abweichungen	Kfz-Verkehr	-0,7 %	-1,5 %	-0,8 %	-1,0 %
Standardabweichung	Kfz-Verkehr	6,3 %	6,9 %	9,3 %	8,6 %
Mittelwert der Abweichungen	Pkw-Verkehr	-1,8 %	-2,6 %	-1,0 %	-0,9 %
Medianwert der Abweichungen	Pkw-Verkehr	-0,8 %	-1,8 %	-0,8 %	-1,2 %
Standardabweichung	Pkw-Verkehr	6,8 %	7,4 %	9,9 %	9,1 %
Mittelwert der Abweichungen	Schwerverkehr	-1,3 %	-3,0 %	-1,0 %	-0,1 %
Medianwert der Abweichungen	Schwerverkehr	-0,2 %	-2,0 %	-0,9 %	-0,3 %
Standardabweichung	Schwerverkehr	8,7 %	8,4 %	12,3 %	12,2 %
Anzahl Arbeitsstellen		876	738	706	766

Tab. 19: Belastungsveränderungen auf Autobahnen mit parallelen Bundesstraßen

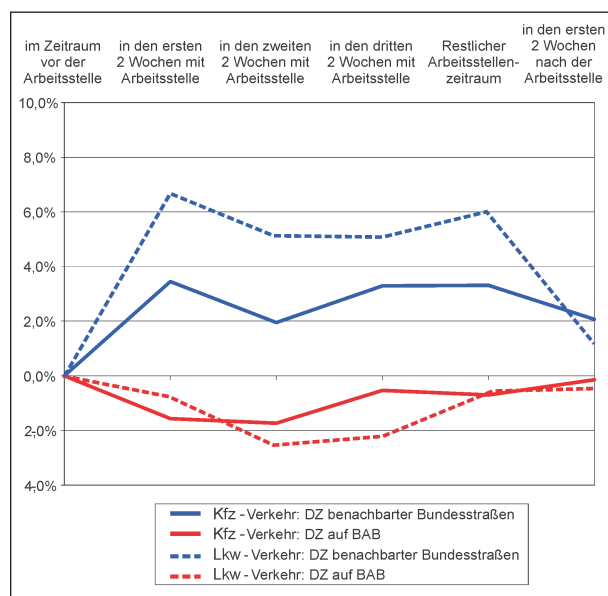


Bild 50: Veränderung der Verkehrsbelastungen für Arbeitsstellen auf Autobahnen und parallel verlaufenden Bundesstraßen

Bei weiteren 10 % der Fälle wurden Verkehrsabnahmen auf Autobahn und parallel verlaufenden Bundesstraßen festgestellt, wobei die Verkehrsabnahmen auf den Autobahnen allerdings über denjenigen auf den Bundesstraßen lagen. Lediglich bei 31 % der Fälle wurde eine Situation festgestellt, bei der sich auf der Autobahn Verkehrsabnahmen zeigten und gleichzeitig Verkehrszunahmen auf der parallel verlaufenden Bundesstraße zu verzeichnen waren.

Die Ergebnisse für den Schwerverkehr (vgl. Bild 52) zeigen ein ähnliches Bild, wobei hier der erwartete Zusammenhang zwischen Verkehrsabnahme auf

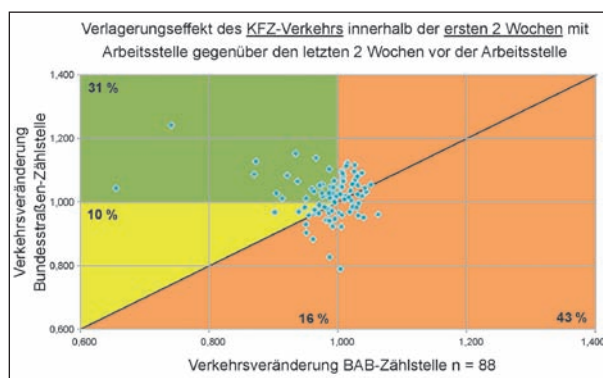


Bild 51: Gegenüberstellung der Arbeitsstellen bedingten Belastungsänderungen auf Autobahnen und der Belastungsänderungen auf parallelen Bundesstraßen für den Kfz-Verkehr

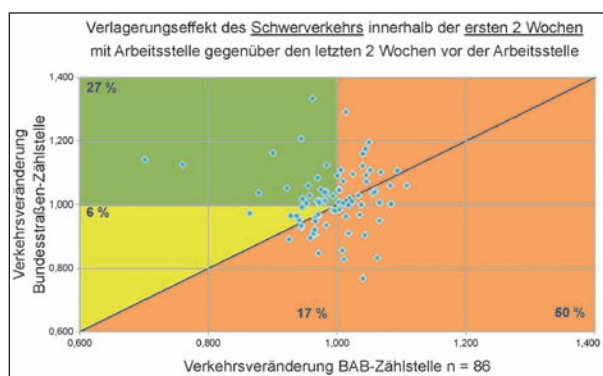


Bild 52: Gegenüberstellung der durch Arbeitsstellen bedingten Belastungsänderungen auf Autobahnen und der Belastungsänderungen auf parallelen Bundesstraßen für den Schwerverkehr

der Autobahn und Verkehrszunahme auf der parallelen Bundesstraße nur bei 27 % der Fälle festgestellt werden kann.



Offenbar zeigt sich nur bei weniger als einem Drittel der Fälle der plausibel erscheinende Zusammenhang, dass bei durch Arbeitsstellen bedingten Verkehrsabnahmen auf der Autobahn auch Verkehrszunahmen auf der parallel verlaufenden Bundesstraße entstehen.

An zwei Beispielen wurde exemplarisch der Zusammenhang zwischen durch Arbeitsstellen bedingten Verkehrsabnahmen auf Autobahnstrecken und den Veränderungen der Verkehrsbelastung auf parallelen Bundesstraßen analysiert.

**Beispiel 1: Autobahn A 46 zwischen der AS Grevenbroich und der AS Grevenbroich-Kapellen**

Auf diesem Abschnitt war im Jahr 2007 für einen Zeitraum von rd. 5 Wochen eine Arbeitsstelle mit der Verkehrsführung 1+3 eingerichtet. Die Arbeitsstelle hatte eine Gesamtlänge von knapp 5 km (vgl. Bild 53).

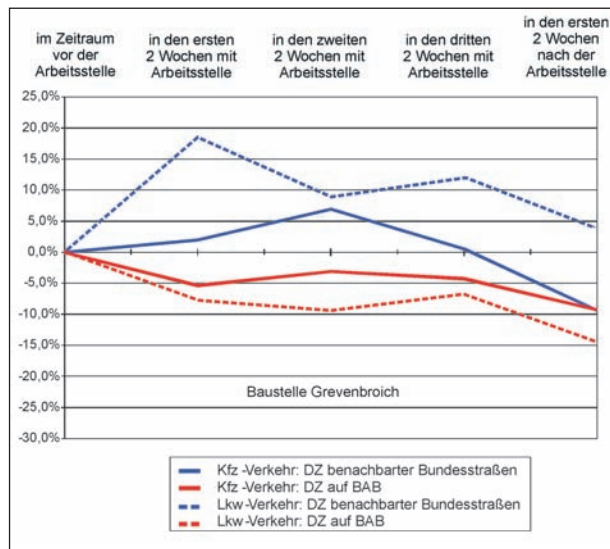
Nach Einrichtung der Arbeitsstelle ergaben sich die erwarteten Effekte. Auf dem Autobahnabschnitt selbst nahmen die Verkehrsbelastungen um rd. 5 % ab, während auf der parallel verlaufenden Bundesstraße B 230 Verkehrszunahmen um bis zu 7 % zu beobachten waren. Bei Ende des 5-wöchigen Arbeitsstellenzeitraums zeigten sich hier allerdings eine weitere Abnahme der Verkehrsbelastung auf der A 46 und gleichzeitig auch Verkehrsabnahmen auf der parallel verlaufenden B 230.

Dieser Effekt lässt sich durch das Arbeitsstellen-geschehen auf der A 46 nicht erklären. In Bild 54 sind die Verlagerungseffekte der A 46 und der parallel verlaufenden Bundesstraße jeweils für die Zeitbereiche während der Arbeitsstelle sowie für die zwei Wochen nach Ende der Arbeitsstelle dargestellt.

In einer Detailanalyse, die in Bild 55 wiedergegeben ist, erfolgte eine Auswertung, wie sie bereits für die Beispiele in Kapitel 7.7 durchgeführt wurde. Allerdings wurde hier neben dem Ganglinienverlauf für den Autobahnabschnitt auch der Ganglinienverlauf auf der parallel verlaufenden B 230 wiedergegeben. In Fahrtrichtung Nordosten zeigen sich deutliche Verkehrsabnahmen im Vergleich zum Zeitbereich vor Einrichtung der Arbeitsstelle



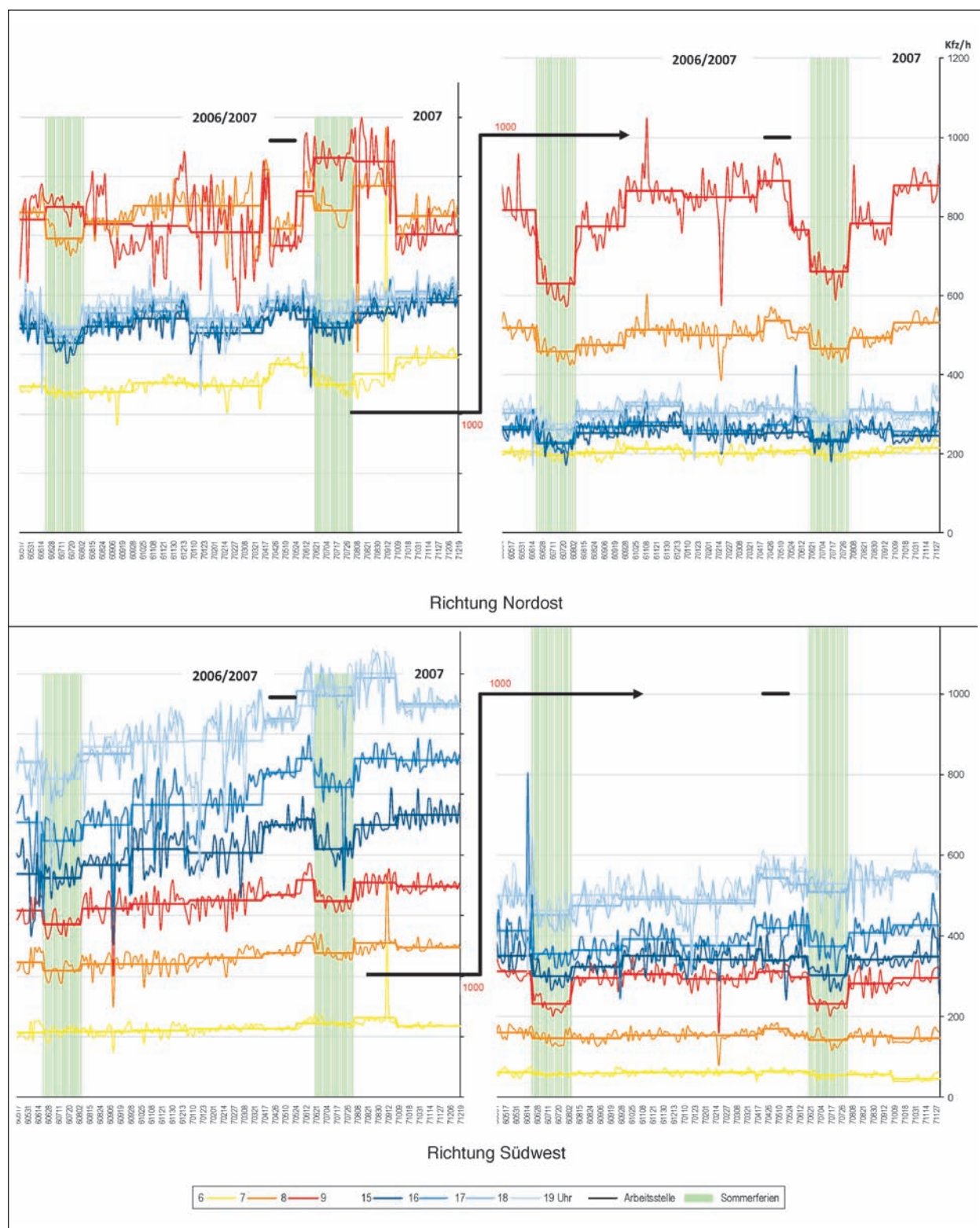
**Bild 53:** Beispiel Arbeitsstelle auf der A 46 zwischen den Anschlussstellen Grevenbroich-Kapellen und Neuss-Holzheim



**Bild 54:** Veränderung der Verkehrsbelastungen für die Arbeitsstelle auf der A 46 zwischen den Anschlussstellen Grevenbroich-Kapellen und Neuss-Holzheim

zwischen 07.00 und 09.00 Uhr. Diese Verkehrsabnahmen finden sich in entsprechenden Verkehrszunahmen auf der parallel verlaufenden B 230 wieder. In der Gegenrichtung ist ein solcher Effekt für die nachmittäglichen Spitzenstunden zwischen 17.00 und 19.00 Uhr zu erkennen.

Bemerkenswert ist, dass die Belastungsschwankungen während der Spitzenstunden in dem Zeitintervall, in dem die Arbeitsstelle betrieben wurde, deutlich schwächer ausgeprägt sind als in den Zeitbereichen vorher und nachher.



**Bild 55:** Ganglinienverlauf für ausgewählte Tagesstunden an normalen Werktagen für die automatischen Dauerzählstellen auf der A 46 zwischen den Anschlussstellen Grevenbroich-Kapellen und Neuss-Holzheim sowie auf der parallel verlaufenden B 230

**Beispiel 2: Autobahn A 81 zwischen den Anschlussstellen Mundelsheim und Pleidesheim**

Parallel zu der Autobahnverbindung der A 81 zwischen Stuttgart und Heilbronn verläuft die Bundesstraße B 27 als alternative Strecke. Betrachtet wurde eine Arbeitsstelle mit 5,6 km Länge, die im Jahr 2007 für etwa drei Monate betrieben wurde. Auch während der Arbeitsstellenzeit standen je Fahrtrichtung drei Fahrstreifen zur Verfügung; die zulässige Geschwindigkeit war auf 80 km/h begrenzt (vgl. Bild 56).

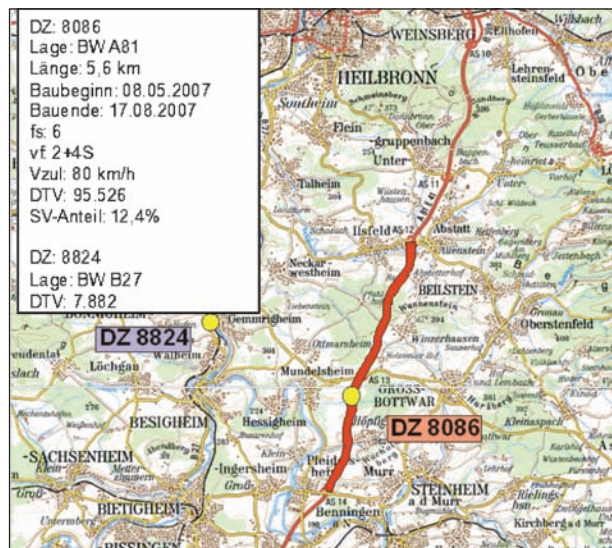
Die ausgewerteten Verkehrsbelastungen in Bild 57 zeigen unterschiedliche Kurvenverläufe. Auch wenn auf der Autobahn – zumindest für den Kfz-Verkehr insgesamt – eine leichte Abnahme um durchschnittlich 2,5 % festgestellt wurde, ergibt sich auf der parallel verlaufenden B 27, die relativ weit von der A 81 abgerückt ist, kein eindeutiger Hinweis für Verlagerungswirkungen.

Der Ganglinienverlauf in Bild 58 zeigt die starken Belastungsschwankungen zwischen unterschiedlichen Werktagen sowohl auf der Autobahn A 81 als auch auf der Bundesstraße B 27. Ein Zusammenhang zwischen den Verlagerungswirkungen konnte nicht festgestellt werden. Die Verkehrsabnahmen auf der A 81 könnten allerdings aus großräumigen Verlagerungen herrühren, die auf der Autobahn-Netzmasche zwischen Mannheim und Stuttgart stattfinden. Für eine Beurteilung wären aber auch die Arbeitsstellenzustände auf der A 8 zwischen Karlsruhe und Stuttgart zu berücksichtigen.

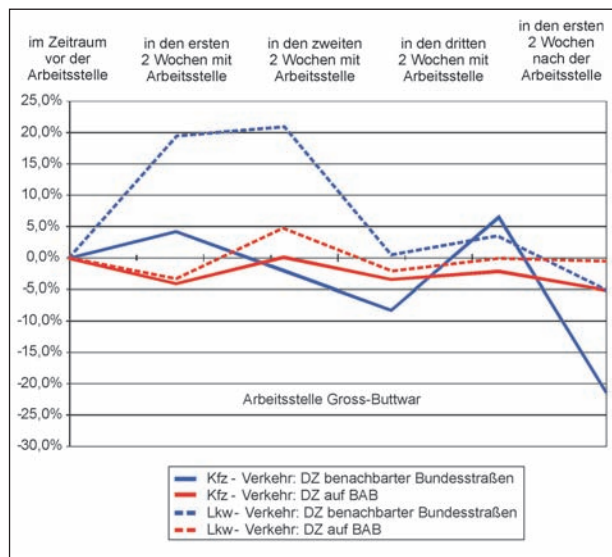
Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass eine pauschale Auswertung der Belastungsänderungen auf Autobahnen mit Arbeitsstellen und parallel verlaufenden Bundesstraßen zwar zeigt, dass Verlagerungen stattfinden, aber die Aussagegenauigkeit aufgrund der sehr starken Streuung der Einzelergebnisse nur gering ist.

Zur Überprüfung der These, ob an wichtigen BAB-Kreuzen Verlagerungsverkehre zur Umfahrung dieser Kreuze auftreten, wurden diejenigen Dauerzählstellen auf Bundesstraßen ausgewählt, die auf solchen Umfahrrouten liegen. Es konnten 8 BAB-Knoten identifiziert werden, wobei in einem Fall im gleichen Streckenabschnitt Arbeitsstellen in drei unterschiedlichen Jahren vorhanden waren.

Somit standen Werte für 20 Arbeitsstellenrichtungen zur Verfügung (vgl. Tabelle 20).

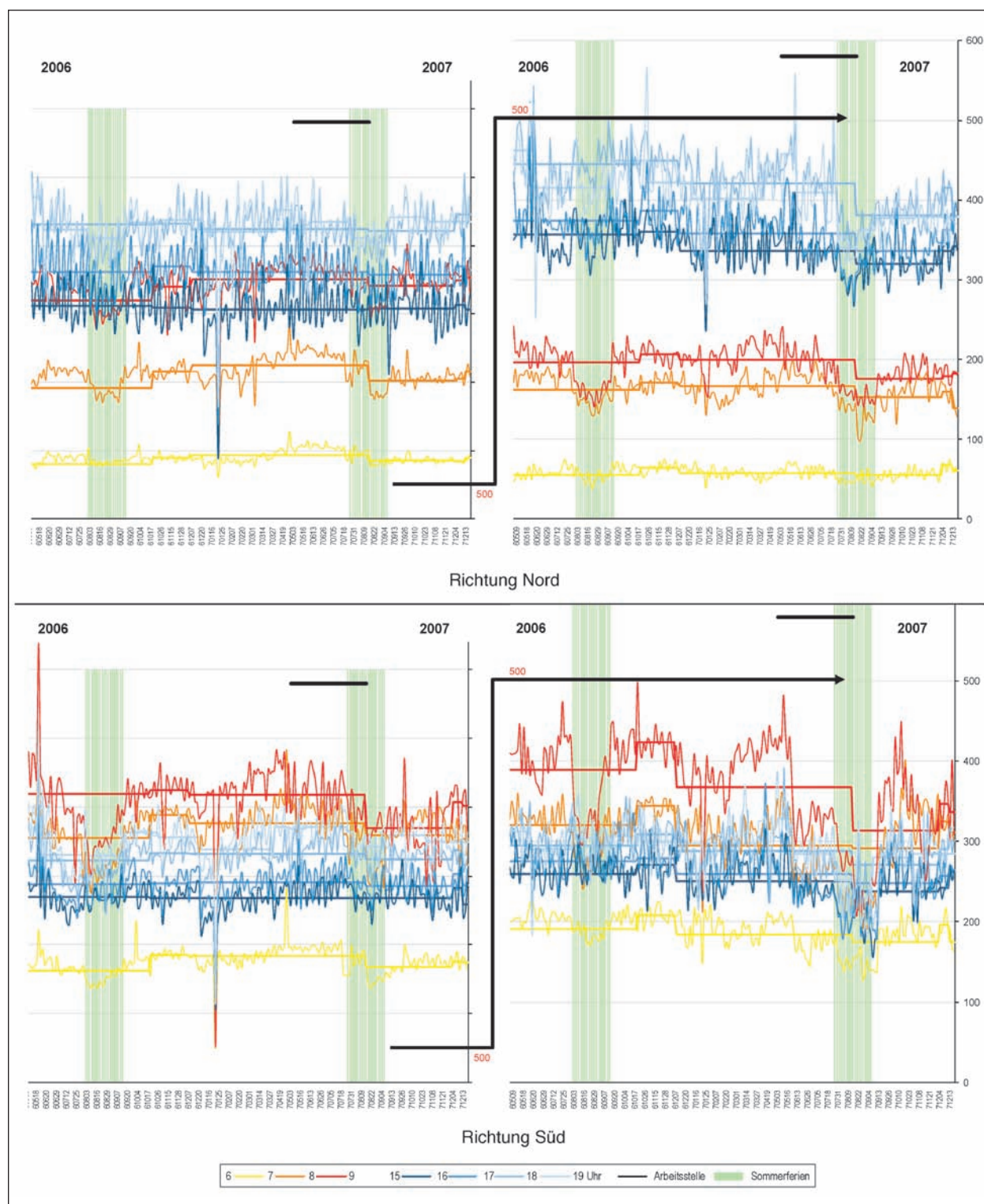


**Bild 56:** Beispiel Arbeitsstelle auf der A 81 zwischen den Anschlussstellen Mundelsheim und Pleidesheim



**Bild 57:** Verlagerungseffekte für die Arbeitsstelle auf der A 81 zwischen den Anschlussstellen Mundelsheim und Pleidesheim

Aufgrund dieser Auswertungen ergaben sich im Mittel der betrachteten Dauerzählstellen auf BAB nur Verkehrsabnahmen um rd. 1 %. Die Bundesstraßen-Dauerzählstellen zeigten dagegen einen Mehrverkehr von rd. 3 % bis 4 %. Somit liegen die Mehrverkehre auf Umfahrrouten von BAB-Kreuzen in der gleichen Größenordnung wie die festgestellten Verkehrszunahmen auf parallelen Bundesstraßen. Daher zeigt sich, dass an Autobahnknoten zwar tendenziell Verlagerungsverkehre auftreten; diese bewegen sich jedoch in der gleichen (geringen) Größenordnung wie bei parallelen Strecken im nachgeordneten Straßennetz.



**Bild 58:** Ganglinienverlauf für ausgewählte Tagesstunden an normalen Werktagen für die automatische Dauerzählstelle auf der A 81 zwischen den Anschlussstellen Mundelsheim und Pleidelsheim sowie auf der parallel verlaufenden B 49

Im Rahmen der Untersuchung der Verlagerungswirkungen an ausgewählten BAB-Abschnitten wurden auch beispielhaft zeitlich aufeinanderfolgende Arbeitsstellen mit lediglich einer Änderung der Verkehrsführung oder einem Wechsel auf die gegenüberliegende Richtungsfahrbahn analysiert, die in

den Daten als getrennte Arbeitsstellen erfasst waren. Diese Datensätze wurden für die Analysen aussortiert, da für diese Arbeitsstellen keine Daten zum Vorher-Zeitraum „ohne Arbeitsstelle“ verfügbar waren (s. Kapitel 6.5). Hierbei wurde insbesondere untersucht, ob ein mögliches Auswertepotenzial

20 Arbeitsstellen-Richtungen an BAB-Kreuzen		Verkehrsveränderung gegenüber den letzten 2 Wochen vor der Arbeitsstelle in den		
		ersten 2 Wochen mit Arbeitsstelle	zweiten 2 Wochen mit Arbeitsstelle	dritten 2 Wochen mit Arbeitsstelle
Mittelwert der Abweichungen	Kfz-Verkehr	-1,2 %	0,1 %	-0,2 %
Medianwert der Abweichungen	Kfz-Verkehr	-0,2 %	2,7 %	0,6 %
Standardabweichung	Kfz-Verkehr	4,4 %	4,9 %	4,0 %
20 Umfahrungsstrecken (Bundesstraßen-Richtungen) von BAB-Kreuzen		Verkehrsveränderung gegenüber den letzten 2 Wochen vor der Arbeitsstelle in den		
		ersten 2 Wochen mit Arbeitsstelle	zweiten 2 Wochen mit Arbeitsstelle	dritten 2 Wochen mit Arbeitsstelle
Mittelwert der Abweichungen	Kfz-Verkehr	3,7 %	3,5 %	3,9 %
Medianwert der Abweichungen	Kfz-Verkehr	4,8 %	2,7 %	2,8 %
Standardabweichung	Kfz-Verkehr	4,5 %	9,3 %	10,3 %

Tab. 20: Verlagerungseffekte für Arbeitsstellen mit parallelen Bundesstraßen zur Umfahrung von BAB-Kreuzen

hinsichtlich systematischer Verkehrsveränderungen bestand, d. h., ob z. B. Folgebaumaßnahmen stets einen Rückgang der Verlagerungswirkungen bewirken.

Anhand der Daten wurden jedoch keine systematischen Unterschiede in den Verkehrsveränderungen festgestellt. Vielmehr bestätigte sich der Effekt, dass die Verlagerungswirkungen im Mittel nach rd. 6 Wochen wieder auf den ursprünglichen Wert zurückgingen und auch in „Folgebaustellen“ auf diesem Niveau stagnierten.

## 8 Parameter zur Beschreibung der Verlagerungswirkungen

### 8.1 Einflussgrößen des Autobahnabschnitts

Zielsetzung des Forschungsvorhabens war es, zu klären, von welchen Faktoren und Rahmenbedingungen die Höhe der Verkehrsverlagerungen abhängig ist, und einen Berechnungsansatz zu entwickeln, um die Verlagerungswirkungen so zuverlässig wie möglich zu prognostizieren. Dazu wurden verschiedene Parameter identifiziert, die die bauliche Situation der Autobahn (vor Einrichtung einer Arbeitsstelle), die Charakteristik der Arbeitsstellensituation und das Verkehrsgeschehen auf dem betrachteten Autobahnabschnitt beschreiben.

Als Parameter zur Beschreibung der Situation vor Einrichtung der Arbeitsstelle wurde als wesentliche Kenngröße

- die Fahrstreifenanzahl vor Einrichtung der Arbeitsstelle

definiert. Diese streckenbezogene Kenngröße dient dazu, die „Normalsituation“ zu beschreiben und – im Vergleich mit der Situation nach Einrichtung der Arbeitsstelle – zu erwartende Zeitverluste durch geänderte Fahrgeschwindigkeiten bzw. durch Stauerscheinungen zu quantifizieren.

Zur Beschreibung der Charakteristik der Arbeitsstellensituation wurden die folgenden Kenngrößen definiert:

- Dauer der Arbeitsstelle, die Aussagen dazu zulässt, ob es für Verkehrsteilnehmer sinnvoll ist, alternative Routen zu testen und dauerhaft – etwa als Berufspendler – zu nutzen,
- Anzahl der Fahrstreifen innerhalb der Arbeitsstelle (unabhängig von der Anzahl der Fahrstreifen ohne Arbeitsstelle), die die Leistungsfähigkeit maßgebend beeinflusst,
- Länge des Arbeitsstellenabschnitts, der Zeitverluste durch reduzierte Geschwindigkeiten und eingeschränkte Überholmöglichkeiten mit sich bringt,
- Art der Verkehrsführung innerhalb des Arbeitsstellenbereichs, wodurch ggf. die Überholmöglichkeiten eingeschränkt werden,

- zulässige Höchstgeschwindigkeit im Arbeitsstellenbereich, die insbesondere zur Beschreibung der Zeitverluste je Durchfahrt während der Arbeitsstellenzeit dient, sowie
- die Breite der Fahrstreifen im Arbeitsstellenbereich, durch die einerseits die Überholmöglichkeiten eingeschränkt werden und die auch für einen Teil der Verkehrsteilnehmer das Gefühl der Unsicherheit beeinflusst.

Die Kenngrößen zur Charakteristik der Arbeitsstellensituation konnten überwiegend aus der Arbeitsstellendatenbank entnommen werden.

Als dritte Gruppe beschreibender Kenngrößen werden Daten zum Verkehrsgeschehen benötigt. Im Einzelnen sind dies

- die DTV-Werte im Arbeitsstellenabschnitt, die aus der SVZ 2005 bzw. aus den automatischen Dauerzählergebnissen übernommen wurden und Aussagen zur Auslastung bzw. zum Stau- und Störungsrisiko zulassen,
- der Lkw-Anteil, durch den der Anteil langsamer bzw. breiter Fahrzeuge beschrieben wird,
- die Verkehrszusammensetzung, die sich u. a. durch Faktoren aus der SVZ ableiten lässt und Aussagen dazu ermöglicht, welche Nutzerzusammensetzung auf einem Streckenabschnitt maßgebend ist und welche Strecken- und Netzkenntnisse bei den Nutzern vorhanden sind,
- der Auslastungsgrad des Arbeitsstellenabschnittes entsprechend dem Quotient aus Verkehrsbelastung und Kapazität, über den die Stauwahrscheinlichkeit abgeschätzt werden kann, und
- der Ferienverkehrsfaktor (als Verhältnis aus der Verkehrsbelastung an Ferienwerktagen und der Verkehrsbelastung an normalen Werktagen), um auch hieraus Aussagen zur Verkehrszusammensetzung abzuleiten.

Sämtliche strecken- und arbeitsstellenbezogenen Daten konnten aus den verschiedenen Datenbanken extrahiert und den ausgewerteten Arbeitsstellenbereichen zugeordnet werden. Dadurch stand ein breites Spektrum möglicher beschreibender Parameter zur Verfügung, mit deren Hilfe Regressions- und Clusteranalysen durchgeführt wurden.

## 8.2 Externe Faktoren

Die in Kapitel 8.1 beschriebenen Kennwerte betreffen ausnahmslos den betrachteten Autobahnabschnitt, auf dem der Arbeitsstellenbereich liegt. Aussagen zum umliegenden Straßennetz, dessen Angebotsqualität ebenfalls erhebliche Auswirkungen auf das durch BAB-Arbeitsstellen bedingte Verlagerungspotenzial hat, fehlen bisher. Dies lag auch daran, dass solche Informationen den betrachteten Autobahnabschnitten nicht „automatisch“ zugeordnet werden können. Solche Faktoren wurden deshalb qualitativ erfasst, da sie möglicherweise erheblichen Einfluss auf das Verlagerungspotenzial haben.

Dazu wurden die folgenden Fragestellungen geklärt:

- In welcher Gebietskategorie befindet sich die betrachtete Autobahnarbeitsstelle? Handelt es sich um einen Ballungsraum mit entsprechend engmaschigem Straßennetz und leistungsfähigen Alternativrouten oder befindet sie sich im ländlichen Raum, wo die Anbindung an das überregionale Straßennetz meist nur über eine Autobahn erfolgt?
- Wie sieht die Struktur des nachgeordneten Straßennetzes aus; gibt es Alternativstrecken und welche Umwege sind mit der Nutzung dieser Alternativstrecken verbunden?
- Welche Verkehrsqualität ist auf den Alternativstrecken zu erwarten? Handelt es sich überwiegend um Außerortsstrecken, auf denen vergleichsweise hohe Geschwindigkeiten möglich sind, oder sind die Alternativstrecken durch Ortsdurchfahrten geprägt, sodass hierdurch erhebliche Zeitverluste zu erwarten sind?

Da eine automatische Ermittlung der Kategorien nicht möglich war, wurden für die ca. 2.500 Autobahnabschnitte in Deutschland die oben beschriebenen Parameter manuell anhand von Kartenmaterial zugeordnet.

Die Autobahnabschnitte (jeweils zwischen zwei Anschlussstellen) wurden in die folgenden drei Gebietskategorien untergliedert:

- Autobahnabschnitte im Ballungsraum.  
Hier besteht ein dichtes engmaschiges Straßennetz mit vielen Alternativrouten. Allerdings sind diese insbesondere in den Spitzenstunden

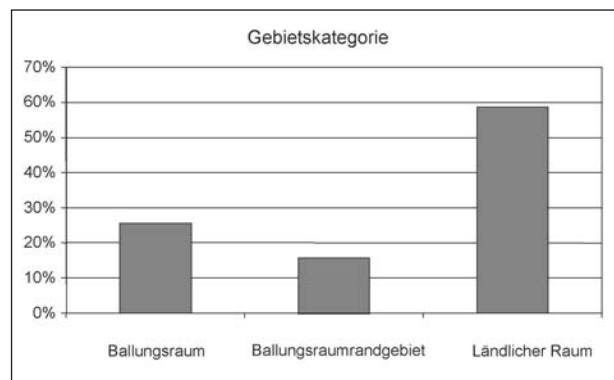
hoch ausgelastet, sodass diese Routen häufig keine akzeptable Alternative für die Nutzung der Autobahn darstellen. Aufgrund der Vernetzung der Autobahnen besteht allerdings für die lokalen Verkehre, die einen hohen Anteil an den Verkehrsmengen haben, die Möglichkeit, auf alternative Anschlussstellen auszuweichen und dadurch die Arbeitsstellenbereiche zu meiden.

- **Autobahnabschnitt im Ballungsraumrandgebiet.** Die Autobahnen im Ballungsraumrandgebiet werden sehr stark durch Pendlerverkehre genutzt. Typisch sind starke Asymmetrien der Verkehrsbelastungen am Morgen und am Nachmittag. Die Straßennetzdicthe ist geringer als im Ballungsraum. Der Anteil ortskundiger Autofahrer (Pendler) ist relativ hoch. Diese können alternative Routen wählen, wenn diese in den Spitzenstunden Zeitvorteile bieten. Die Fahrweiten sind allerdings größer als im Ballungsraum, wodurch ein Wechsel von der Autobahn ins nachgeordnete Straßennetz unattraktiver wird.
- **Autobahnabschnitte im ländlichen Raum.** Auf den Autobahnen im ländlichen Raum überwiegt der Fernverkehr, für den ein (abschnittsweiser) Wechsel auf alternative Routen nicht attraktiv ist – das gilt auch aufgrund geringer Ortskenntnis. Umleitungsempfehlungen dynamischer Navigationssysteme haben überwiegend

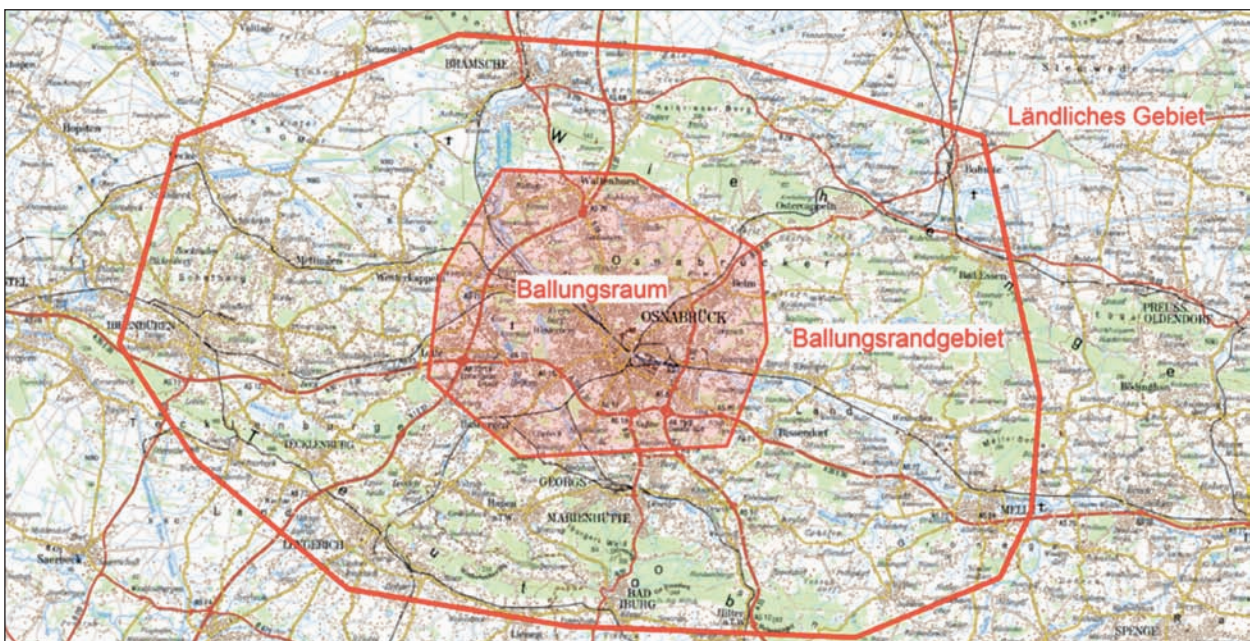
noch den Nachteil, dass Verkehrsstörungen zwar zuverlässig auf Autobahnen berücksichtigt werden, Überlastungen im nachgeordneten Straßennetz bleiben jedoch meist unberücksichtigt, sodass Verkehrsteilnehmer trotz Alternativroutenempfehlung auch bei Staus häufig auf der Autobahn bleiben.

In Bild 59 ist beispielhaft für das Umfeld von Osnabrück die Abgrenzung der drei beschriebenen Bereiche dargestellt.

Rund 25 % der Autobahnstrecken wurden dem Ballungsraum zugeordnet, weitere 15 % wurden als Ballungsraumrandgebiet definiert und die restlichen knapp 60 % entsprechen der Definition für den ländlichen Raum (vgl. Bild 60).



**Bild 60:** Anteile der Autobahnabschnitte in den unterschiedlichen Gebietskategorien



**Bild 59:** Abgrenzung der BAB-Strecken im Ballungsraum, Ballungsraumrandgebiet und ländlichem Raum für das Beispiel Osnabrück

### Struktur des nachgeordneten Straßennetzes

Die Frage, ob Parallelstrecken im nachgeordneten Straßennetz vorhanden sind, wurde anhand einer visuellen Beurteilung auf der Basis topografischer Karten behandelt. Diese visuelle Beurteilung erschien praktikabel und wesentlich weniger aufwändig als eine rechentechnische Bearbeitung.

Untergliedert wurde in die drei Klassen:

- Parallelroute über die gesamte Strecke zwischen den betrachteten Anschlussstellen vorhanden,

- Parallelroute teilweise vorhanden,
- keine Parallelroute vorhanden.

In Bild 61 bis Bild 63 sind typische Beispiele für BAB-Abschnitte mit teilweise vorhandener und ohne parallele Route im nachgeordneten Straßennetz enthalten.

Bemerkenswert ist, dass entsprechend der oben gewählten Definition ca. 50 % aller BAB-Strecken über eine Parallelroute verfügen und nur 32 % in die ungünstigste Kategorie eingestuft wurden (vgl.



Bild 61: Typisches Beispiel für eine Parallelroute im nachgeordneten Straßennetz



Bild 62: Typisches Beispiel für eine teilweise Parallelroute im nachgeordneten Straßennetz





Bild 63: Typisches Beispiel ohne Parallelroute im nachgeordneten Straßennetz

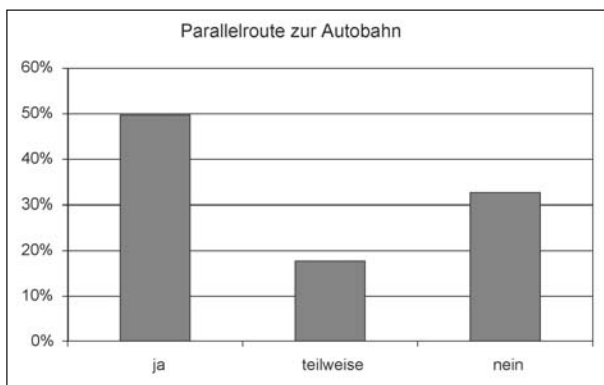


Bild 64: Anteile der Autobahnabschnitte entsprechend der Verfügbarkeit von Parallelrouten

Bild 64). Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass in jedem Fall die Verbindung zwischen zwei benachbarten Anschlussstellen für die Beurteilung zugrunde gelegt wurde. In der Realität ergeben sich aber auch Alternativrouten, die über mehrere BAB-Abschnitte hinweg verlaufen und dann durchaus attraktiv sein können. Solche Fälle blieben bei der hier gewählten standardmäßigen Einstufung unberücksichtigt.

### Qualität der Parallelrouten

Wichtigstes Kriterium für die Attraktivität der Alternativstrecken ist die mögliche Reisegeschwindigkeit. Diese wird beeinflusst durch die zulässige bzw. mögliche Höchstgeschwindigkeit und die Auslastung (während der Spitzenstunden).

Eine quantitative Beurteilung der Auslastung der Alternativstrecken erweist sich als sehr schwierig, weil die Kapazität wesentlich durch die Leistungsfähigkeit der Knotenpunkte bestimmt wird. Diese ließ sich auf der hier gewählten Betrachtungsebene nicht mit vertretbarem Aufwand ermitteln.

Als Kriterium für die Qualität der Alternativstrecken wurde deshalb der Anteil der Ortsdurchfahrten an der Gesamtstrecke gewählt. Wie bei den beiden anderen Kriterien wurde auch hier nach drei Klassen unterschieden: Parallelroute mit geringem OD-Anteil (bis ca. 10 %), Parallelroute mit mittlerem OD-Anteil (bis ca. 25 %) und Parallelroute mit hohem OD-Anteil (über 25 %). Da auch hier die Einstufung anhand von topografischen Karten erfolgte, wurden Ungenauigkeiten in gewissem Umfang in Kauf genommen.

In den Bildern 65 bis 67 sind typische Beispiele enthalten.

Unter Berücksichtigung der gewählten Abgrenzung wurden fast 70 % der Alternativstrecken der Gruppe mit hohem OD-Anteil zugeordnet; nur knapp 15 % hatten einen geringen OD-Anteil (vgl. Bild 68). Dieses Ergebnis lässt sich auch dadurch erklären, dass immer nur Abschnitte zwischen zwei benachbarten Anschlussstellen beurteilt wurden. Alternative Routen im nachgeordneten Straßennetz wurden nicht betrachtet.



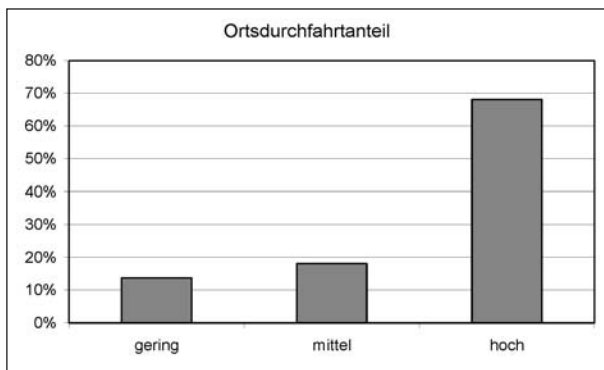
Bild 65: Typisches Beispiel für eine Parallelroute mit geringem OD-Anteil



Bild 66: Typisches Beispiel für eine Parallelroute mit mittlerem OD-Anteil



Bild 67: Typisches Beispiel für eine Parallelroute mit hohem OD-Anteil



**Bild 68:** Anteile der Autobahnabschnitte entsprechend dem OD-Anteil auf der Alternativstrecke

### 8.3 Ergebnisse des QuantAS-Berechnungsprogramms

Im Rahmen des Forschungsprojektes „Quantifizierung staubedingter Reisezeitverluste auf Bundesautobahnen – Störungsursache: Arbeitsstellen“ wurde ein Berechnungsprogramm erstellt, das unter der Bezeichnung QuantAS die Zeitverluste durch Staus auf Autobahnen berechnet. Dieses Programmsystem wurde genutzt, um die Verlustzeiten durch Arbeitsstellen bedingter Staus auf dieser Grundlage zu berechnen.

Ziel des QuantAS-Programms ist es, die Zeitverluste durch Arbeitsstellen längerer und kürzerer Dauer im Autobahnnetz zu quantifizieren, um auf dieser Basis die gesamtwirtschaftlichen Kosten von Arbeitsstellen einschätzen zu können. Für die Entwicklung des Programms wurde auf verschiedene bestehende Modelle zurückgegriffen.

Wesentliche Input-Informationen des Programms sind:

- die Verkehrsführung im Arbeitsstellenbereich (Fahrstreifenaufteilung, Art der Überleitung),
- die vorhandene Geschwindigkeitsbeschränkung in der Arbeitsstelle,
- die Kapazität im Bereich der Arbeitsstelle (die sich aus der Verkehrsführung in der Arbeitsstelle ergibt),
- die Länge der Arbeitsstelle und
- die Dauer der Arbeitsstelle.

Zur Ermittlung der Kapazität im Arbeitsstellenbereich wurde von einer Grundkapazität von 1.830 Pkw-E/h je Fahrstreifen ausgegangen. Über ver-

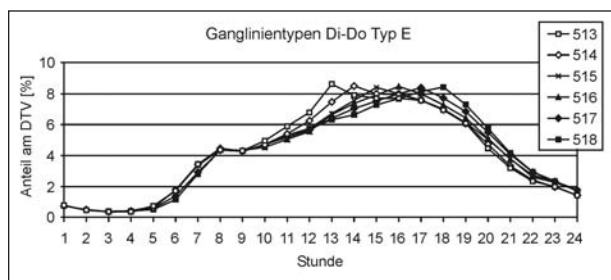
Grundkapazität 1.830 Pkw-E/h/Fahrstreifen	Reduktionsfaktor
<b>Allgemein</b>	
Lage des Streckenabschnitts außerhalb von Ballungsräumen $f_{BR}$	0,95
Urlaubsverkehr $f_U$	0,9
Widrige Witterungsbedingungen $f_A$	0,85-0,95
Schwerverkehrsanteil (E = Äquivalenzwert) $f_{SV}$	$\frac{1}{(1 - SV + SV \cdot E)}$
Reduktion eines benachbarten Fahrstreifens $f_{FSR}$	0,95
<b>Dauerarbeitsstellen</b>	
Überleitung auf die Gegenfahrbahn $f_{FSU}$	0,90-0,95
Geringe Fahrstreifenbreite $f_{FSB}$	0,95
<b>Tagesarbeitsstellen</b>	
Einfache Ausstattung (generell)	0,95
Verschwenkung von Fahrstreifen $f_{FSV}$	0,9

**Tab. 21:** Übersicht über Reduktionsfaktoren für die Ermittlung der Kapazität von Arbeitsstellenengpässen [BECKMANN et al., 2001]

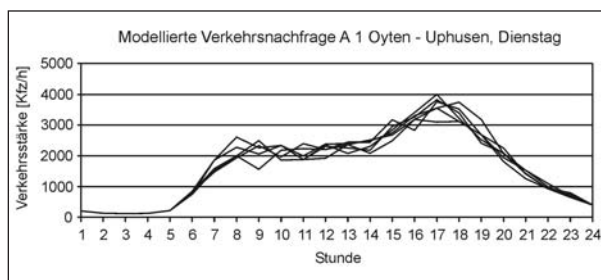
schiedene Reduktionsfaktoren, die in Tabelle 21 zusammengestellt sind, wird die Kapazität im jeweiligen Arbeitsstellenbereich ermittelt. Aufgrund der multiplikativen Verknüpfung der Reduktionsfaktoren können sich z. T. relativ niedrige Kapazitäten für den betrachteten Abschnitt ergeben.

Die Verkehrsdatengrundlage des Programms QuantAS stammt aus dem Jahr 2002. Dementsprechend wurden die Verkehrsbelastungen auf den einzelnen Autobahnabschnitten aus der SVZ 1995 bzw. 2000 übernommen. Zur Modellierung der Verkehrsnachfrage in den einzelnen Stunden des Jahres wurde auf abschnittsübergreifende Ganglinientypen nach PINKOFSKY (2006) zurückgegriffen. Neben der Unterteilung nach den Ganglinientypen A bis F erfolgte eine weitere Differenzierung entsprechend der Lage der Spitzenstunde (vgl. Bild 69).

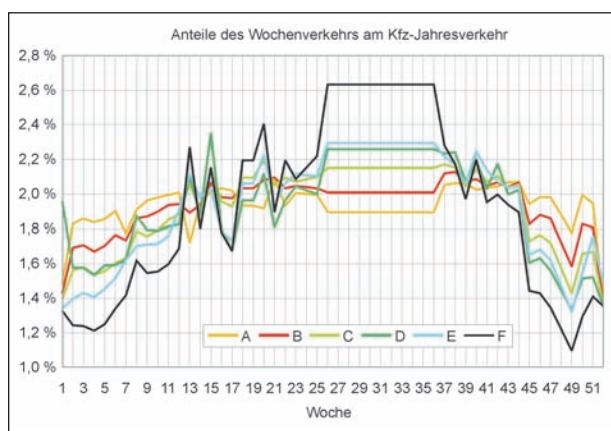
Die jahreszeitlichen Schwankungen der Verkehrsnachfrage wurden ebenfalls durch entsprechende Korrekturfaktoren berücksichtigt (vgl. Bild 70). Da bei der Ableitung der typischen Ganglinien Verkehrsstärkenwerte unterschiedlicher Tage und unterschiedlicher Zählstellen zusammengefasst wurden, repräsentiert der resultierende Ganglinientyp einen Mittelwert aus einer mehr oder weniger heterogenen Grundgesamtheit. Würde bei den Berech-



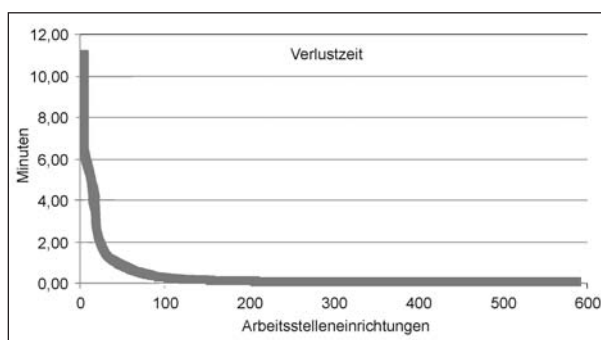
**Bild 69:** Beispiel für die Differenzierung des Ganglinientyps E der Tagesgruppe Dienstag bis Donnerstag nach den unterschiedlichen Spitzenstunden (zwischen 13:00 Uhr und 18:00 Uhr)



**Bild 71:** Beispiel für die Modellierung der Verkehrsnachfrage auf der Basis der typisierten Ganglinien nach PINKOFSKY, 2006, (Ganglinientyp G 08 mit stochastischer Angleichung)



**Bild 70:** Jahresganglinie des Kfz-Verkehrs nach HEIDEMANN, WIMBER (1982) (die inzwischen veralteten Typisierungen waren lediglich Bestandteil des QuantAS-Programms; für die übrigen Auswertungen wurden die Typisierungen nach BAST (2010) verwendet)



**Bild 72:** Summenlinie der durch Arbeitsstellen bedingten Verlustzeiten je Verkehrsteilnehmer für die 584 ausgewerteten Arbeitsstelleneinrichtungen

nungen grundsätzlich der Mittelwert angesetzt, würden die Stauerscheinungen systematisch unterschätzt. Es wurden deshalb auch stochastische Schwankungen im Rahmen des Modells berücksichtigt, sodass die bei den Berechnungen genutzten Stundenwerte mit Hilfe einer Normalverteilung um den jeweiligen Mittelwert gestreut wurden (vgl. Bild 71).

Da die zugeordneten Dauerzählstellen mit den entsprechenden Ganglinientypen den Stand von 1998 bzw. 2000 widerspiegeln, war ein erheblicher Teil der in den Jahren 2005 bis 2007 betriebenen Dauerzählstellen im Autobahnnetz im System QuantAS nicht verknüpft. Auf eine Nachverknüpfung wurde verzichtet und stattdessen die Anzahl der Beispiele um die Arbeitsstellenabschnitte, für die keine Verknüpfung mit aktuellen Zählstellen vorlag, reduziert.

Die Ergebnisse des QuantAS-Programms werden als Zeitverluste durch jede einzelne Arbeitsstelle über die gesamte Laufzeit der Arbeitsstelle aus-

gewiesen. Es erfolgt eine Differenzierung nach Pkw und Lkw sowie nach Werktagen und Sonntagen.

Die Berechnungsergebnisse wurden unter Berücksichtigung der Arbeitsstellendauer und der Verkehrsmengen in Zeitverlust je Kfz umgerechnet.

Insgesamt wurden 584 Arbeitsstelleneinrichtungen ausgewertet. Bei 55 % der Arbeitsstelleneinrichtungen ergaben sich keine staubedingten Verlustzeiten. Dort, wo Verlustzeiten ermittelt wurden, lagen diese im Durchschnitt deutlich unter 2 Minuten, wobei hier alle Stunden während der Laufzeit der Arbeitsstelle – also auch die Nachtstunden – berücksichtigt wurden. Die maximal ermittelte durchschnittliche Verlustzeit bei einer Arbeitsstelle betrug 10,67 Minuten (vgl. Summenlinie in Bild 72).

Bei der Interpretation der QuantAS-Berechnungsergebnisse ist Folgendes zu berücksichtigen:

- Die Zuordnung der automatischen Zählstellen im QuantAS-Programm war rd. 10 Jahre alt. Dementsprechend fehlt hier die Verknüpfung mit neu eingerichteten Zählstellen, sodass sich die Stichprobe der ausgewerteten Arbeitsstelleneinrichtungen dadurch reduziert.

- Bei der Aufbereitung der Input-Daten für das Programm ist die Grundkapazität auf 1.830 Pkw-E/Stunde je Fahrstreifen begrenzt worden. Das bedeutet, dass auch kurzzeitig höhere Verkehrsbelastungen, die durch die automatischen Dauerzählstellen ausgewiesen und belegt werden, automatisch auf diese Grundkapazität reduziert wurden.
- Im Rahmen des Programms werden auch Zeitverluste durch Störfälle, wie beispielsweise Unfälle oder Nothalte, berücksichtigt, die bei der Untersuchung durch Arbeitsstellen bedingter Verlagerungswirkungen keine Bedeutung haben.
- Das Programm berücksichtigt z. T. erhebliche Verlagerungswirkungen, da sich ansonsten implausible Staulängen (im Extremfall von mehreren hundert Kilometern) ergeben würden.

Trotz dieser Einschränkungen liefern die Ergebnisse des QuantAS-Programms Anhaltspunkte zu den staubedingten Zeitverlusten, die möglicherweise als beschreibende Parameter im Rahmen der Modellentwicklung genutzt werden können. Durch die Begrenzung der Grundkapazität auf 1.830 Pkw-E/h werden Überlastungen im Autobahnnetz, die nicht arbeitsstellenbedingt sind, ausgeklammert. Dies bewirkt aber auch, dass die Zeitverluste durch arbeitsstellenbedingte Staus tendenziell unterschätzt werden. Um plausible Berechnungsergebnisse zu erhalten, wurden bei hochbelasteten Autobahnen zum Teil erhebliche Verlagerungswirkungen unterstellt, die sich im Rahmen der Auswertung der Zählergebnisse so nicht verifizieren lassen.

## 8.4 Verkehrsmeldungen

Ergänzend wurde eine Auswertung der Staumeldungen auf Autobahnen durchgeführt, um evtl. vorhandene Abhängigkeiten zwischen den Arbeitsstellenbereichen und den Verkehrsmeldungen im Modell zur Abbildung der durch Arbeitsstelle bedingten Verkehrsverlagerungen zu berücksichtigen.

Für die Jahre 2006 und 2007 wurden insgesamt 3.347.481 Datensätze mit Verkehrsmeldungen für das deutsche Autobahnnetz übernommen. Die einzelnen Datensätze enthalten umfangreiche Informationen. Im Wesentlichen betrifft dies:

- die Lokalisierung des Ereignisses – in den meisten Fällen Verkehrsstaus – im Autobahnnetz,
- Aussagen zum Datum und zur Uhrzeit der Meldung,
- die Länge des Staus und
- Informationen zur Ursache des Staus oder zum Ereignis selbst.

Über die Anschlussstellenkennung erfolgte eine Zuordnung der Verkehrsmeldungen zum Netzmodell, dem auch die Verkehrsbelastungen und die Arbeitsstellendaten zugeordnet sind. Über entsprechende Filterung wurden nur diejenigen Staumeldungen ausgewählt, die die Abschnitte mit Arbeitsstellen betreffen. Zur Vereinfachung wurde bei den Auswertungen nicht nach unterschiedlichen Inhalten der Verkehrsmeldungen differenziert sondern alle Meldungen, die einen Autobahnabschnitt (zwischen zwei Anschlussstellen) betreffen, in dem sich Arbeitsstellen befanden, bei den Auswertungen berücksichtigt. Zur Vereinfachung blieben die Verkehrsmeldungen aus Nachbarabschnitten zu Arbeitsstellen unberücksichtigt, obwohl diese möglicherweise auch im Zusammenhang mit der jeweiligen Arbeitsstelle zu sehen sind.

Um zu analysieren, wie die Häufigkeit von Verkehrsmeldungen durch die Arbeitsstellensituation beeinflusst wird, wurden jeweils der 4-Wochen-Zeitraum vor Arbeitsstellenbeginn, der gesamte Zeitraum während der Betriebszeit der Arbeitsstelle und der 4-Wochen-Zeitraum nach Arbeitsstellenende getrennt analysiert. Für diese drei Zeitbereiche wurde jeweils die durchschnittliche Anzahl Verkehrsmeldungen pro Tag berechnet. Dabei erfolgte – wie bereits erwähnt – keine Unterteilung nach Art der Verkehrsmeldung, sodass davon auszugehen ist, dass ein „Hintergrundrauschen“ in gewissem Umfang vorhanden ist, das Verkehrsmeldungen betrifft, die nicht im Zusammenhang mit Stauerscheinungen stehen.

In Tabelle 22 sind die Eckdaten für die Jahre 2006 und 2007 zusammengestellt. Aufgrund der Tatsache, dass Arbeitsstellen teilweise über mehrere Jahre betrieben werden, konnten bei der Auswertung lediglich die Arbeitsstellen berücksichtigt werden, deren Beginn bzw. Ende im Zeitbereich zwischen Anfang Februar 2006 und Ende November 2007 liegt, damit auch die Verkehrsmeldungen für den Zeitbereich vor Arbeitsstellenbeginn bzw. nach Arbeitsstellenende ausgewertet werden konnten und ein entsprechender Vergleich möglich war. Insofern unterscheidet sich die Anzahl berücksichtigter Arbeitsstellen für den 30-Tage-Zeitbereich vor

	Anzahl der Meldungen	Anzahl zugeordnete Arbeitsstellen	Summe der Meldungen/Tag	Meldungen/Tag Mittelwert
30 Tage vor Arbeitsstellenbeginn	217.593	1.702	6.959	4,089
während der Arbeitsstellenzeit	683.970	2.101	9.386	4,490
30 Tage nach Arbeitsstellenende	192.845	1.560	6.126	3,927

Tab. 22: Zusammenstellung der ausgewerteten Verkehrsmeldungen

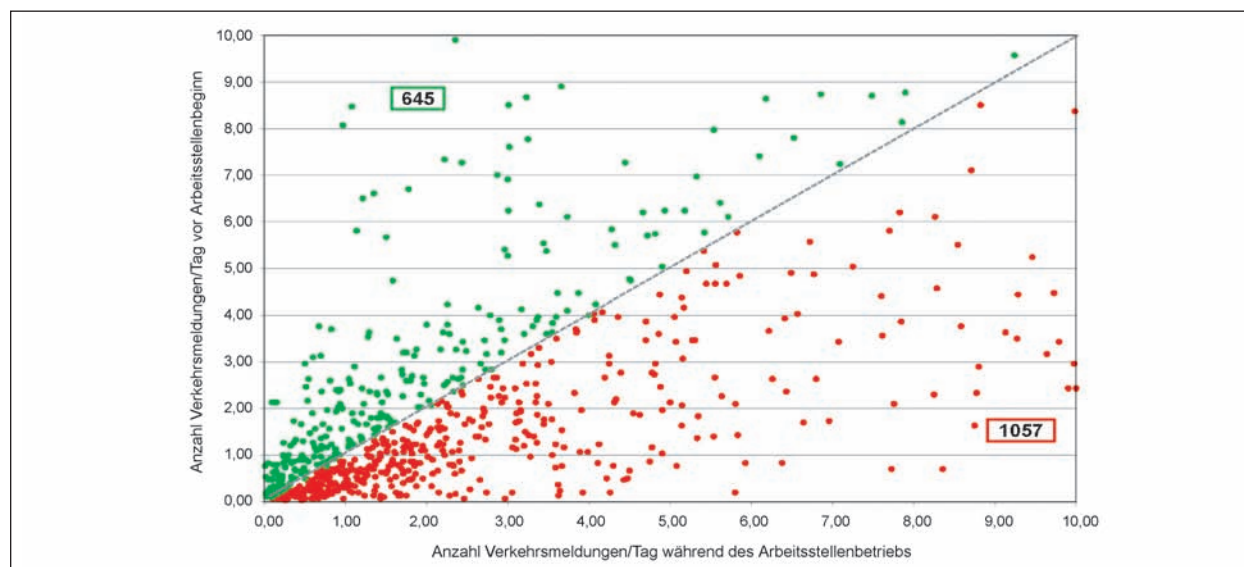


Bild 73: Gegenüberstellung der täglichen Verkehrsmeldungen vor Arbeitsstellenbeginn und der täglichen Verkehrsmeldungen während des Arbeitsstellenbetriebs für die Jahre 2006 und 2007

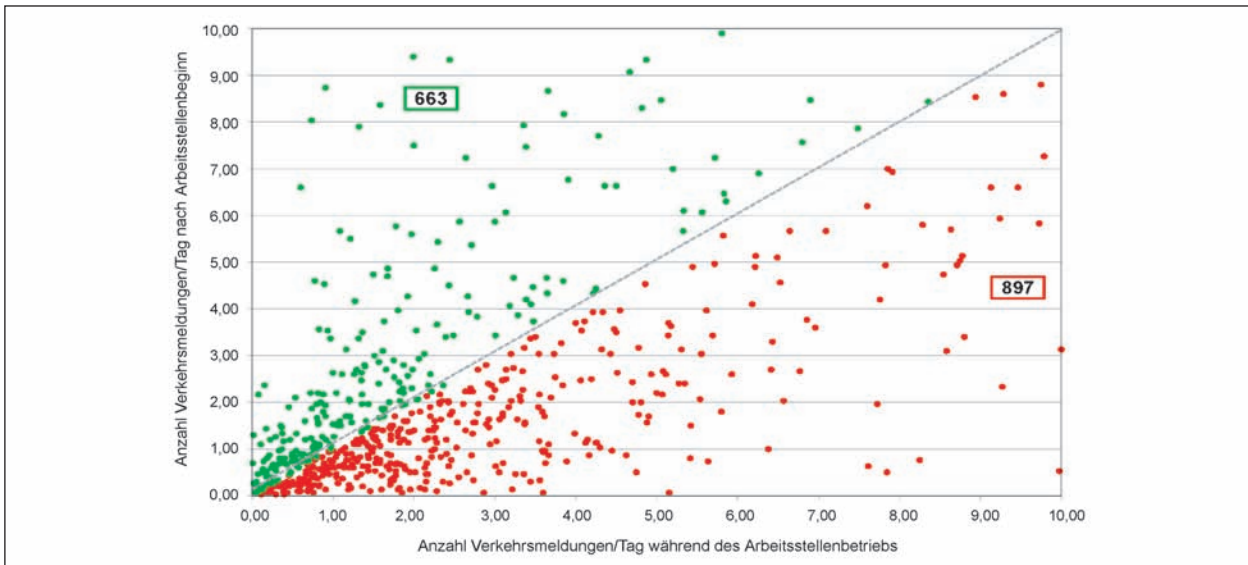
Arbeitsstellenbeginn und für den 30-Tage-Zeitbereich nach Arbeitsstellenende von der Anzahl berücksichtigter Arbeitsstellen während der Arbeitsstellenzeit. Einbezogen wurden auch Arbeitsstellen, in deren Umfeld keine Daten aus automatischen Dauerzählstellen verfügbar waren.

Deutlich erkennbar ist, dass die durchschnittliche Anzahl der täglichen Verkehrsmeldungen während der Arbeitsstellenzeit über den entsprechenden Anzahlen vor dem Beginn bzw. nach dem Ende der Arbeitsstelle liegt. Insofern manifestiert sich hier die Annahme, dass durch die Einrichtung von Arbeitsstellen zusätzliche Staus erzeugt werden. Allerdings nimmt die Anzahl der Verkehrsmeldungen nach Einrichtung der Arbeitsstelle (im Vergleich zum Vorher-Zeitraum) nur um 9,8 % zu. Nach dem Ende der Arbeitsstelle reduziert sich die Anzahl der Verkehrsmeldungen im Bereich der jeweiligen Arbeitsstellen um Werte von durchschnittlich 14,3 %. Ursache für den niedrigeren Wert im Vergleich zum Vorher-Zeitraum ist wahrscheinlich die Tatsache, dass bei einem Teil der Arbeitsstellen Erweiterungen der Kapazität vorgenommen wurden (z. B. Ausbau von 2 auf 3 Fahrstreifen der Richtungsfahrbahnen), sodass dadurch das Staurisiko auf

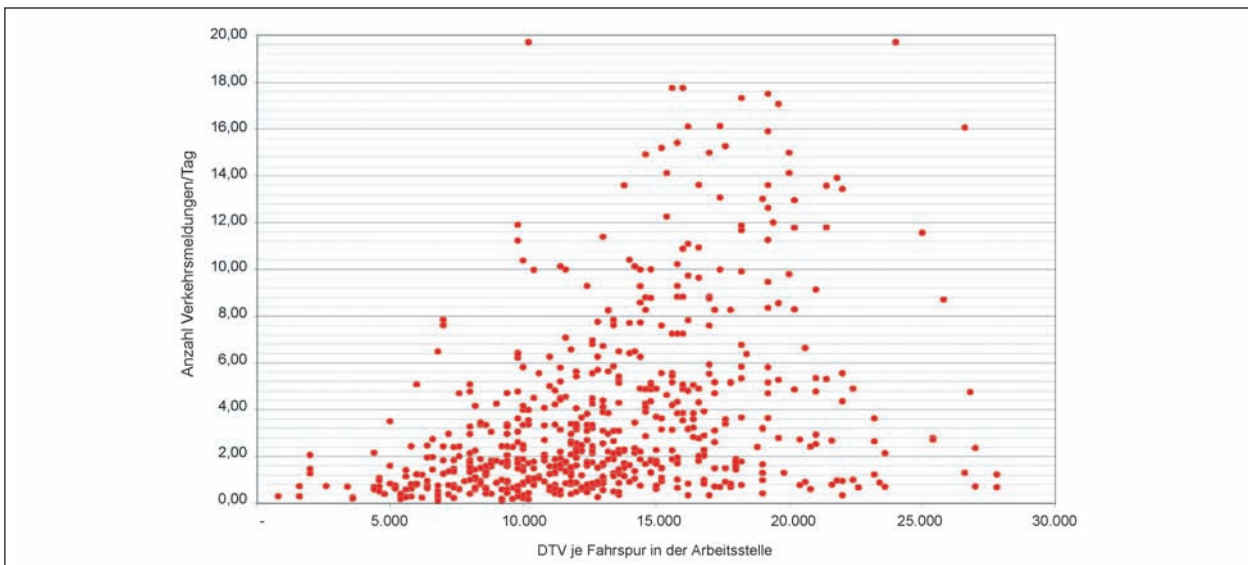
solchen Streckenabschnitten deutlich reduziert wurde.

Eine Auswertung zum Vergleich der Verkehrsmeldungen vor Arbeitsstellenbeginn und während der Bauzeit an den einzelnen Arbeitsstellen ist in Bild 73 dargestellt. Dabei trennt die Diagonale den Bereich, bei dem die Anzahl der Verkehrsmeldungen vor Arbeitsstellenbeginn über dem entsprechenden Wert während der Arbeitsstellenbetriebszeit liegt (oben links), von dem Bereich, in dem sich die Anzahl der Verkehrsmeldungen nach Einrichtung der Arbeitsstelle erhöht hat. Dementsprechend hat sich bei 62,1 % nach Einrichtung der Arbeitsstelle die Anzahl der Verkehrsmeldungen erhöht, bei 37,9 % der Arbeitsstellen wurde ein umgekehrter Effekt festgestellt.

Ein entsprechender Vergleich der Anzahl der Verkehrsmeldungen während der Bauzeit und der Verkehrsmeldungen nach Bauende ist in Bild 74 dokumentiert. Auch dabei zeigt sich deutlich, dass die Häufigkeit der täglichen Verkehrsmeldungen während der Arbeitsstellenbetriebszeit deutlich über dem Zustand nach Beendigung der Arbeitsstelle liegt.



**Bild 74:** Gegenüberstellung der täglichen Verkehrsmeldungen während des Arbeitsstellenbetriebs und der täglichen Verkehrsmeldungen nach Arbeitsstellenende für die Jahre 2006 und 2007



**Bild 75:** Gegenüberstellung der täglichen Verkehrsmeldungen während des Arbeitsstellenbetriebs und der Verkehrsbelastung je Fahrstreifen

In einem weiteren Schritt wurde überprüft, inwieweit die Häufigkeit von Verkehrsmeldungen während der Arbeitsstellendauer von der Verkehrsbelastung abhängig ist. Dazu wurde die mittlere Anzahl der Verkehrsmeldungen pro Tag der Verkehrsbelastung je Fahrstreifen gegenübergestellt (vgl. Bild 75). Dabei zeigt sich ein funktionaler Zusammenhang.

Mit diesem Ergebnis liegt der Schluss nahe, dass Verkehrsteilnehmer, bedingt durch häufigere Verkehrsmeldungen während der Arbeitsstellenzeit, auch dazu veranlasst werden, alternative Routen zu wählen, sodass ein funktionaler Zusammenhang zwischen der Häufigkeit von Verkehrsmeldungen

aufgrund von Arbeitsstellensituationen und Verkehrsverlagerungen besteht.

Für die Entwicklung eines beschreibenden Modells zur Ermittlung von durch Arbeitsstellen bedingten Verlagerungswirkungen ist diese Größe allerdings nicht geeignet. Da die Häufigkeit von Verkehrsmeldungen nicht in einem eindeutigen Zusammenhang mit den Verkehrsstärken je Fahrstreifen steht, lässt sich die Anzahl der Verkehrsmeldungen nicht im Vorfeld einer Arbeitsstelle prognostizieren. Damit besteht auch nicht die Möglichkeit, die Kenngröße „Häufigkeit von Verkehrsmeldungen“ als beschreibende Größe im Modell zu berücksichtigen.

## 9 Verfahren der linearen Regressionsanalyse

### 9.1 Herangehensweise

Im Rahmen der Entwicklung eines statistischen Modells beinhaltet die Zielgröße „Verlagerungseffekt“ (abhängige Variable) in den bisherigen Auswertungen die Zu- bzw. Abnahme der stündlichen Verkehrsstärken in den Spitzenstunden 7:00 bis 9:00 und 16:00 bis 19:00 Uhr innerhalb der ersten 2 Wochen nach Arbeitsstellenbeginn im Vergleich zu den letzten beiden Wochen ohne Arbeitsstelle. Weitere bisherige Analysen zeigten stets im Mittel einen Rückgang der Verkehrsstärken innerhalb der ersten 4 bis 6 Wochen nach Arbeitsstellenbeginn, danach i. d. R. annähernd gleiche Verkehrsstärken wie vor Einrichtung der Arbeitsstelle. Daher wurde es als sinnvoll erachtet, auch im statistischen Modell einen 6-wöchigen Zeitraum als Ganzes zu betrachten. Dieser wurde als Mittelwert aus dem Verhältnis der Verkehrsbelastung in den 6 Wochen nach Beginn der Arbeitsstelle zu der Verkehrsbelastung in den 2 Wochen vor Beginn der Arbeitsstelle ermittelt. Die Mittelwerte der Verkehrsabnahmen liegen für den 6-wöchigen Zeitraum bei 1,9 % für den Kfz-Verkehr und bei 1,8 % für den Schwerverkehr und stimmen damit mit den 2-Wochenwerten (1,7 % für Kfz und 1,3 % für Lkw) gut überein.

Zur Analyse möglicher Abhängigkeiten der Verkehrsverlagerungen von verschiedenen Kenngrößen wurde eine multiple lineare Regressionsanalyse durchgeführt. Mathematisch betrachtet werden bei einer Regressionsanalyse bei einer Vielzahl von unabhängigen Variablen (Einflussgrößen:  $x_1$  bis  $x_n$ ) und der abhängigen Variable (Zielgröße: Verkehrsverlagerung  $y$ ) die Regressionskoeffizienten  $b_1$  bis  $b_n$  und die Konstante  $a$  der Gleichung

$$y = a + b_1 * x_1 + b_2 * x_2 + \dots + b_n * x_n$$

errechnet. Beim Algorithmus der multiplen Regression werden die Abstände der Punkte mit den Koordinaten von Einfluss- und Zielgröße zu der gewählten funktionalen Abhängigkeit (hier Gerade) minimiert.

Die Stärke der Korrelation zwischen (möglicher) Einflussgröße und Zielgröße wird durch das Bestimmtheitsmaß  $R^2$  ausgedrückt. Dieses verdeutlicht, wie gut die Regressionsgerade den Zusammenhang zwischen unabhängiger und abhängiger Variable wiedergibt.  $R^2$  liegt zwischen 0 und 1,

wobei der Wert  $R^2 = 1$  bedeuten würde, dass jeder beobachtete Datenpunkt direkt auf der Regressionsgeraden liegt.

Eingangsgrößen einer Regressionsanalyse müssen mindestens intervallskaliert sein, d. h., die Ausprägungen dieses Skalenniveaus lassen sich quantitativ mittels Zahlen darstellen. Hierbei dürfen sowohl intervallskalierte Werte (z. B. Werte einer Zeitskala oder die Dauer einer Arbeitsstelle in Tagen) als auch Werte der Verhältnisskala (z. B. Faktoren wie der Auslastungsgrad eines Streckenabschnitts) verwendet werden. Beide Wertegruppen zusammen werden als metrische Größen bezeichnet. Dichotome nominalskalierte unabhängige Variablen, d. h. Merkmalsausprägungen mit diametralen Gegensätzen (z. B. Geschlecht Mann/Frau), können ebenso verwendet werden wie ordinalskalierte Werte, wenn die Reihenfolge der Merkmalswerte festgelegt und die Größe der Abstände sachlich begründbar sind. Ebenso zulässig sind Merkmalsausprägungen von 0 oder 1 bzw. ja oder nein, z. B. beim Merkmal „Arbeitsstelle mit einer Überleitung ja oder nein“.

Grundsätzlich ist eine Regressionsanalyse mit einem Tabellenkalkulationsprogramm möglich, aufgrund der Vielzahl der Variablen und der (möglichen) Komplexität der Zusammenhänge ist die Verwendung eines Statistikprogramms sinnvoll. Hier wurde das seit Mitte der siebziger Jahre allgemein anerkannte und weltweit für statistische Analysen aller Art und beliebigen Umfangs am häufigsten eingesetzte SAS-Programmpaket (Statistical Analysis System, Carey, USA) verwendet. Die Fehleranfälligkeit komplexer Analysen wird durch bereits vorgeprogrammierte und erprobte Prozeduren minimiert.

Zunächst wurden alle für eine Regressionsanalyse zur Verfügung stehenden Variablen zusammengestellt, deren Unabhängigkeit geprüft und anschließend deren Codierung vorgenommen. Mögliche Eingangsgrößen für die Regressionsanalyse waren:

- Länge der Arbeitsstelle,
- Dauer der Arbeitsstelle,
- Art der Verkehrsführung entsprechend den Richtlinien für die Sicherung von Arbeitsstellen (RSA) (BMVBW, 1995),
- zulässige Höchstgeschwindigkeit im Arbeitsstellenbereich,



- Anzahl der Fahrstreifen innerhalb der Arbeitsstelle (unabhängig von der Anzahl der Fahrstreifen ohne Arbeitsstelle),
  - Anzahl der Fahrstreifensubtraktionen,
  - Arbeitsstellen mit bzw. ohne Überleitung auf die gegenüberliegende Richtungsfahrbahn,
  - schmalere Fahrstreifen im Arbeitsstellenbereich bzw. breitere Fahrstreifen,
  - DTV-Wert im Arbeitsstellenabschnitt,
  - DTV-Wert im Arbeitsstellenabschnitt je Fahrstreifen (entspricht der Verkehrsbelastung je Richtung dividiert durch die Anzahl Fahrstreifen),
  - Verkehrsbelastungen in den Spitzenstunden morgens bzw. nachmittags entsprechend der Einteilung in Tagesganglinientypen,
  - Verkehrsbelastungen je Fahrstreifen in den Spitzenstunden morgens bzw. nachmittags entsprechend der Einteilung in Tagesganglinientypen,
  - Auslastungsgrad des Arbeitsstellenabschnitts (entspricht dem Quotient aus Verkehrsbelastung und Kapazität),
  - Schwerverkehrsanteil,
  - Lastzugfaktor (Anteil Lastzüge, d. h. Lkw mit Anhänger und Sattelzüge am gesamten Schwerverkehr) zur Einteilung des Streckenabschnitts in Fern-, Misch- und Nahverkehr,
  - Streckencharakteristiken als Verkehrsfunktion mit überwiegend Fern-, Misch- und Nahverkehr,
  - Ferienverkehrsfaktor (als Verhältnis aus den Verkehrsbelastungen an Ferienwerktagen und der Verkehrsbelastung an normalen Werktagen) als Indikator für die Verkehrszusammensetzung,
  - Freitagsfaktor (als Verhältnis aus den Verkehrsbelastungen an Freitagen und der Verkehrsbelastung an normalen Werktagen) als Indikator für die Verkehrszusammensetzung,
  - Sonntagsfaktor (als Verhältnis aus den Verkehrsbelastungen an Sonntagen und der Verkehrsbelastung an normalen Werktagen),
  - Jahreganglinientyp entsprechend den Definitionen aus den Jahresberichten der BAST (BAST 2010) mit den Codierungen: A = 1 (überwiegend Berufsverkehr), B = 2, ..., G = 7 (ausgeprägte Ferienverkehrscharakteristik) (Bild 76),
  - Wochenganglinientyp entsprechend der Einteilung von Dauerzählstellen Definitionen aus den Jahresberichten der BAST (BAST 2010),
  - Dauerlinientyp entsprechend der Einteilung von Dauerzählstellen Definitionen aus den Jahresberichten der BAST (BAST 2010),
  - Struktur des nachgeordneten Netzes, Parallelroute über die gesamte Strecke zwischen den betrachteten Anschlussstellen vorhanden/teilweise vorhanden/nicht vorhanden,
  - Qualität der Alternativstrecken, geringer, mittlerer, hoher Ortsdurchfahrtenanteil,
  - Gebietskategorie Ballungsraum, Ballungsraumrandgebiet oder ländlicher Raum,
  - arbeitsstellenbedingte Verlustzeiten aus dem Programm QuantAS.
- Anhand der Verkehrsführungen können nicht unbedingt Rückschlüsse auf die tatsächlichen durch Arbeitsstellen bedingten Verkehrseinschränkungen gezogen werden. Beispielsweise kann aus der Angabe „Verkehrsführung 4+0“ nicht entnommen werden, ob vor der Arbeitsstelle die Fahrstreifenanzahl von 3 auf 2 reduziert wurde. Zudem ist das Vorhandensein einer Überleitung für Verlagerungseffekte eher unerheblich, bedeutsam sind jedoch Reduzierungen der Fahrstreifenanzahl im Vorfeld der Arbeitsstelle. Daher wurde jede Arbeitsstellenrichtung anhand der weiteren Angaben zur Arbeitsstellenmeldung über Fahrstreifensubtraktionen unabhängig von der Verkehrsführung in die folgenden 4 Gruppen unterteilt, wobei Verkehrsführungen mit mehr als 3 Fahrstreifen aufgrund der geringen Häufigkeit nicht ausgewertet wurden:
1. Reduktion von 2 auf 1 Fahrstreifen innerhalb der Arbeitsstelle (Stichprobenmenge: n = 109 Arbeitsstellenrichtungen),
  2. Beibehaltung von 2 Fahrstreifen innerhalb der Arbeitsstelle (Stichprobenmenge: n = 533 Arbeitsstellenrichtungen),
  3. Reduktion von 3 auf 2 Fahrstreifen innerhalb der Arbeitsstelle (Stichprobenmenge: n = 65 Arbeitsstellenrichtungen),
  4. Beibehaltung von 3 Fahrstreifen innerhalb der Arbeitsstelle (Stichprobenmenge: n = 133 Arbeitsstellenrichtungen).

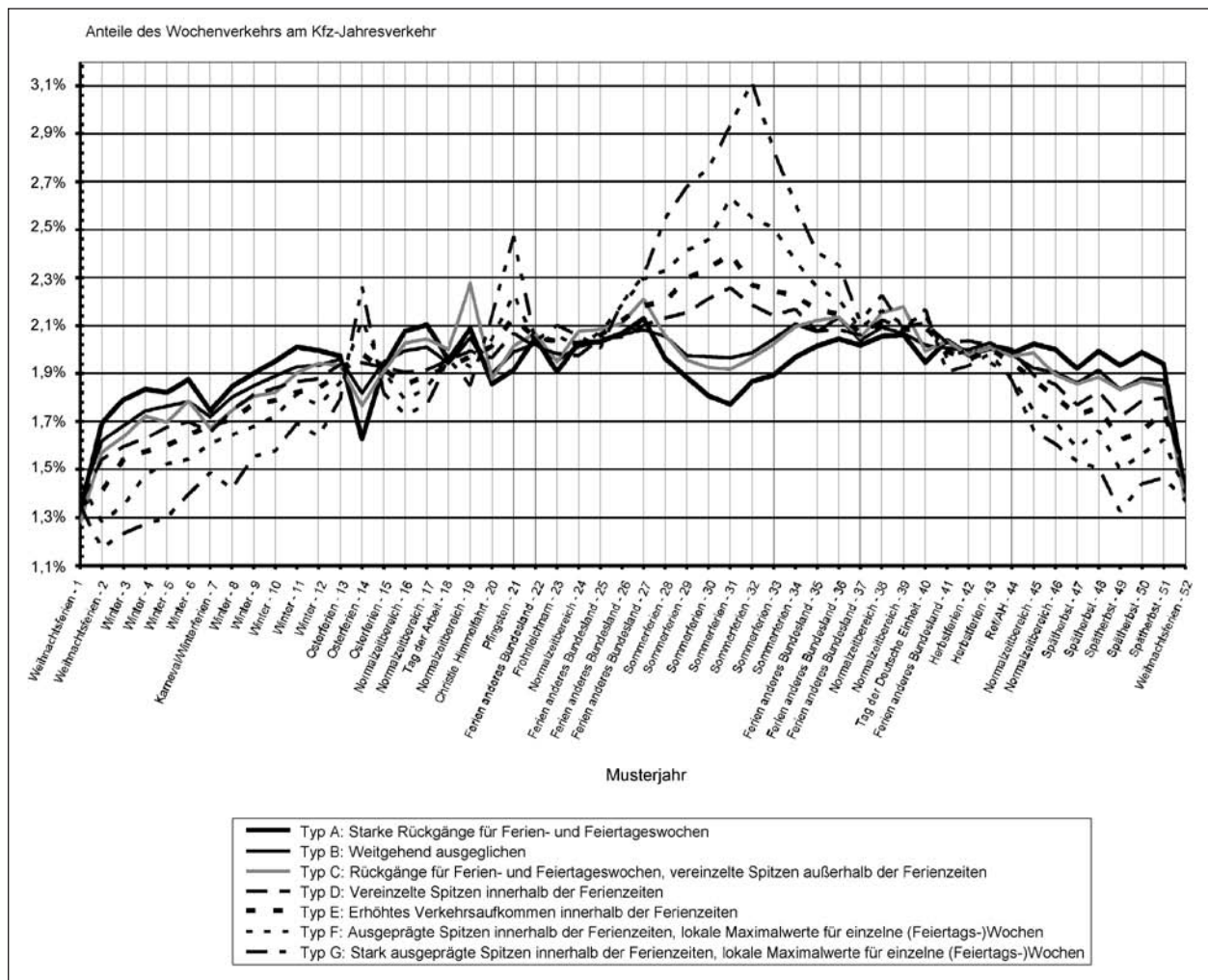


Bild 76: Typisierung der Jahresganglinien von Dauerschleifen (BASt, 2010)

Hierdurch ergab sich für die weiteren Betrachtungen ein zusätzliches, im Folgenden als Arbeitsstellentyp bezeichnetes Merkmal.

## 9.2 Auswahl der Einflussgrößen für die Regressionsanalyse

Im Rahmen der weiteren Analysen zur Bestimmung möglicher Abhängigkeiten der verschiedenen Einflussgrößen wurden zunächst die Zusammenhänge zwischen der Belastungsänderung in Form von Punktwolken unter Einbeziehung der Regressionsgeraden dargestellt. Diese zeigen hierbei den gesamten Streubereich der zugrunde gelegten Stichprobe. Die folgenden, zunächst plausibel erscheinenden Kenngrößen wurden grafisch dargestellt:

- Länge der Arbeitsstelle in Kilometer (Bild 77),
- Dauer der Arbeitsstelle in Tagen (Bild 78),

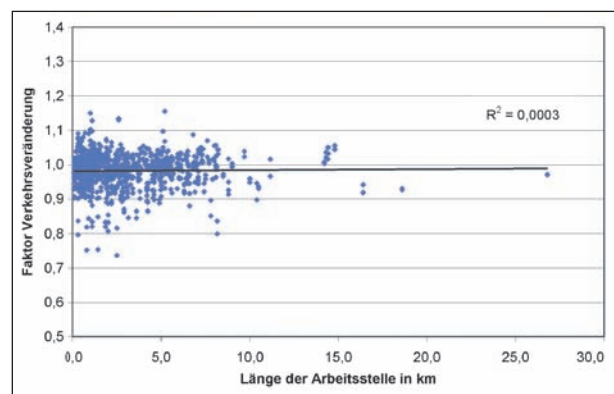


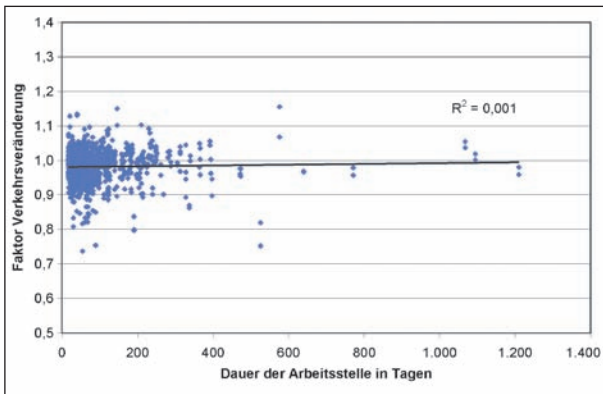
Bild 77: Korrelation zwischen der Verkehrsveränderung und der Arbeitsstellenlänge

- Ferienverkehrsfaktor als Quotient aus dem DTV-Wert an Urlaubswerktagen und dem DTV-Wert an den übrigen Werktagen (Bild 79),
- Freitagsfaktor als Quotient aus dem DTV-Wert an Freitagen und dem DTV-Wert dienstags bis donnerstags (Bild 80),

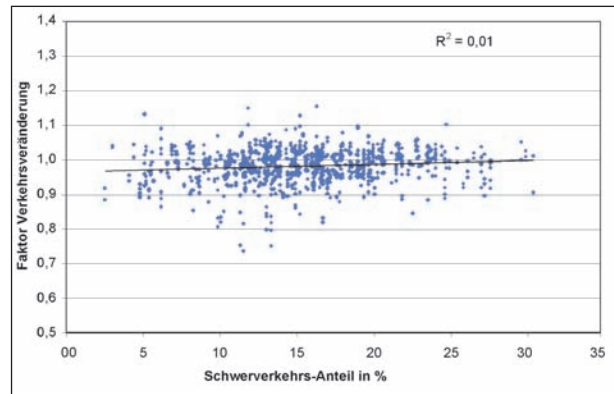
- Lkw-Anteil bezogen auf den DTV-Wert (Bild 81),
- arbeitsstellenbedingte Verlustzeiten je Fahrzeug aus dem QuantAS-Programm in Minuten (Bild 82),
- Auslastungsgrad des Streckenabschnitts als Quotient aus Verkehrsbelastung und Kapazität, errechnet aus mittleren Ganglinientypen (Bild 83),

- DTV-Wert je Fahrstreifen zum Zeitpunkt des Arbeitsstellenbeginns (Bild 84),
- stündliche Verkehrsstärke je Fahrstreifen (Bild 85).

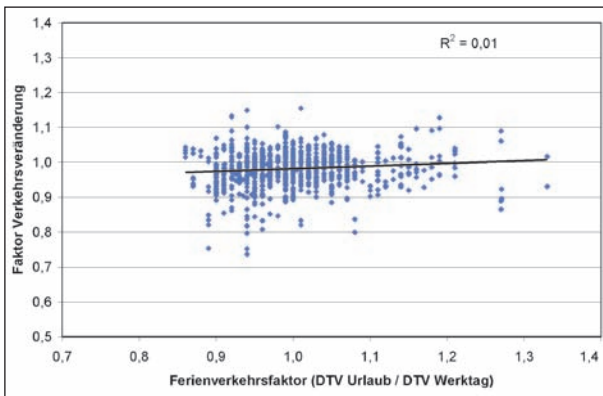
Für die ersten 6 genannten Kenngrößen ergaben sich keine signifikanten Korrelationen in Zusammenhang mit Verkehrsverlagerungen, die Bestimmtheitsmaße lagen bei maximal 0,01. Die 3



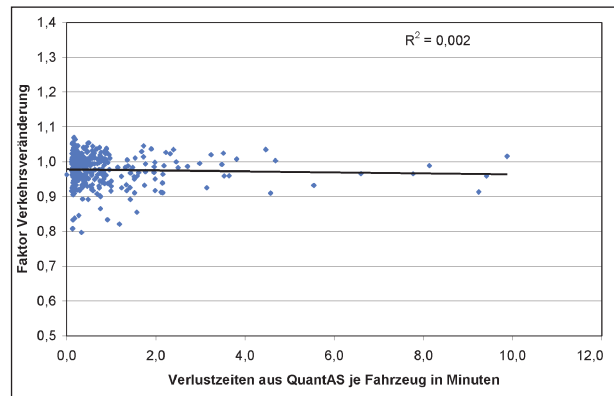
**Bild 78:** Korrelation zwischen der Verkehrsveränderung und der Arbeitsstellendauer



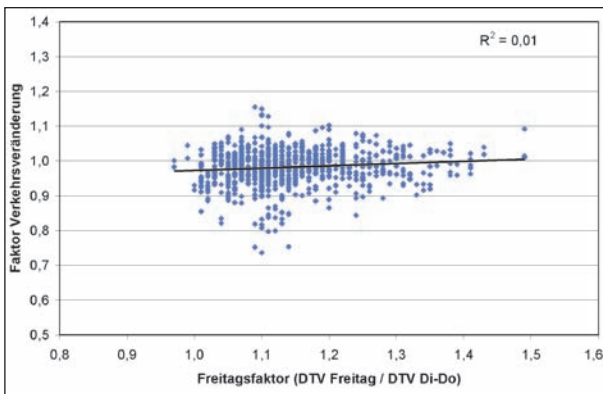
**Bild 81:** Korrelation zwischen der Verkehrsveränderung und dem Schwerverkehrs-Anteil



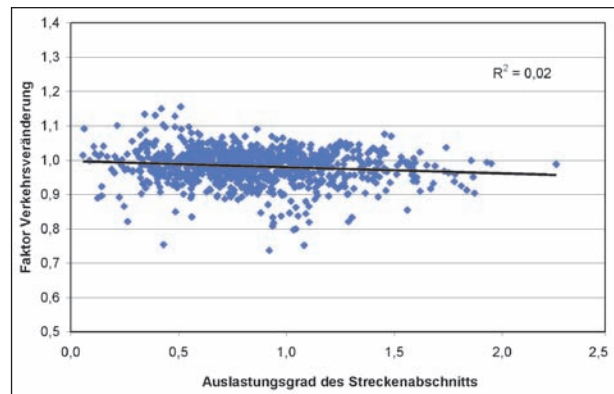
**Bild 79:** Korrelation zwischen der Verkehrsveränderung und dem Ferienverkehrsfaktor



**Bild 82:** Korrelation zwischen der Verkehrsveränderung und den Verlustzeiten nach QuantAS

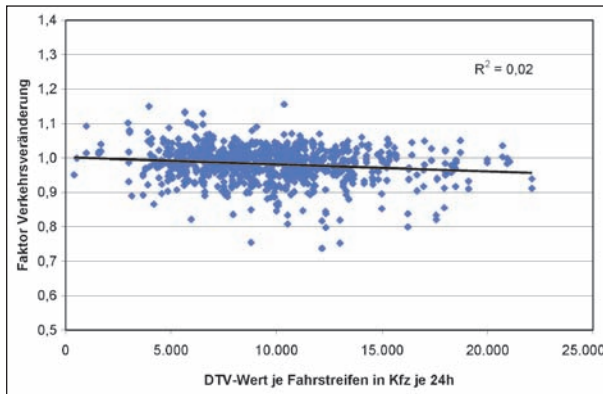


**Bild 80:** Korrelation zwischen der Verkehrsveränderung und dem Freitagsfaktor

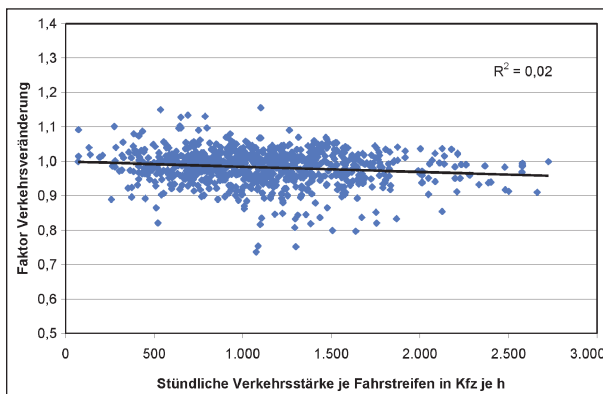


**Bild 83:** Korrelation zwischen der Verkehrsveränderung und dem Auslastungsgrad

letztgenannten Kenngrößen (Auslastungsgrad, DTV je Fahrstreifen und Verkehrsstärke je Fahrstreifen) zeigten in gleichem Maße geringe Abhängigkeiten mit leichten Verkehrsabnahmen bei höheren Verkehrswerten mit Bestimmtheitsmaßen von rd. 0,02. Die Auslastungsgrade nehmen hierbei z. T.



**Bild 84:** Korrelation zwischen der Verkehrsveränderung und dem DTV-Wert je Fahrstreifen



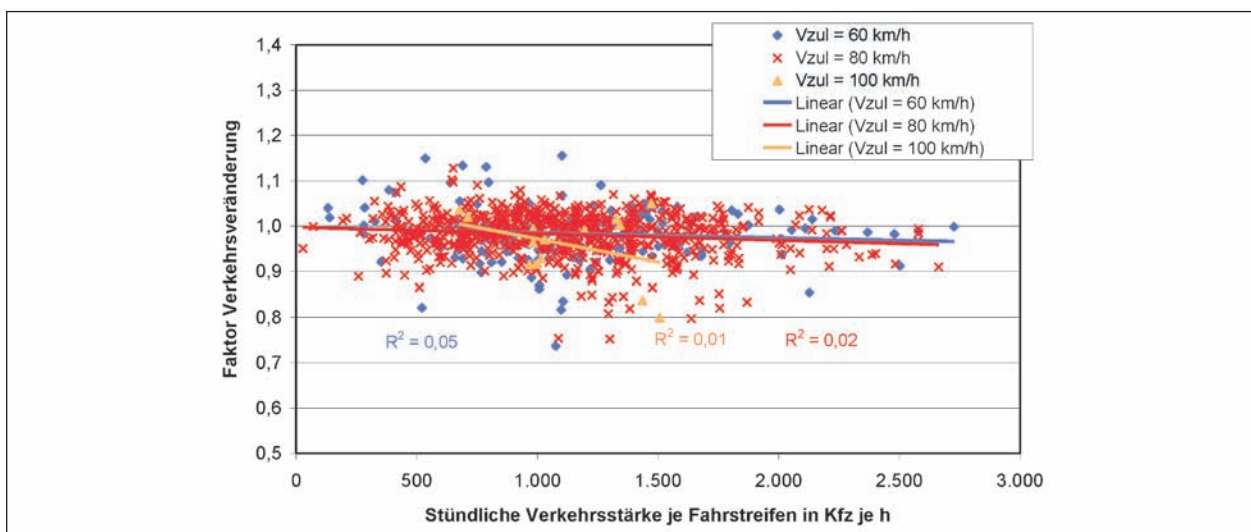
**Bild 85:** Korrelation zwischen der Verkehrsveränderung und der stündlichen Verkehrsstärke je Fahrstreifen

deutlich höhere Werte als 1 (entspricht 100 %) an, da diese über typisierte Ganglinien mit standardisierten Leistungsfähigkeitsgrenzwerten errechnet wurden (s. Kapitel 7.2).

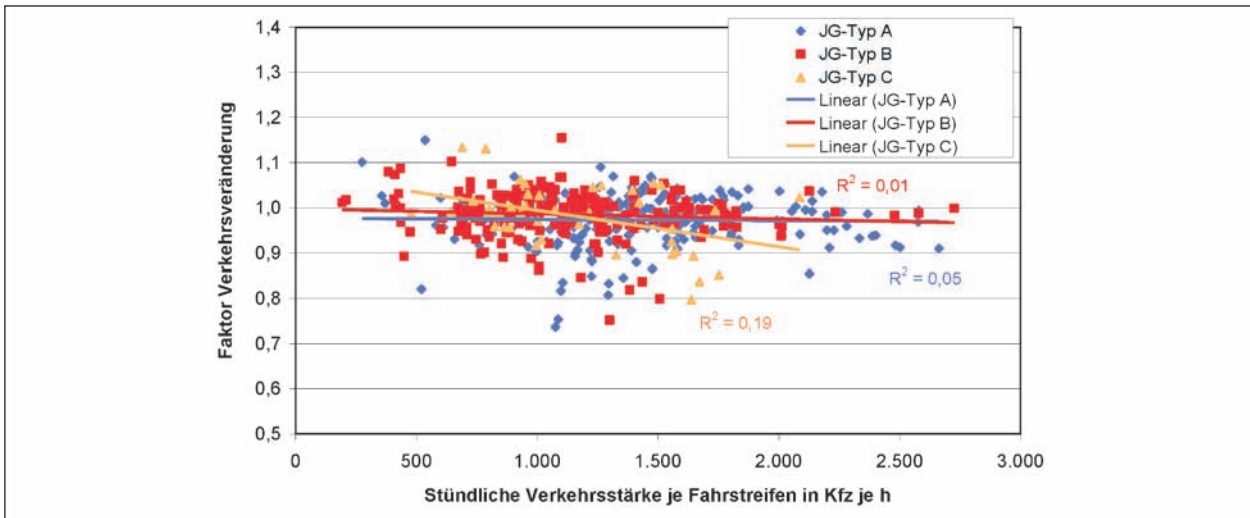
Aus den eindimensionalen Darstellungen ergaben sich somit kaum Korrelation zwischen der Verkehrsveränderung und einzelnen Einflussfaktoren. Daher wurden Differenzierungen nach verschiedenen Klassen innerhalb einzelner Einflussgrößen vorgenommen. Als Bezugsgröße auf der Abszisse wurde hierbei die stündliche Verkehrsstärke je Fahrstreifen, d. h. die für verkehrstechnische Fragestellungen regelmäßig verwendete Kenngröße, dargestellt. Diese Differenzierungen mit weiteren Auswertungen wurden für folgende Kenngrößen durchgeführt:

- nach der zulässigen Höchstgeschwindigkeit (Bild 86),
- nach den Jahreganglinientypen (Bild 87 und Bild 88),
- nach dem Merkmal „Parallelstrecke“ mit den Codierungen: 1 = keine nachgeordnete Straße parallel zur BAB, 2 = teilweise parallel zur BAB verlaufende nachgeordnete Straße, 3 = parallel zur BAB verlaufende nachgeordnete Straße vorhanden (Bild 89) sowie
- für verschiedene Fahrstreifenreduktionen (Bild 90 und Bild 91).

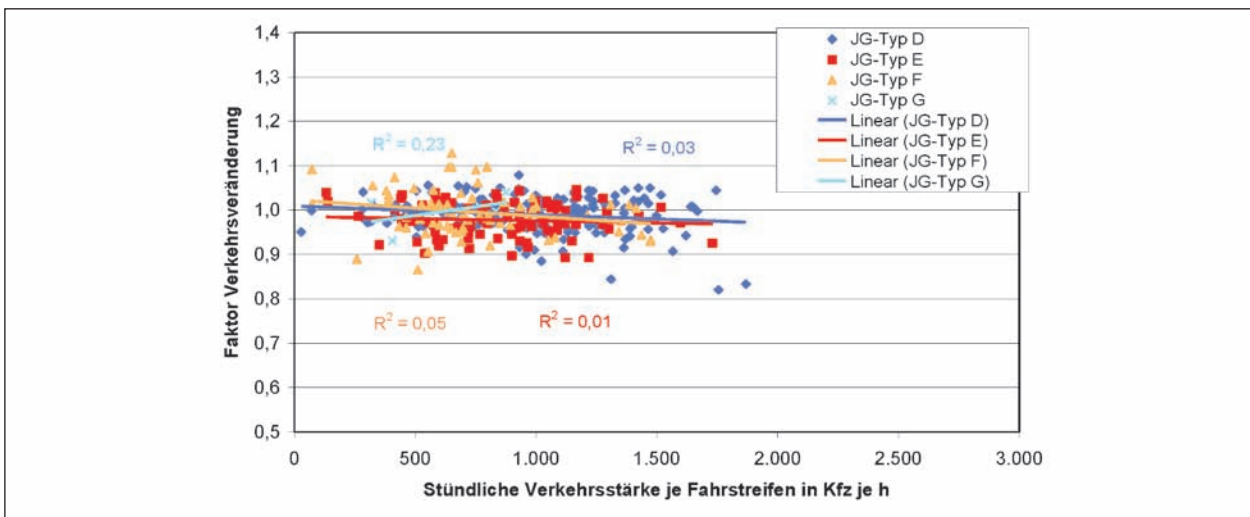
Für die zulässigen Höchstgeschwindigkeiten ergaben sich keine nennenswerten Korrelationen. Bei den Jahreganglinien zeigten sich für die Typen C



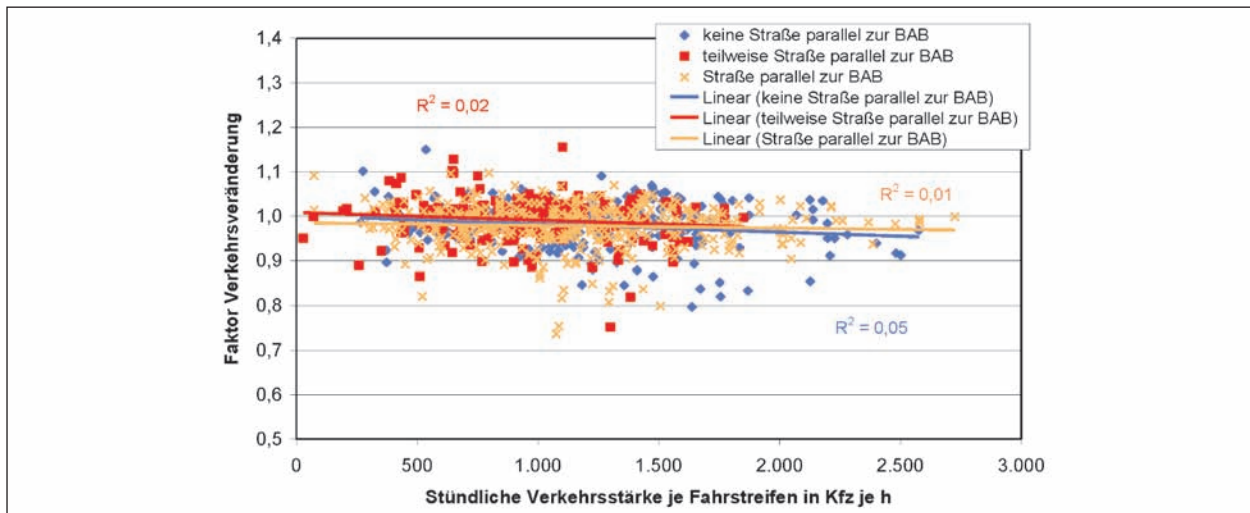
**Bild 86:** Korrelationen zwischen der Verkehrsveränderung und der Verkehrsstärke differenziert nach der zulässigen Höchstgeschwindigkeit



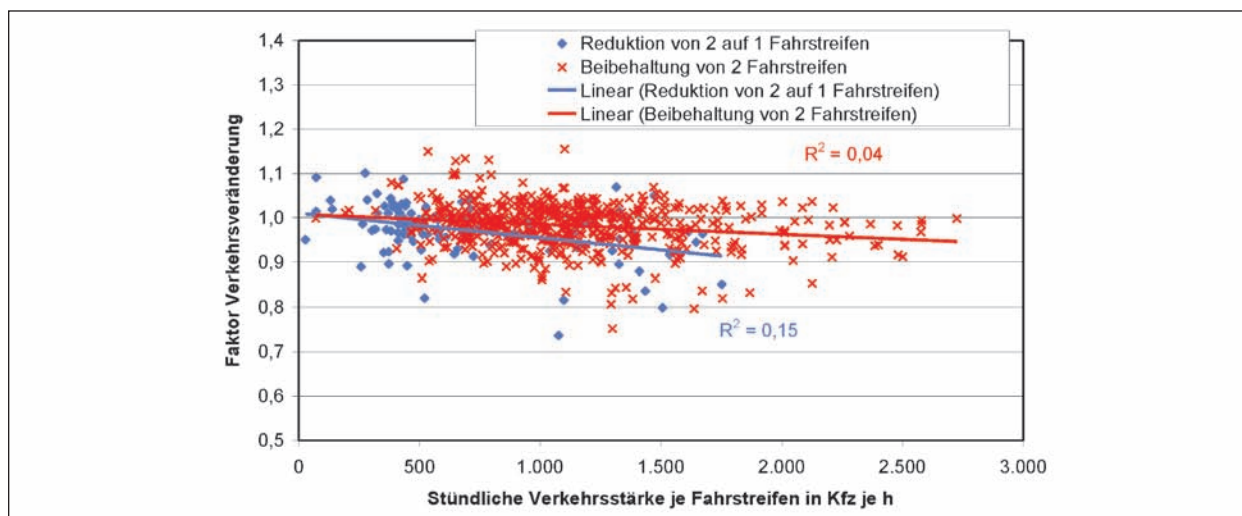
**Bild 87:** Korrelationen zwischen der Verkehrsveränderung und der Verkehrsstärke differenziert nach dem Jahresganglinientyp (Typen A bis C)



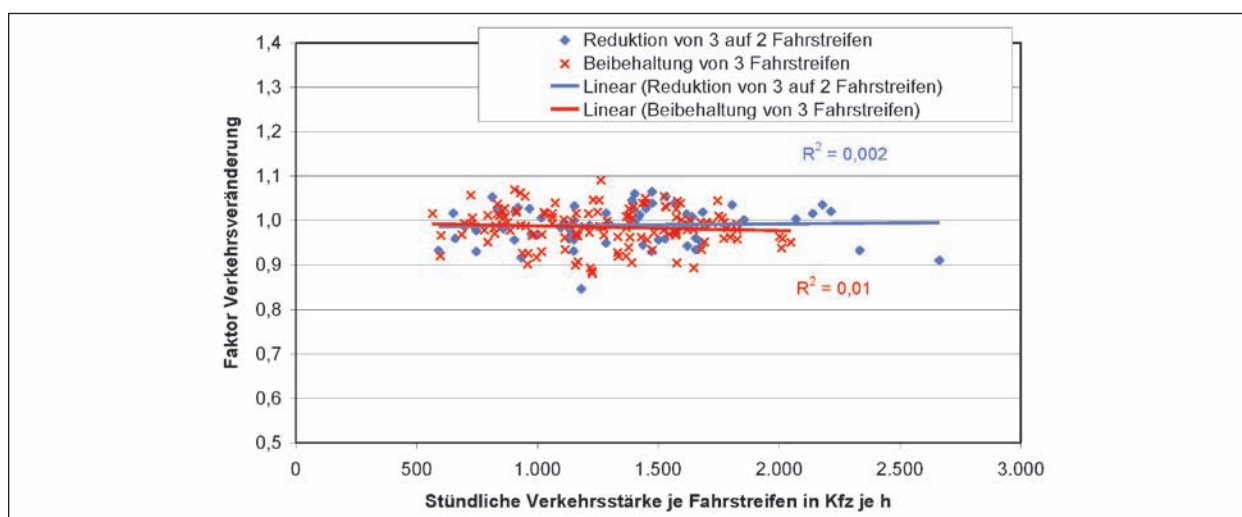
**Bild 88:** Korrelationen zwischen der Verkehrsveränderung und der Verkehrsstärke differenziert nach dem Jahresganglinientyp (Typen D bis G)



**Bild 89:** Korrelationen zwischen der Verkehrsveränderung und der Verkehrsstärke differenziert nach Parallelstrecken



**Bild 90:** Korrelationen zwischen der Verkehrsveränderung und der Verkehrsstärke differenziert nach Fahrstreifenreduktionen (Basis: 2 Fahrstreifen)



**Bild 91:** Korrelationen zwischen der Verkehrsveränderung und der Verkehrsstärke differenziert nach Fahrstreifenreduktionen (Basis: 3 Fahrstreifen)

und G höhere Bestimmtheitsmaße von 0,19 bzw. 0,23. Der Jahrganglinientyp C stellt hierbei einen Ganglinientyp mit Rückgängen für Ferien- und Feiertagswochen mit vereinzelt Spitzen außerhalb der Ferienzeiten dar. Die ausgewiesene Korrelation des Ganglinientyps G ist dagegen aufgrund der geringen Datenbasis nicht signifikant.

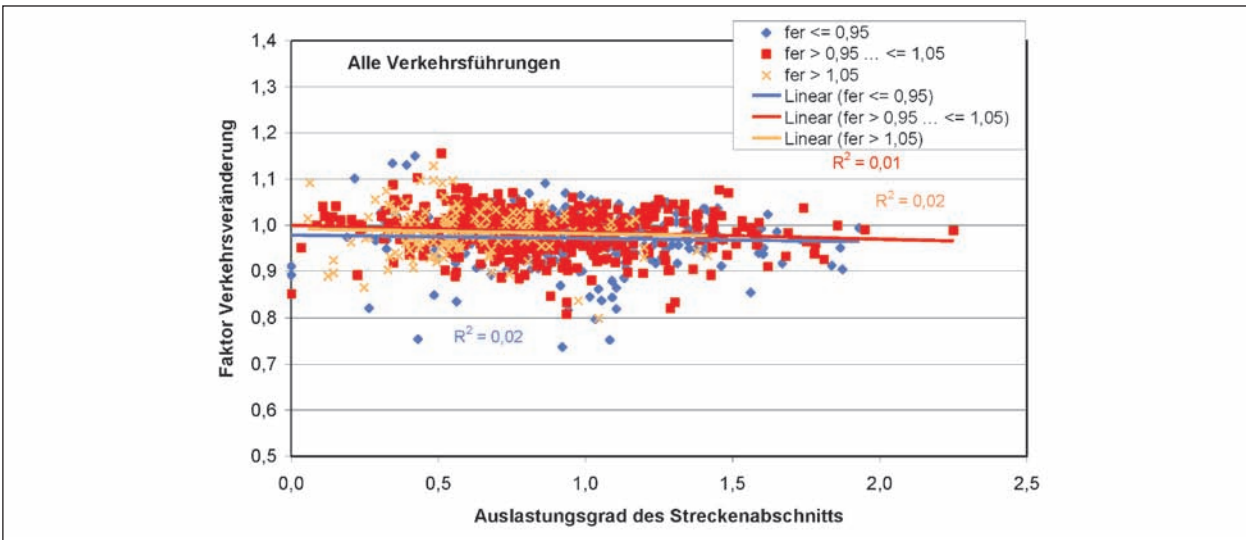
Für das Merkmal „Parallelstrecken“ ergaben sich ebenfalls kaum Korrelationen. Dagegen wurde ein leicht höheres Bestimmtheitsmaß von 0,15 für die Reduktion von 2 auf 1 Fahrstreifen im Arbeitsstellenbereich festgestellt (Bild 90).

Obwohl der Ferienverkehrsfaktor für das Gesamtkollektiv der Arbeitsstellen keine Korrelation zeigte (Bild 79), ergaben sich jedoch bei vorgenommenen Differenzierungen, insbesondere bei der Reduktion

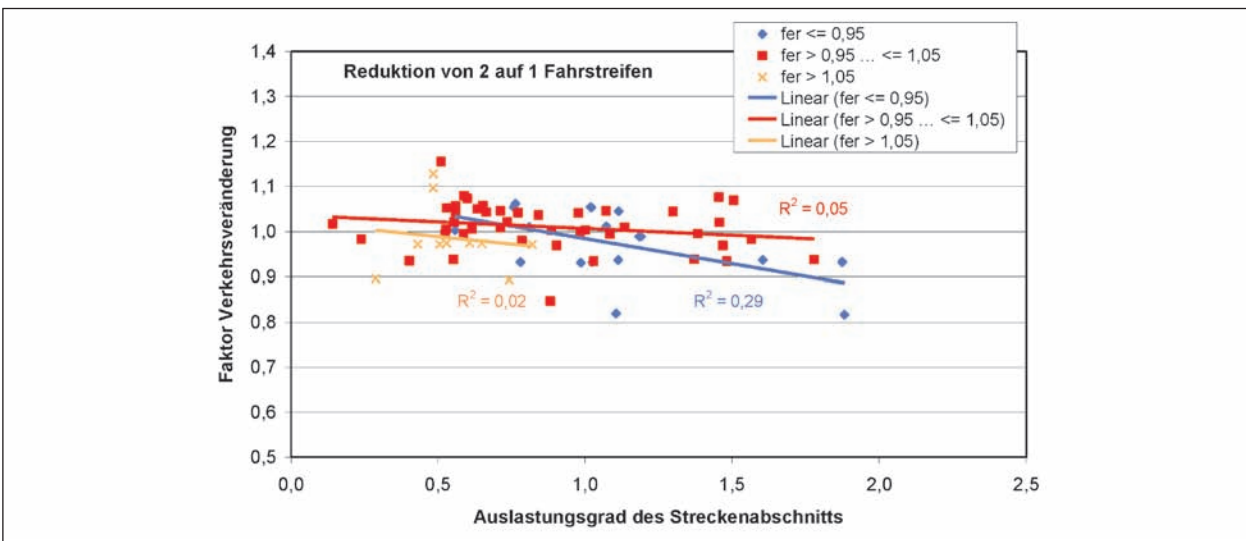
von 2 auf 1 Fahrstreifen, ein Bestimmtheitsmaß von 0,29 und damit ein höherer Zusammenhang für Abschnitte mit Ferienverkehrsfaktoren unter 0,95 (Streckenabschnitte mit überwiegend Berufsverkehr, Bild 92 und Bild 93).

Zur weiteren Analyse wurden die Verkehrsstärkenwerte je Fahrstreifen in Bereiche eingeteilt, um über Regressionsgeraden mit deren Bestimmtheitsmaßen Zusammenhänge der einzelnen Gruppen darzustellen, wobei zur Erhöhung der Stichprobe die Einzelwerte der 5 zugrunde gelegten Spitzenstunden betrachtet wurden. Sinnvoll erschien hierbei eine Einteilung in die 3 Gruppen:

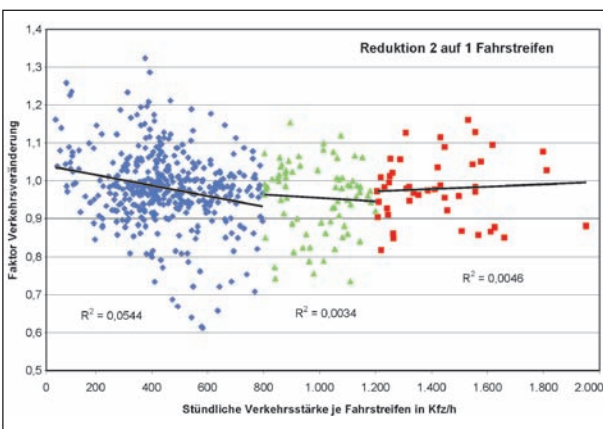
- schwächere Verkehrsbelastung,  $\leq 800$  Kfz je h je Fahrstreifen,



**Bild 92:** Korrelationen zwischen der Verkehrsveränderung und dem Auslastungsgrad differenziert nach dem Ferienverkehrsfaktor



**Bild 93:** Korrelationen zwischen der Verkehrsveränderung und dem Auslastungsgrad differenziert nach dem Ferienverkehrsfaktor für ein Teilkollektiv



**Bild 94:** Korrelation zwischen der Verkehrsveränderung und der stündlichen Verkehrsstärke je Fahrstreifen für Arbeitsstellen mit Reduktion von 2 auf 1 Fahrstreifen getrennt nach Verkehrsstärkegruppen

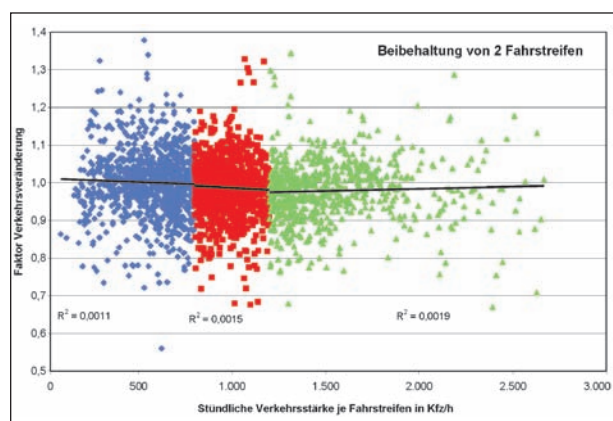
- mittlere Verkehrsbelastung,  $> 800 \dots \leq 1.200$  Kfz je h je Fahrstreifen,
- stärkere Verkehrsbelastung,  $\geq 1.200$  Kfz je h je Fahrstreifen.

Die Differenzierungen wurden zunächst für die Arbeitsstellen mit

- Reduktion von 2 auf 1 Fahrstreifen (Bild 94),
- Beibehaltung von 2 Fahrstreifen (Bild 95)

durchgeführt.

Für die Arbeitsstellentypen mit Reduktion von 2 auf 1 Fahrstreifen ergaben sich deutlich höhere Zusammenhänge in Form einer Verkehrsabnahme bei



**Bild 95:** Korrelation zwischen der Verkehrsveränderung und der stündlichen Verkehrsstärke je Fahrstreifen für Arbeitsstellen mit Beibehaltung von 2 Fahrstreifen getrennt nach Verkehrsstärkegruppen

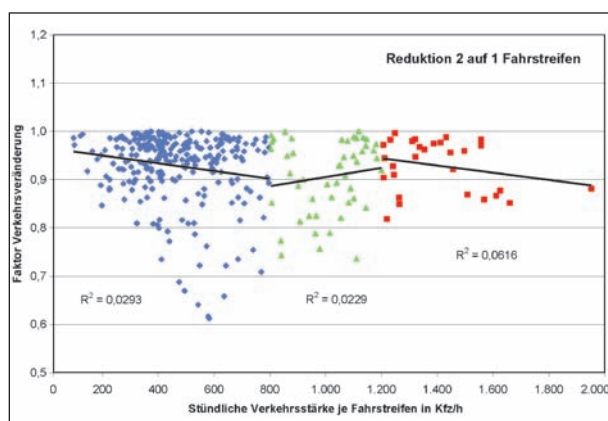
höheren Verkehrsstärken, allerdings setzt sich diese Tendenz für die höheren Belastungsklassen nicht fort. Für die Arbeitsstellentypen mit Beibehaltung von 2 Fahrstreifen ergaben sich trotz der Differenzierung kaum Korrelationen. Daher wurde darauf verzichtet, weitere Auswertungen für die Arbeitsstellentypen mit Reduktion von 3 auf 2 Fahrstreifen sowie mit Beibehaltung von 3 Fahrstreifen durchzuführen.

Weiterhin wurden Teilmengen von Arbeitsstellenrichtungen ohne Verkehrszunahmen (Bild 96) bzw. mit Verkehrsabnahmen von mindestens 10 % (Bild 97) gebildet, da vermutet wurde, dass mögliche Abhängigkeiten durch den Wegfall der Arbeitsstellen ohne Verkehrszunahmen besser erkennbar sind.

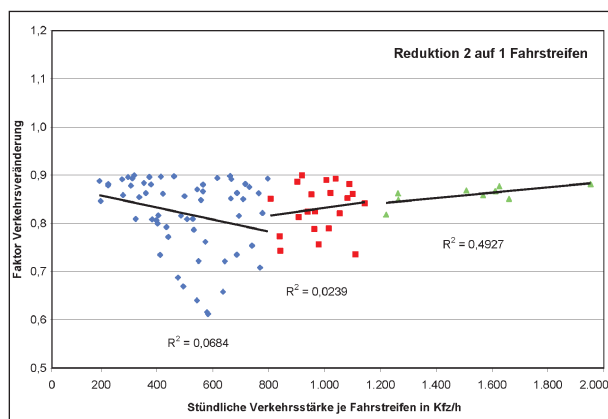
Für geringe Verkehrsstärken zeigte sich jedoch zunächst eine Abnahme, während sich ab 1.200 Kfz/h in den meisten Fällen ein Anstieg des Faktors für Verkehrsveränderung und damit ein gegenläufiger Effekt zeigten, der nur durch die starken Streuungen zu erklären ist. Auch hieraus lassen sich zwar Tendenzen, jedoch keine eindeutigen Zusammenhänge erkennen.

Aufgrund der oben gezeigten Analysen ergaben sich insgesamt nur geringe Korrelationen für wenige Einflussgrößen, während die Mehrzahl der zunächst zusammengestellten Merkmale überhaupt keine bzw. vereinzelt sogar gegenläufige und damit implausible Korrelationen zeigte. Daher reduzierte sich die ursprüngliche Menge der möglichen Kenngrößen auf die folgenden unabhängigen Einflussgrößen:

- Fahrstreifenreduktion (von 2 auf 1 und von 3 auf 2 Fahrstreifen) bzw. Beibehaltung von 2 bzw. 3 Fahrstreifen,



**Bild 96:** Korrelation zwischen der Verkehrsveränderung (nur Werte unter 1,0) und der stündlichen Verkehrsstärke je Fahrstreifen für Arbeitsstellen mit Reduktion von 2 auf 1 Fahrstreifen getrennt nach Verkehrsstärkegruppen



**Bild 97:** Korrelation zwischen der Verkehrsveränderung (nur Werte unter 0,9) und der stündlichen Verkehrsstärke je Fahrstreifen für Arbeitsstellen mit Reduktion von 2 auf 1 Fahrstreifen getrennt nach Verkehrsstärkegruppen

- Verkehrsstärke je Fahrstreifen bzw. alternativ DTV-Wert je Fahrstreifen bzw. alternativ der Auslastungsgrad des Streckenabschnitts,
- Parallelstrecke im nachgeordneten Netz vorhanden (1 = nein, 2 = teilweise, 3 = ja),
- zulässige Höchstgeschwindigkeit (60, 80 bzw. 100 km/h),
- Ferienverkehrsfaktor,
- Jahressganglinientyp des betreffenden Streckenabschnitts (Typ A ... G).

Die oben aufgeführten Kenngrößen zeigten hierbei teilweise auch nur in Zusammenhang mit weiteren Merkmalen (z. B. Fahrstreifenreduktion und Verkehrsstärke je Fahrstreifen) überhaupt Abhängigkeiten. Diese galt es, im Rahmen einer vertiefenden Regressionsanalyse aufzuzeigen.



### 9.3 Ergebnisse der Regressionsanalyse

Die Merkmale DTV-Wert, zulässige Höchstgeschwindigkeit und Ferienverkehrsfaktor lagen als metrische Kenngrößen vor. Für den Jahresganglinientyp mit diskreten Werten zwischen 1 und 7 war aufgrund der unregelmäßigen Stufen nicht von einer Intervallskalierung auszugehen, deren Verwendung grundsätzlich zulässig gewesen wäre. Daher wurde das ordinalskalierte Merkmal für die Regressionsanalyse in dichotome Variablen (Typ 1 bis 7) jeweils mit den Ausprägungen ja/nein (Codierung 1 und 2, 1 = ja, 2 = nein) zerlegt.

Da die Merkmale Verkehrsstärke je Fahrstreifen, DTV-Wert je Fahrstreifen und Auslastungsgrad nicht unabhängig voneinander sind und in den vorangegangenen Analysen jedoch gleichwertig durchaus nennenswerte Korrelationen zum Merkmal Verkehrsveränderung aufwiesen, wurden 3 getrennte Regressionsanalysen durchgeführt mit dem Ziel, diejenige Kenngröße als Hauptmerkmal zu identifizieren, die die höchsten Bestimmtheitsmaße aufweisen würde. Zudem waren aufgrund der vorhergehenden Auswertungen für das Merkmal Fahrstreifenreduktion bezüglich der Abhängigkeiten erhebliche Unterschiede festzustellen, sodass eine weitere Aufteilung in jeweils 4 Regressionsanalysen notwendig erschien. Hierdurch ergaben sich die im Folgenden aufgeführten 12 Regressionsanalysen (Tabelle 23 bis Tabelle 25).

Die linken Tabellenspalten enthalten die jeweils für die Regressionsanalysen verwendeten Kenngrößen, wobei der Jahresganglinienfaktor aufgrund der Dichotomisierung einzeln aufzuführen war. Die mittleren Tabellenspalten beinhalten die partiellen Bestimmtheitsmaße, d. h. die Bestimmtheitsmaße, die die jeweiligen Kenngrößen zum Regressionsmodell beitragen, während die rechten Tabellenspalten die kumulierten Bestimmtheitsmaße angeben, d. h. den Grad der Bestimmtheit für das gesamte Regressionsmodell.

Zunächst fällt auf, dass das kumulierte Bestimmtheitsmaß für die Reduktion von 2 auf 1 Fahrstreifen mit 0,390 gegenüber den übrigen Modellen (Beibehaltung von 2 bzw. 3 Fahrstreifen sowie Reduktion von 3 auf 2 Fahrstreifen) deutlich höher ist, d. h., das Modell ist durch die verwendeten Kenngrößen zu fast 40 % erklärt (Tabelle 23). Hierzu trägt allerdings in großem Maße der Jahresganglinientyp 1 (entspricht Typ A) mit 0,22 bei. Dies deutet darauf

Einflussgrößen	Bestimmtheitsmaße	
	partiell	kumuliert
<b>Reduktion von 2 auf 1 Fahrstreifen</b>		
Verkehrsstärke je Fahrstreifen	0,023	0,023
Parallelnetz	0,001	0,024
zulässige Höchstgeschwindigkeit	0,068	0,092
Ferienverkehrsfaktor	0,002	0,095
Jahresganglinientyp 1	0,220	0,315
Jahresganglinientyp 2	0,006	0,320
Jahresganglinientyp 3	0,053	0,373
Jahresganglinientyp 4	0,007	0,380
Jahresganglinientyp 5	0,000	0,380
Jahresganglinientyp 6	0,010	0,390
Jahresganglinientyp 7	0,000	0,390
<b>Beibehaltung von 2 Fahrstreifen</b>		
Verkehrsstärke je Fahrstreifen	0,004	0,004
Parallelnetz	0,006	0,010
zulässige Höchstgeschwindigkeit	0,001	0,011
Ferienverkehrsfaktor	0,010	0,021
Jahresganglinientyp 1	0,065	0,085
Jahresganglinientyp 2	0,000	0,085
Jahresganglinientyp 3	0,005	0,090
Jahresganglinientyp 4	0,001	0,091
Jahresganglinientyp 5	0,011	0,102
Jahresganglinientyp 6	0,001	0,103
Jahresganglinientyp 7	0,002	0,105
<b>Reduktion von 3 auf 2 Fahrstreifen</b>		
Verkehrsstärke je Fahrstreifen	0,021	0,021
Parallelnetz	0,001	0,022
zulässige Höchstgeschwindigkeit	0,000	0,022
Ferienverkehrsfaktor	0,002	0,024
Jahresganglinientyp 1	0,054	0,077
Jahresganglinientyp 2	0,095	0,172
Jahresganglinientyp 3	0,013	0,185
Jahresganglinientyp 4	0,000	0,185
Jahresganglinientyp 5	0,007	0,192
Jahresganglinientyp 6	0,009	0,200
Jahresganglinientyp 7	0,000	0,200
<b>Beibehaltung von 3 Fahrstreifen</b>		
Verkehrsstärke je Fahrstreifen	0,015	0,015
Parallelnetz	0,004	0,019
zulässige Höchstgeschwindigkeit	0,010	0,029
Ferienverkehrsfaktor	0,000	0,029
Jahresganglinientyp 1	0,004	0,033
Jahresganglinientyp 2	0,000	0,033
Jahresganglinientyp 3	0,069	0,103
Jahresganglinientyp 4	0,010	0,113
Jahresganglinientyp 5	0,000	0,113
Jahresganglinientyp 6	0,013	0,126
Jahresganglinientyp 7	0,000	0,126

Tab. 23: Regressionsanalysen getrennt nach Arbeitsstellentypen mit Verwendung der Einflussgröße „Verkehrsstärke je Fahrstreifen“

Einflussgrößen	Bestimmtheitsmaße	
	partiell	kumuliert
<b>Reduktion von 2 auf 1 Fahrstreifen</b>		
DTV je Fahrstreifen	0,016	0,016
Parallelnetz	0,000	0,016
zulässige Höchstgeschwindigkeit	0,068	0,084
Ferienverkehrsfaktor	0,002	0,086
Jahresganglinientyp 1	0,220	0,306
Jahresganglinientyp 2	0,006	0,312
Jahresganglinientyp 3	0,053	0,365
Jahresganglinientyp 4	0,008	0,373
Jahresganglinientyp 5	0,000	0,373
Jahresganglinientyp 6	0,011	0,384
Jahresganglinientyp 7	0,000	0,384
<b>Beibehaltung von 2 Fahrstreifen</b>		
DTV je Fahrstreifen	0,005	0,005
Parallelnetz	0,006	0,010
zulässige Höchstgeschwindigkeit	0,001	0,011
Ferienverkehrsfaktor	0,010	0,021
Jahresganglinientyp 1	0,065	0,086
Jahresganglinientyp 2	0,000	0,086
Jahresganglinientyp 3	0,005	0,090
Jahresganglinientyp 4	0,001	0,091
Jahresganglinientyp 5	0,011	0,102
Jahresganglinientyp 6	0,001	0,103
Jahresganglinientyp 7	0,002	0,105
<b>Reduktion von 3 auf 2 Fahrstreifen</b>		
DTV je Fahrstreifen	0,025	0,025
Parallelnetz	0,005	0,029
zulässige Höchstgeschwindigkeit	0,000	0,029
Ferienverkehrsfaktor	0,004	0,033
Jahresganglinientyp 1	0,054	0,086
Jahresganglinientyp 2	0,095	0,181
Jahresganglinientyp 3	0,018	0,199
Jahresganglinientyp 4	0,000	0,199
Jahresganglinientyp 5	0,004	0,203
Jahresganglinientyp 6	0,002	0,205
Jahresganglinientyp 7	0,000	0,205
<b>Beibehaltung von 3 Fahrstreifen</b>		
DTV je Fahrstreifen	0,001	0,001
Parallelnetz	0,001	0,002
zulässige Höchstgeschwindigkeit	0,006	0,008
Ferienverkehrsfaktor	0,003	0,011
Jahresganglinientyp 1	0,000	0,011
Jahresganglinientyp 2	0,009	0,020
Jahresganglinientyp 3	0,069	0,089
Jahresganglinientyp 4	0,010	0,099
Jahresganglinientyp 5	0,000	0,099
Jahresganglinientyp 6	0,007	0,106
Jahresganglinientyp 7	0,000	0,106

**Tab. 24:** Regressionsanalysen getrennt nach Arbeitsstellen-typen mit Verwendung der Einflussgröße „DTV je Fahrstreifen“

Einflussgrößen	Bestimmtheitsmaße	
	partiell	kumuliert
<b>Reduktion von 2 auf 1 Fahrstreifen</b>		
Auslastungsgrad	0,053	0,053
Parallelnetz	0,001	0,054
zulässige Höchstgeschwindigkeit	0,068	0,122
Ferienverkehrsfaktor	0,002	0,124
Jahresganglinientyp 1	0,220	0,344
Jahresganglinientyp 2	0,007	0,351
Jahresganglinientyp 3	0,025	0,376
Jahresganglinientyp 4	0,006	0,382
Jahresganglinientyp 5	0,000	0,382
Jahresganglinientyp 6	0,010	0,392
Jahresganglinientyp 7	0,000	0,392
<b>Beibehaltung von 2 Fahrstreifen</b>		
Auslastungsgrad	0,012	0,012
Parallelnetz	0,006	0,018
zulässige Höchstgeschwindigkeit	0,001	0,019
Ferienverkehrsfaktor	0,003	0,022
Jahresganglinientyp 1	0,065	0,087
Jahresganglinientyp 2	0,000	0,087
Jahresganglinientyp 3	0,008	0,095
Jahresganglinientyp 4	0,001	0,095
Jahresganglinientyp 5	0,011	0,106
Jahresganglinientyp 6	0,001	0,107
Jahresganglinientyp 7	0,002	0,108
<b>Reduktion von 3 auf 2 Fahrstreifen</b>		
Auslastungsgrad	0,004	0,004
Parallelnetz	0,001	0,005
zulässige Höchstgeschwindigkeit	0,003	0,008
Ferienverkehrsfaktor	0,002	0,010
Jahresganglinientyp 1	0,054	0,063
Jahresganglinientyp 2	0,095	0,158
Jahresganglinientyp 3	0,011	0,169
Jahresganglinientyp 4	0,000	0,169
Jahresganglinientyp 5	0,009	0,179
Jahresganglinientyp 6	0,008	0,187
Jahresganglinientyp 7	0,000	0,187
<b>Beibehaltung von 3 Fahrstreifen</b>		
Auslastungsgrad	0,008	0,008
Parallelnetz	0,003	0,010
zulässige Höchstgeschwindigkeit	0,006	0,016
Ferienverkehrsfaktor	0,000	0,016
Jahresganglinientyp 1	0,001	0,017
Jahresganglinientyp 2	0,009	0,026
Jahresganglinientyp 3	0,069	0,095
Jahresganglinientyp 4	0,010	0,105
Jahresganglinientyp 5	0,000	0,105
Jahresganglinientyp 6	0,007	0,112
Jahresganglinientyp 7	0,000	0,112

**Tab. 25:** Regressionsanalysen getrennt nach Arbeitsstellen-typen mit Verwendung der Einflussgröße „Auslastungsgrad“

hin, dass Verkehrsverlagerungen bei Arbeitsstellen mit Reduktion von 2 auf 1 Fahrstreifen insbesondere beim Berufsverkehr stattfinden. Für die übrigen Kenngrößen ergaben sich bei diesem Modell eher geringere Korrelationen, höhere Werte nahmen lediglich die zulässige Höchstgeschwindigkeit mit 0,068, der Jahresganglinientyp 3 mit 0,053 (entspricht Typ C) und die Verkehrsstärke je Fahrstreifen mit rd. 0,023 an.

Für den Arbeitsstellentyp mit Beibehaltung von 2 Fahrstreifen ergab sich insgesamt ein Bestimmtheitsmaß von nur 0,105, d. h., nur rd. 10 % des Modells sind durch die verwendeten Kenngrößen erklärbar. Hierbei sticht auch der Jahresganglinientyp 1 (entspricht Typ A) mit 0,065 deutlich hervor, d. h., auch hier scheint der Berufsverkehr auf Verkehrseinschränkungen durch Arbeitsstellen zu reagieren. Für die Modelle der Reduktion von 3 auf 2 Fahrstreifen ergab sich insgesamt ein kumuliertes Bestimmtheitsmaß von 0,20, wobei auch hier die Jahresganglinientypen 1 und 2 mit insgesamt fast 15 % einen sehr hohen Anteil besitzen. Für das Modell unter Beibehaltung von 3 Fahrstreifen ergab sich insgesamt nur ein Bestimmtheitsmaß von 0,126, wobei hier allerdings der Jahresganglinientyp 3 (entspricht Typ C) einen höheren Anteil einnimmt.

Wird anstelle der Verkehrsstärke je Fahrstreifen der DTV-Wert je Fahrstreifen als Modellparameter verwendet (Tabelle 24), ergeben sich gegenüber den vorherigen Ausprägungen nur geringfügige Unterschiede, Gleiches gilt für den Auslastungsgrad (Tabelle 25). Hieraus ist die deutliche Abhängigkeit der drei Kenngrößen voneinander ersichtlich. Im Rahmen der weiteren Analysen könnten alle drei Kenngrößen nahezu gleichrangig verwendet werden, es wird im folgenden jedoch die Verkehrsstärke je Fahrstreifen bevorzugt, da diese Kenngröße durch Betrachtung der Stundenwerte direkt ermittelbar ist und gegenüber dem DTV-Wert auch die tageszeitlichen Schwankungen berücksichtigt. Der Auslastungsgrad schließt demgegenüber auch stets eine Leistungsfähigkeitsgrenze mit ein, wodurch eine isolierte Betrachtungsweise erschwert wird.

## Fazit

Die Regressionsanalysen zeigen zwar je nach Arbeitsstellentyp mehr oder weniger starke Korrelationen zwischen der Verkehrsveränderung und den einzelnen betrachteten Modellkenngößen, eindeutige Abhängigkeiten sind jedoch hier nicht feststellbar. Die Bestimmtheitsmaße unterstreichen die in

den Punktwolkengrafiken dargestellten Steuerungsbereiche und untermauern die These, dass kaum zwingende Abhängigkeiten, d. h. eindeutig herleitbare Zusammenhänge, zwischen der Verkehrsveränderung infolge von Arbeitsstellen und die möglichen Einflussfaktoren ermittelt werden können.

## 10 Clusteranalysen

### 10.1 Vorgehensweise

Zur weiteren Untersuchung möglicher Zusammenhänge zwischen Belastungsänderungen und den verschiedenen verkehrstechnischen Kenngrößen wurden Clusteranalysen durchgeführt. Hierbei kam das Verfahren zur Bestimmung disjunkter Cluster auf der Basis euklidischer Distanzen zur Anwendung, das insbesondere für große Datenmengen geeignet ist. Die Beobachtungen werden auf die Cluster in der Weise aufgeteilt, dass jede Beobachtung nur einem einzigen Cluster zugeordnet wird. Die Clusteranalysen wurden mit dem Statistik-Softwarepaket SAS (Statistical Analysis System) durchgeführt.

Bei einer Clusteranalyse wird zunächst eine Menge von Punkten, d. h. Beobachtungen, versuchsweise als Cluster-„Keime“ (sog. „Seeds“) bzw. als Ausgangspunkte für den Clusterprozess ausgewählt. Jede Beobachtung wird demjenigen Cluster zugeordnet, dessen Schwerpunkt ihm am nächsten liegt. Die vorläufigen bzw. ursprünglichen Cluster werden dann durch die Mittelwerte der ihnen zugeordneten neuen Cluster ersetzt, bis nur noch minimale Veränderungen vorhanden sind. Dieser Prozess wird so oft wiederholt, bis minimale Änderungen für die Cluster-„Seeds“ auftreten. Abschließend erfolgt die Zuordnung der Beobachtungen zu denjenigen Clustern mit den jeweils am nächsten liegenden Cluster-„Seeds“ bzw. Clusterschwerpunkten.

Clusteranalysen erfordern grundsätzlich metrische Daten. Weitere Voraussetzung ist, dass die Variablen im gleichen Wertebereich normiert sein sollten, da andernfalls Verzerrungen bei den Distanzberechnungen auftreten können. Insbesondere würden die Variablen mit den höchsten Wertebereichen entsprechend ihren Absolutwerten die Clusterung bestimmen. Schließlich sollten die Ausgangsvariablen möglichst unkorreliert sein, was jedoch in der Praxis kaum zu erreichen ist.

Unter Berücksichtigung der anhand der Regressionsanalysen getroffenen Vorauswahl standen für die Clusteranalyse folgende Variablen grundsätzlich zur Verfügung:

- Faktor der Verkehrsveränderung,
- Arbeitsstellentyp bzw. Arbeitsstellen mit/ohne Fahrstreifenreduktion,
- Verkehrsstärke je Fahrstreifen,
- Auslastungsgrad,
- Ferienverkehrsfaktor,
- zulässige Höchstgeschwindigkeit,
- Länge der Arbeitsstelle,
- Parallelstrecke im nachgeordneten Netz vorhanden (1 = nein, 2 = teilweise, 3 = ja),
- Jahresganglinientyp des betreffenden Streckenabschnitts.

Alle übrigen Einflussgrößen wurden nicht berücksichtigt, da diese entweder mit den oben genannten stark korrelieren (z. B. DTV-Wert) oder sich aus den vorangegangenen Analysen herausgestellt hatte, dass diese einen zu geringen Einfluss auf arbeitsstellenbedingte Verkehrsveränderungen hatten. Zur letztgenannten Gruppe zählen folgende Einflussgrößen:

- Dauer der Arbeitsstelle,
- Schwerverkehrsanteil,
- Lastzugfaktor,
- Freitags- und Sonntagsfaktoren,
- Wochenganglinientyp,
- Dauerlinientyp,
- Gebietskategorie (Ballungsraum, Ballungsraumrandgebiet, ländlicher Raum),
- Ortsdurchfahrtenanteil der Parallelstrecke (gering, mittel, hoch),
- durch Arbeitsstellen bedingte Verlustzeiten aus dem QuantAS-Programm.

Der Wertebereich der Verkehrsstärke je Fahrstreifen nahm Werte von bis zu rd. 2.500 Kfz/h an. Gegenüber dem Faktor für die durch Arbeitsstellen bedingte Verkehrsveränderung (Wertebereich ca. zwi-

schen 0,5 und 2) liegen diese Werte damit um mehrere Größenordnungen höher und würden ohne Veränderung die Clusteranalyse stark verzerren. Daher wurden alle in die Clusteranalyse integrierten Einflussgrößen anhand ihrer Maximalwerte normiert, sodass der Wertebereich aller Variablen zwischen 0 und 1 lag.

Die Angaben über die Parallelstrecke wurden dichotomisiert, d. h. in 3 Variablen jeweils mit den Merkmalsausprägungen 0 (= nein) bzw. 1 (= ja) aufgeteilt. Damit wurde gleichzeitig die Voraussetzung für die Clusteranalyse geschaffen, dass der normierte Wertebereich zwischen 0 und 1 liegt. Nach Durchführung der Clusteranalyse wurden die dichotomisierten Werte zur übersichtlichen Darstellung innerhalb der einzelnen Ausprägungen entsprechend ihren Häufigkeiten gemittelt.

Aus den zur Verfügung stehenden Kenngrößen wurden im Hinblick auf eine gute Handhabbarkeit die folgenden Einflussfaktoren ausgewählt:

- Faktor der Verkehrsveränderung,
- Arbeitsstellentyp bzw. Arbeitsstellen mit/ohne Fahrstreifenreduktion (0,25 = Reduktion von 2 auf 1 Fahrstreifen; 0,5 = Beibehaltung von 2 Fahrstreifen; 0,75 = Reduktion von 3 auf 2 Fahrstreifen; 1,0 = Beibehaltung von 3 Fahrstreifen),
- Ferienverkehrsfaktor,
- Parallelstrecke im nachgeordneten Netz vorhanden (1 = nein, 2 = teilweise, 3 = ja),
- Länge der Arbeitsstelle,
- zulässige Höchstgeschwindigkeit.

Der Ferienverkehrsfaktor als metrische Kenngröße lässt eine leichtere Beurteilung zu als der dichotomisierte Jahresganglinientyp, beide geben in ähnlicher Weise Hinweise auf Unterschiede zwischen Berufs- und Fernverkehr (bzw. Fernreiseverkehr). Daher wurde auf den Jahresganglinientyp verzichtet.

Die Kenngröße Verkehrsstärke je Fahrstreifen wurde aus der Clusteranalyse zunächst entfernt, da hierfür stärkere Abhängigkeiten zu erwarten waren und daher nicht nur die Clustermittelwerte, sondern die gesamte Bandbreite in Form einer Funktion (Verkehrsveränderung in Abhängigkeit von der Verkehrsstärke) relevant wären. Die Clusteranalyse wurde zur Erhöhung der Datenbasis mit den zur Verfügung stehenden 4.200 Einzelstundenwerten durchgeführt.

## 10.2 Ergebnisse

Die Ergebnisse der zunächst für alle Arbeitsstellentypen zusammen durchgeführten Clusteranalyse sind in Tabelle 26 dargestellt. Das Cluster 2 ist aufgrund der überwiegenden Mehrzahl der Beobachtungen (n = 2.260) als Hauptcluster anzusehen. Hierin befinden sich Arbeitsstellenrichtungen mit nur geringer Verkehrsveränderung von im Mittel 1,2 %, dies sind offensichtlich meist Arbeitsstellenrichtungen mit Beibehaltung von zwei Fahrstreifen. Ein paralleles nachgeordnetes Netz ist häufig nicht vorhanden, die Arbeitsstellenlänge liegt mit rund 3 km im Mittelmaß, ebenso die zulässige Höchstgeschwindigkeiten mit unter 80 km/h.

Die Mittelwerte der übrigen Cluster variierten gegenüber dem Cluster 2 nur geringfügig, lediglich im

Cluster 3 befinden sich vornehmlich lange Arbeitsstellen mit gutem Parallelroutennetz, jedoch niedrigerem Verlagerungseffekt. Das Cluster 1 zeichnet sich insbesondere durch Arbeitsstellen ohne Parallelnetz aus (1,0). Dennoch ergibt die zusammenfassende Clusterung über alle 4 Arbeitsstellentypen nur geringe Unterschiede zwischen den Clustern und bildet nur unzureichend eine Kombination aus den Typen und den übrigen Merkmalen ab. Zudem variiert der Verlagerungseffekt kaum, sodass keine Abhängigkeiten in der Form erkennbar sind, dass z. B. besonders hohe Verlagerungen stets in Kombination mit ganz bestimmten Merkmalen auftreten.

Die den Clustern zugehörigen Punktwolkengrafiken (Bilder 98 bis 101) bestätigen die stärkere Streuung und die nur geringen Abhängigkeiten der Faktoren

Cluster-Nr.	Anzahl Beobachtungen je Cluster	Faktor Verkehrsveränderung	Faktor Arbeitsstellentyp	Ferienverkehrsfaktor	Parallelnetz 1 = nicht vorh. 3 = vorhanden	Arbeitsstellenlänge	V <sub>zul</sub>
1	842	0,982	0,52	0,99	1,0	3,1	77
2	2.260	0,988	0,47	1,01	2,7	3,2	75
3	40	0,986	0,41	1,03	3,0	17,5	75
4	725	0,986	0,97	0,98	2,2	2,6	77

Tab. 26: Ergebnisse der Clusteranalyse für alle Arbeitsstellentypen

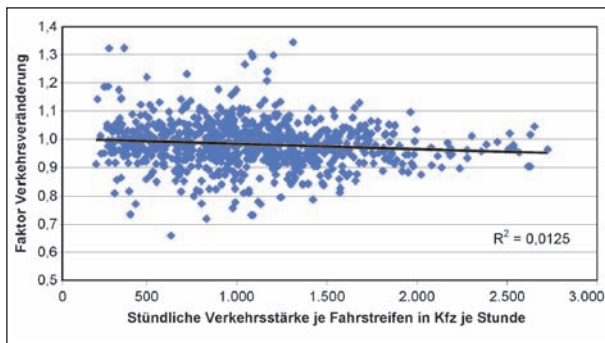


Bild 98: Korrelation zwischen der Verkehrsveränderung und der Verkehrsstärke für Cluster 1 (alle Arbeitsstellentypen)

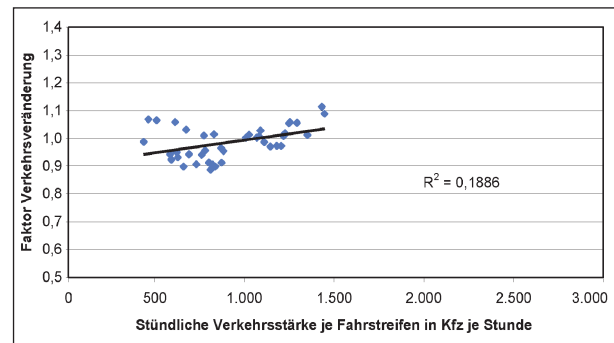


Bild 100: Korrelation zwischen der Verkehrsveränderung und der Verkehrsstärke für Cluster 3 (alle Arbeitsstellentypen)

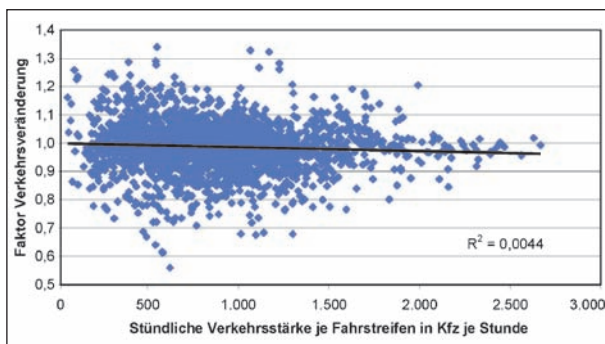


Bild 99: Korrelation zwischen der Verkehrsveränderung und der Verkehrsstärke für Cluster 2 (alle Arbeitsstellentypen)

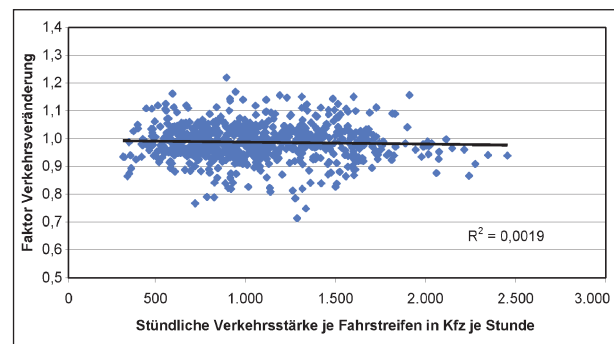


Bild 101: Korrelation zwischen der Verkehrsveränderung und der Verkehrsstärke für Cluster 4 (alle Arbeitsstellentypen)

für die Verkehrsveränderung von der stündlichen Verkehrsstärke sowie die geringe Variationen der Cluster 1, 2 und 4. Das Cluster 3 zeigt sogar eine gegenläufige Abhängigkeit, das heißt eine geringere Verlagerung mit steigender Verkehrsstärke. Aufgrund der geringen Unterschiede zwischen den Clustern erscheint eine gemeinsame Betrachtung aller Arbeitsstellen wenig sinnvoll, sodass im Folgenden nach Typen mit und ohne Fahrstreifenreduktion differenziert wurde.

Die Clusteranalyse für Arbeitsstellen mit Fahrstreifenreduktion ergab 3 Cluster, wobei hier eine stärkere Variation der einzelnen Kenngrößen zu beobachten war (Tabelle 27). Cluster 1 zeigt eine starke Verlagerung von rd. 3,5 % bei nicht vorhandenem Parallelroutennetz und hoher Arbeitsstellenlänge. Das Hauptcluster 2 mit 460 Beobachtungen weist geringere Verlagerungseffekte auf, wobei hier ein gutes Parallelroutennetz vorhanden war (Wert für Parallelroutennetz = 2,63). Das Cluster 3 zeichnet sich eher durch den Berufsverkehr aus ( $fer < 1$ ), wobei hier keine parallelen Strecken vorhanden waren. Hieraus ist abzuleiten, dass höhere Verlagerungen eher durch den Berufsverkehr generiert werden, wobei es offensichtlich nicht unbedingt auf das Vorhandensein eines guten Parallelroutennetzes ankommt.

Die Clusteranalyse ohne Fahrstreifenreduktion zeigte wiederum ein Hauptcluster mit hoher Stichprobe und geringen Verkehrsverlagerungen (rd. 1 %). Hierin war offensichtlich ein Großteil der innerhalb der Gesamtstichprobe festgestellten Streuungen enthalten. Das mit nur 75 Beobachtungen sehr kleine Cluster 2 umfasste ungewöhnlich lange Arbeitsstellen mit gutem Parallelroutennetz und auffallend geringen zulässigen Höchstge-

schwindigkeiten (rd. 71 km/h). Die Unterschiede zwischen Cluster 1 und 3 waren bezüglich der Verlagerungen zu gering (-1,1 % bzw. -1,4 %), um Abhängigkeiten bestimmter Merkmalskombinationen herzuleiten.

Zur Verdeutlichung der Merkmalsausprägungen der einzelnen Cluster wurden die Mittelwerte der jeweiligen Cluster anhand der folgenden Werte normiert:

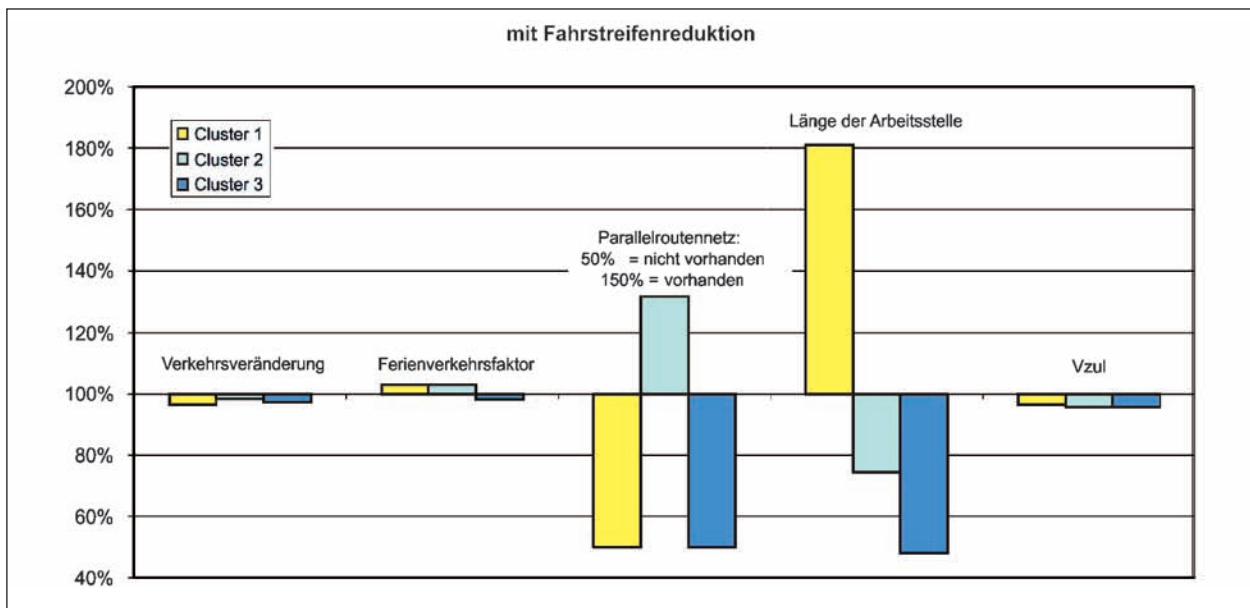
- Arbeitsstellenlänge 5 km,
- Parallelnetz teilweise vorhanden (entspricht 100 %; 50 % entsprechen „nicht vorhanden“ und 150 % „vorhanden“),
- zulässige Höchstgeschwindigkeit 80 km/h.

Die prozentualen Abweichungen zu den oben genannten Werten wurden hierbei je Cluster grafisch aufgetragen (Bild 102 und Bild 103) und unterstreichen die o. g. Erläuterungen.

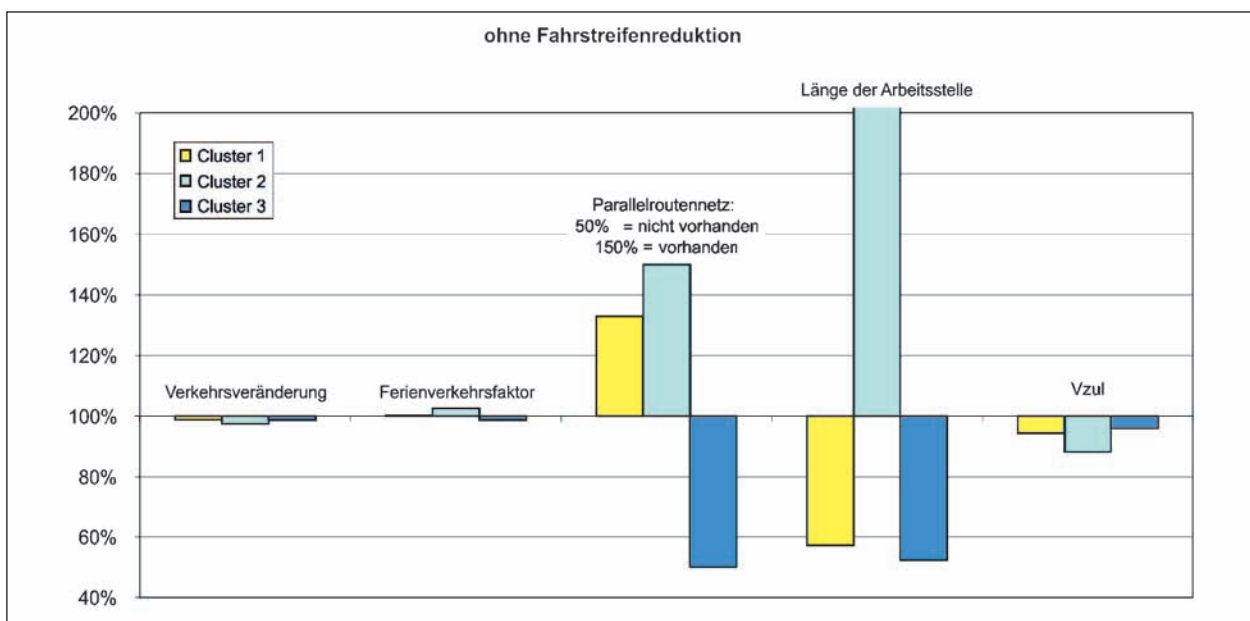
Aus den den Clustergruppen zugehörigen Punktwolkengrafiken (Bild 104 bis Bild 106) für Arbeitsstellen mit Fahrstreifenreduktion sind für die Cluster 2 und 3 zunehmende Verkehrsabnahmen mit steigender Verkehrsstärke deutlich erkennbar. Für das Cluster 1 ergab sich eine gegenläufige Tendenz, offenbar wurden hier lange Arbeitsstellen mit ungewöhnlichen (streuenden) Verlagerungswerten zugeordnet, die für die Bildung systematischer Abhängigkeiten nicht herangezogen werden können. Die Steigungen der Regressionsgeraden für die Cluster 2 und 3 sind ähnlich hoch, sämtliche Bestimmtheitsmaße liegen mit 0,03 jedoch deutlich unterhalb verwertbarer Zusammenhänge.

Cluster-Nr.	Anzahl Beobachtungen je Cluster	Faktor Verkehrsveränderung	Ferienverkehrsfaktor	Parallelnetz 1 = nicht vorh. 3 = vorhanden	Arbeitsstellenlänge	V <sub>zul</sub>
<b>Clusteranalyse für Arbeitsstellen mit Fahrstreifenreduktion (von 2 auf 1 und von 3 auf 2 Fahrstreifen)</b>						
1	70	0,965	1,03	1,00	9,1	77,1
2	460	0,983	1,03	2,63	3,7	76,5
3	202	0,973	0,98	1,00	2,4	76,5
<b>Clusteranalyse für Arbeitsstellen ohne Fahrstreifenreduktion (Beibehaltung von 2 oder 3 Fahrstreifen)</b>						
1	2.329	0,989	1,00	2,66	2,9	75,5
2	75	0,975	1,03	3,00	11,8	70,7
3	725	0,986	0,99	1,00	2,6	76,8

Tab. 27: Ergebnisse der Clusteranalyse für Arbeitsstellentypen mit und ohne Fahrstreifenreduktion



**Bild 102:** Ergebnisse der Clusteranalyse für Arbeitsstellentypen mit Fahrstreifenreduktion



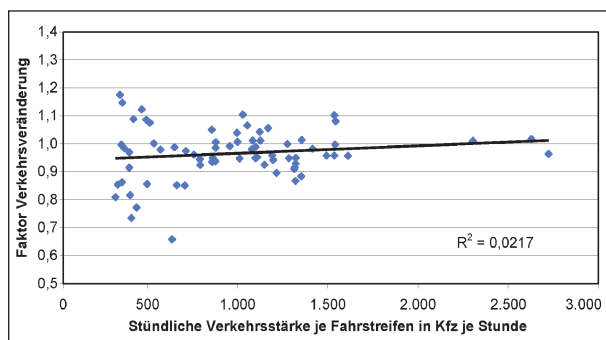
**Bild 103:** Ergebnisse der Clusteranalyse für Arbeitsstellentypen ohne Fahrstreifenreduktion

Die Grafiken ohne Fahrstreifenreduktion (Bild 107 bis Bild 109) verdeutlichen die bisher festgestellten hohen Streuungen. Das bezüglich der Stichprobenmenge umfangreiche Cluster 1 zeigt anhand der Regressionsgeraden nur unwesentliche Abhängigkeiten von der Verkehrsstärke. Insgesamt lassen sich hieraus keine systematischen Zusammenhänge herleiten.

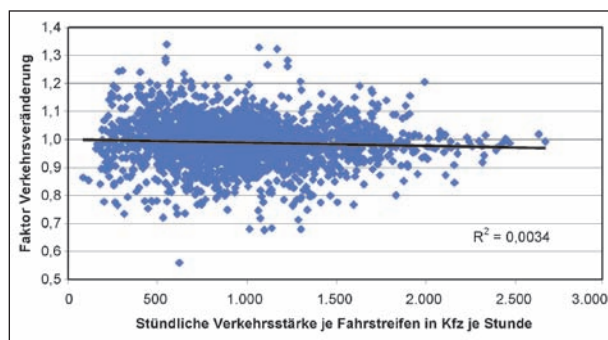
Aufgrund der o. g. Ergebnisse lag es nahe, auch getrennt für alle 4 Arbeitsstellentypen jeweils eine Clusteranalyse durchzuführen (s. Tabelle 28). Für die Arbeitsstellen mit Reduktion von 2 auf 1 Fahr-

streifen waren die Cluster 2 und 3 mit Ausnahme des Merkmals „Parallelrouten“ sehr ähnlich. Die Verkehrsabnahmen betragen im Mittel 2,6 % (Cluster 2) bzw. 3,0 % (Cluster 3). Das Cluster 1 enthält eine Restgruppe mit extrem langen Arbeitsstellen mit negativer „Verlagerung“ und einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von deutlich über 80 km/h.

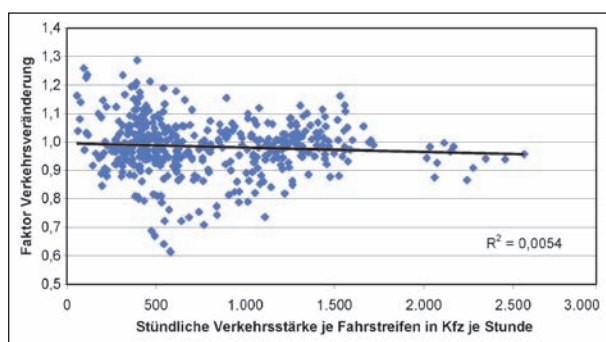
Für die Arbeitsstellentypen mit Beibehaltung von 2 Fahrstreifen ergaben sich lediglich 2 Cluster, die sich hinsichtlich der Verlagerung (1 % bzw. 2 %) voneinander unterschieden. Eine Tendenz zu höhe-



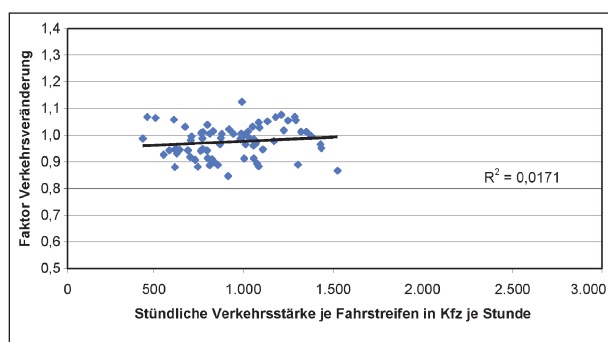
**Bild 104:** Korrelation zwischen der Verkehrsveränderung und der Verkehrsstärke für Cluster 1 (Arbeitsstellentypen mit Fahrstreifenreduktion)



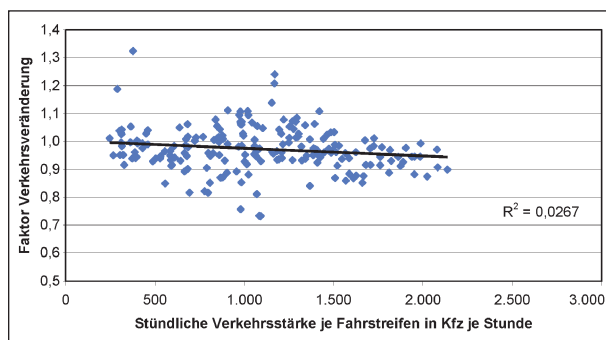
**Bild 107:** Korrelation zwischen der Verkehrsveränderung und der Verkehrsstärke für Cluster 1 (Arbeitsstellentypen ohne Fahrstreifenreduktion)



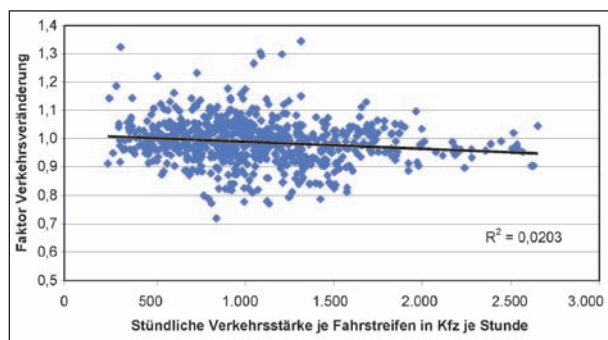
**Bild 105:** Korrelation zwischen der Verkehrsveränderung und der Verkehrsstärke für Cluster 2 (Arbeitsstellentypen mit Fahrstreifenreduktion)



**Bild 108:** Korrelation zwischen der Verkehrsveränderung und der Verkehrsstärke für Cluster 2 (Arbeitsstellentypen ohne Fahrstreifenreduktion)



**Bild 106:** Korrelation zwischen der Verkehrsveränderung und der Verkehrsstärke für Cluster 3 (Arbeitsstellentypen mit Fahrstreifenreduktion)



**Bild 109:** Korrelation zwischen der Verkehrsveränderung und der Verkehrsstärke für Cluster 3 (Arbeitsstellentypen ohne Fahrstreifenreduktion)

ren Verlagerungen mit zunehmender Arbeitsstellenlänge war schwach erkennbar.

Ähnlich geringe Unterschiede zwischen den Clustern konnten für Arbeitsstellen mit Reduktion von 3 auf 2 Fahrstreifen ermittelt werden. Das Vorhandensein eines ausreichenden nachgeordneten Parallelroutennetzes schien jedoch eher zu einer geringeren Verkehrsabnahme zu führen (1 % Verlagerung mit Parallelroutennetz und 2 % Verlagerung ohne Parallelroutennetz). Derartige gegenläufige und damit für ein Modell nicht verwertbare Abhän-

gigkeiten kommen bei stark streuenden Stichproben häufig vor und belegen die Komplexität der Zusammenhänge.

Ähnliches gilt auch für die Gruppe der Typen mit Beibehaltung von 3 Fahrstreifen. Aus der Clusteranalyse ergaben sich 2 Gruppen, von denen eine keine Verlagerung aufwies, während die andere Gruppe in etwa die Durchschnittswerte aller Arbeitsstellen abbildete (Verlagerung im Mittel 1,6 %, Parallelroutennetz teilweise vorhanden).



Cluster-Nr.	Anzahl Beobachtungen je Cluster	Faktor Verkehrsveränderung	Faktor Arbeitsstellentyp	Ferienverkehrsfaktor	Parallelnetz 1 = nicht vorh. 3 = vorhanden	Arbeitsstellenlänge
<b>Clusteranalyse für Arbeitsstellen mit Reduktion von 2 auf 1 Fahrstreifen</b>						
1	20	1,037	1,09	2,00	14,6	90,0
2	187	0,974	1,02	1,51	4,2	77,3
3	235	0,970	1,03	3,00	2,8	76,2
<b>Clusteranalyse für Arbeitsstellen mit Beibehaltung von 2 Fahrstreifen</b>						
1	2.219	0,990	1,00	2,22	2,6	75,3
2	255	0,979	1,02	2,90	8,0	74,9
<b>Clusteranalyse für Arbeitsstellen mit Reduktion von 3 auf 2 Fahrstreifen</b>						
1	165	0,980	0,98	1,00	3,2	77,0
2	81	0,993	1,03	2,08	3,7	72,3
3	39	0,990	1,00	3,00	4,4	77,9
<b>Clusteranalyse für Arbeitsstellen mit Beibehaltung von 3 Fahrstreifen</b>						
1	545	0,984	0,98	2,18	1,5	77,8
2	100	0,996	1,00	2,60	6,6	77,0

Tab. 28: Ergebnisse der Clusteranalyse für die Trennung nach 4 Arbeitsstellentypen

Insgesamt kann festgehalten werden, dass eine Trennung nach 4 verschiedenen Arbeitsstellentypen eher eine zu starke Differenzierung bewirkt, die eine Ableitung systematischer Abhängigkeiten stark erschwert.

### Fazit

Jeweils eine Clusteranalyse nach den 2 Arbeitsstellentypen mit und ohne Fahrstreifenreduktion führte zu einer weitgehend verwendbaren Ausprägung der für eine mögliche Modellbildung notwendigen Merkmale. Als wesentliche Kenngröße für die Modellbildung kann der Ferienverkehrsfaktor aus der Clusteranalyse für Arbeitsstellentypen mit Fahrstreifenreduzierung verwendet werden, wobei aufgrund der vorliegenden Ergebnisse eine Abgrenzung kleiner und größer 1 sinnvoll erscheint. Die Werte kleiner 1 repräsentieren den Berufsverkehr, während die Werte größer 1 eher dem Fernverkehr zuzuordnen sind.

Aufgrund der hohen Streuungen erbrachten jedoch auch die Clusteranalysen mit Ausnahme des Ferienverkehrsfaktors keine weiteren, stark ausgeprägten Merkmalsdifferenzierungen, sodass im Folgenden anhand von Thesen unter Zuhilfenahme von Klasseneinteilungen eine Modellidentifizierung vorgenommen wird.

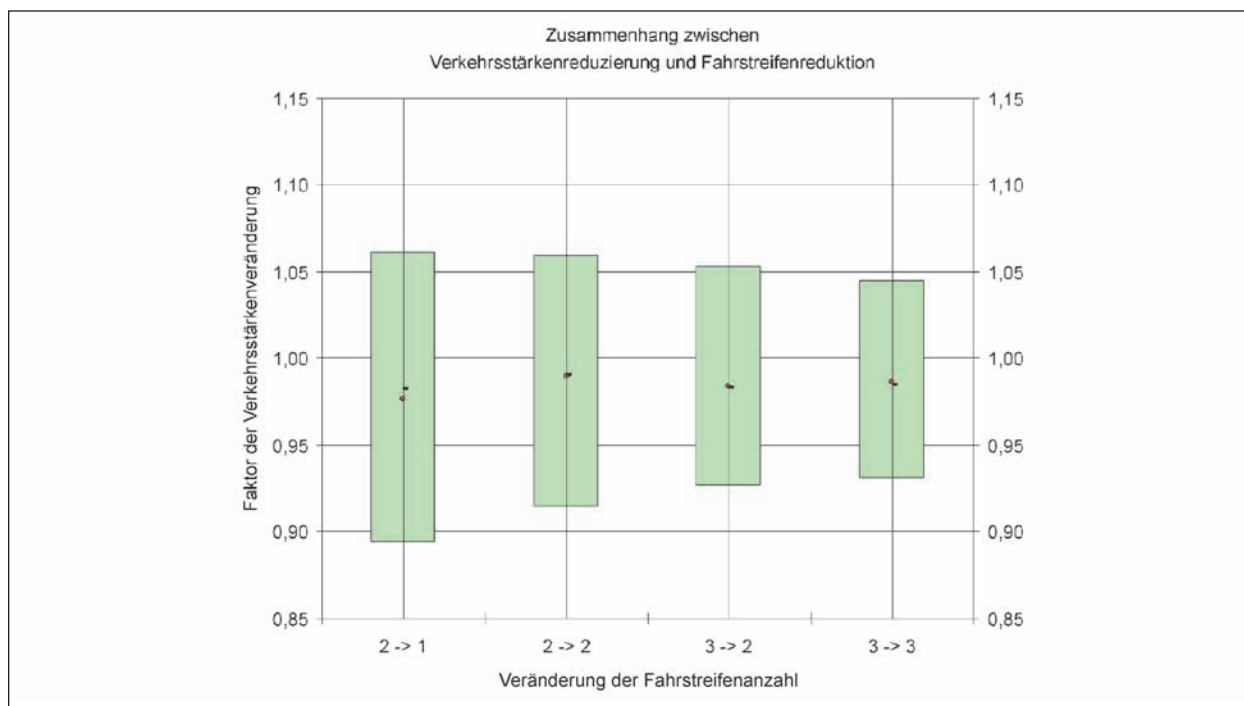
## 11 Hypothesen

In einem Untersuchungsansatz, der die Ergebnisse der Regressions- und Clusteranalyse ergänzt, wurden unterschiedliche Hypothesen anhand einfacher statistischer Auswertungen durchgeführt. Sie dienen im Wesentlichen dazu, die Untersuchungsergebnisse zu verdeutlichen.

Um mögliche Abhängigkeiten zu erkennen, erfolgten eine Klasseneinteilung und Auswertung in Box-Whisker-Diagrammen. Ausgewiesen sind neben den Maximal- und den Minimalwerten in jeder Klasse die 15%- und die 85%-Quantile sowie arithmetisches Mittel und Median.

### **Hypothese 1: Abnahmen der Verkehrsstärken ergeben sich insbesondere dann, wenn die Fahrstreifenanzahl von 2 auf 1 oder von 3 auf 2 reduziert wird**

Inbesondere bei Reduzierungen von 2 auf 1 Fahrstreifen, aber auch in geringerem Umfang bei Reduzierungen von 3 auf 2 Fahrstreifen ergeben sich Abnahmen der Verkehrsbelastungen, die über den Werten liegen, wenn die Anzahl der Fahrstreifen konstant gehalten wird. Die Hypothese wird durch die ausgewerteten Daten bestätigt (vgl. Bild 110 und Tabelle 29).



**Bild 110:** Zusammenhang zwischen der Verkehrsführung in der Arbeitsstelle und den Verkehrsabnahmen

Gruppe	Faktor	Veränderung	n
2->1	0,97710	-2,29 %	542
2->2	0,99000	-1,00 %	2.665
3->2	0,98381	-1,62 %	325
3->3	0,98655	1,35 %	665

**Tab. 29:** Zusammenhang zwischen der Verkehrsführung in der Arbeitsstelle und der Verkehrsabnahmen

**Hypothese 2: Für Arbeitsstellenbereiche mit hohen Verkehrsbelastungen ergeben sich stärkere Belastungsabnahmen als in Bereichen mit niedrigen Verkehrsbelastungen**

Die Grafik in Bild 111 zeigt deutlich, dass mit zunehmender Verkehrsbelastung durch arbeitsstellenbedingte Verkehrsabnahmen zu erwarten sind. Allerdings trüben die Kenngrößen in den Belastungsbereichen 1.400 Kfz/h bis 1.600 Kfz/h und 1.600 Kfz/h bis 1.800 Kfz/h das Bild. Ursachen hierfür lassen sich nicht auf Anhieb erkennen. Generell scheint die These allerdings zuzutreffen (vgl. Bild 111 und Tabelle 30).

**Hypothese 3: Für Arbeitsstellenbereiche, bei denen eine attraktive Alternativstrecke vorhanden ist, ergeben sich signifikant höhere Belastungsabnahmen**

Die Qualität der Alternativstrecken scheint keinen Einfluss auf die Verkehrsbelastungen im Arbeits-

Gruppe (Kfz/h)	Faktor	Veränderung	n
< 200	1,01223	1,22 %	41
200-400	0,99844	-0,16 %	304
400-600	0,99685	-0,31 %	575
600-800	0,98880	-1,12 %	772
800-1.000	0,98927	-1,07 %	752
1.000-1.200	0,98128	-1,87 %	620
1.200-1.400	0,97291	-2,71 %	472
1.400-1.600	0,98556	-1,44 %	308
1.600-1.800	0,99709	-0,29 %	181
> 1.800	0,96855	-3,15 %	172

**Tab. 30:** Zusammenhang zwischen der Verkehrsstärke in der Arbeitsstelle und der Verkehrsabnahme

Gruppe	Faktor	Veränderung	n
nicht vorhanden	0,98073	-1,93 %	1.067
teilweise vorhanden	0,99954	-0,05 %	990
vorhanden	0,98307	-1,69 %	2.010

**Tab. 31:** Zusammenhang zwischen der Verfügbarkeit einer Alternativstrecke und der Verkehrsabnahme

stellenbereich zu haben. Die Hypothese wird nicht bestätigt (vgl. Bild 112 und Tabelle 31).

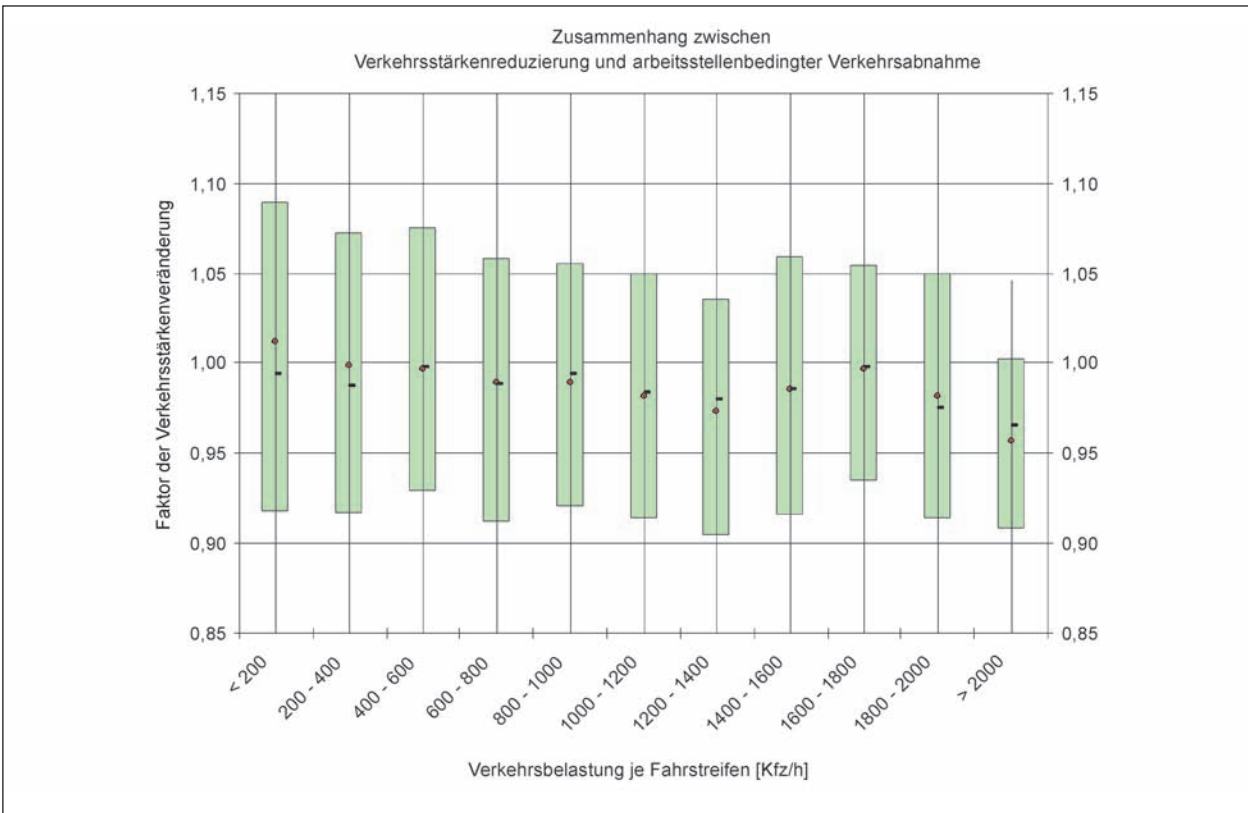


Bild 111: Zusammenhang zwischen der Verkehrsstärke in der Arbeitsstelle und der Verkehrsabnahme

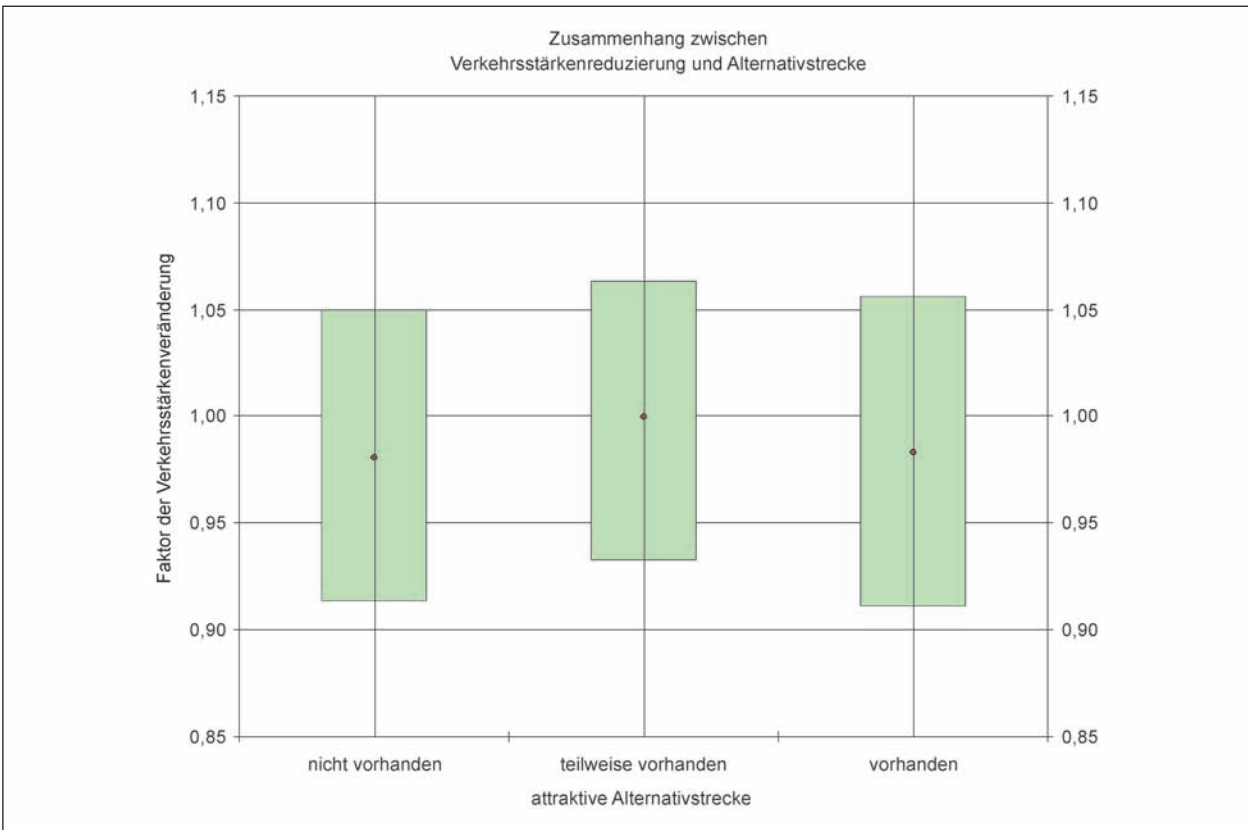


Bild 112: Zusammenhang zwischen der Verfügbarkeit einer Alternativstrecke und der Verkehrsabnahme

**Hypothese 4: Für Arbeitsstellenbereiche mit hohem Anteil ortskundiger Verkehrsteilnehmer (Ballungsraum) ergeben sich signifikant höhere Verlagerungswirkungen als bei Arbeitsstellenbereichen mit hohem Fernverkehrsanteil**

Zwischen dem Ferienverkehrsfaktor und der Belastungsänderung während der Arbeitsstellenzeit scheint ein eindeutiger Zusammenhang zu bestehen. Offenbar ist die Bereitschaft, Alternativstrecken zu nutzen, in BAB-Netzbereichen mit hohem Kurzstreckenanteil höher als in Bereichen mit ausgeprägtem Fernverkehrscharakter. Die These ist somit bestätigt (vgl. Bild 113 und Tabelle 32).

Gruppe (Fer)	Faktor	Veränderung	n
< 0,90	0,96779	-3,22 %	90
< 0,95	0,97704	-2,30 %	857
< 1,00	0,98445	-1,56 %	1.220
< 1,05	0,99003	-1,00 %	1.040
< 1,10	0,99381	-0,62 %	600
< 1,15	0,99400	-0,60 %	180
> = 1,15	1,01642	-1,64 %	210

Tab. 32: Zusammenhang zwischen dem Ferienverkehrsfaktor und der Verkehrsabnahme

Allerdings weisen die Strecken im Bereich von Ballungsräumen in der Regel auch höhere Verkehrsbelastungen in den Spitzenstunden auf, die sich in einer verstärkten Verlagerungswirkung äußern (vgl. Bild 113 und Tabelle 32).

**Hypothese 5: Für lange Arbeitsstellenbereiche ergeben sich stärkere Verkehrsabnahmen als für kurze Arbeitsstellenbereiche**

Ein erkennbarer Zusammenhang konnte nicht festgestellt werden; die These ist somit nicht bestätigt.

Gruppe (km)	Faktor	Veränderung	n
< 0,5	0,99186	-0,81 %	390
< 1,0	0,98537	-1,46 %	670
< 2,0	0,99659	-0,34 %	810
< 3,0	0,97663	-2,34 %	567
< 4,0	0,97728	-2,27 %	390
< 5,0	0,97810	-2,19 %	350
< 7,5	0,99425	-0,58 %	720
> = 7,5	0,98796	-1,20 %	300

Tab. 33: Zusammenhang zwischen der Länge der Arbeitsstelle und der Verkehrsabnahme

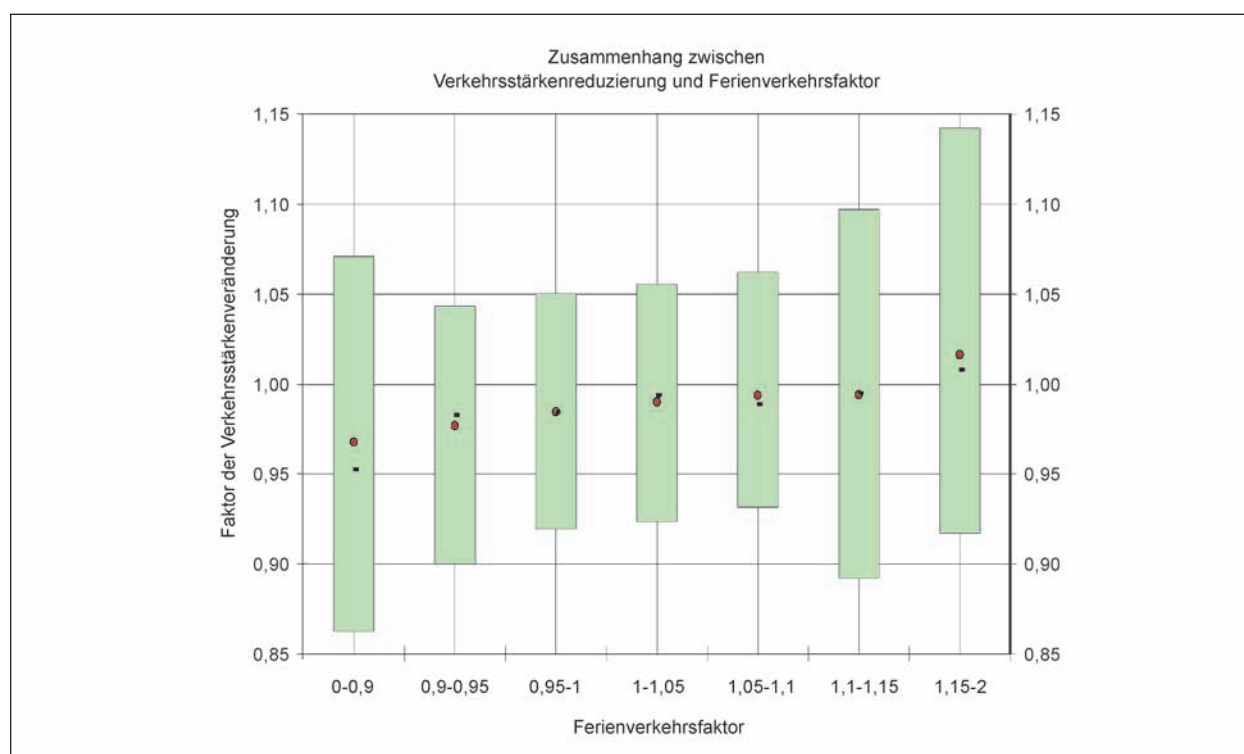
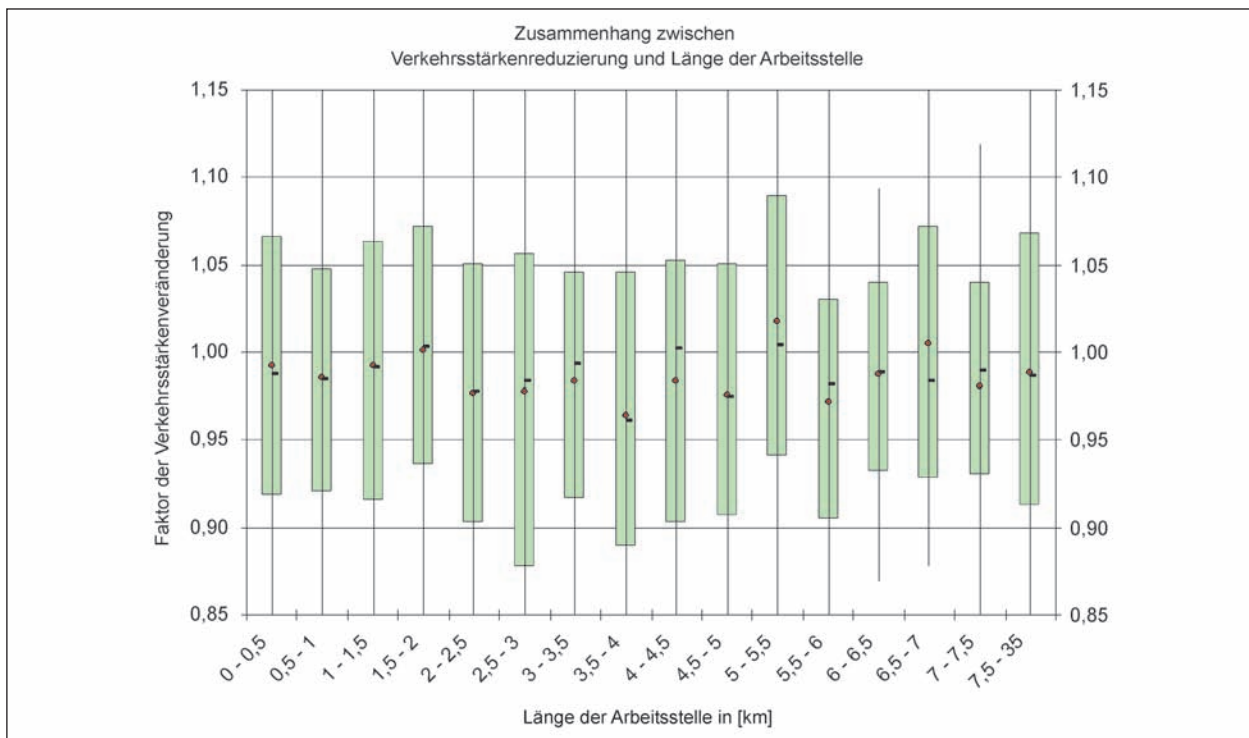


Bild 113: Zusammenhang zwischen dem Ferienverkehrsfaktor und der Verkehrsabnahme



**Bild 114:** Zusammenhang zwischen der Länge der Arbeitsstelle und der Verkehrsabnahme

Die Arbeitsstellenlänge scheint keinen Einfluss auf die durch arbeitsstellenbedingten Verkehrsabnahmen zu haben (vgl. Bild 114 und Tabelle 33).

**Hypothese 6: Die Verkehrsbelastung, die Verkehrsführung und die Zusammensetzung des Verkehrs sind die zentralen Faktoren zur Beschreibung von arbeitsstellenbedingten Verkehrsabnahmen**

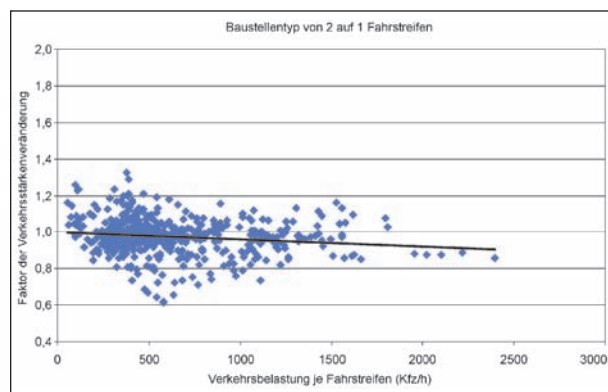
In Bild 115 bis Bild 118 sind die Punktwolken der gezählten Verkehrsverlagerungen für die 4 unterschiedenen Arbeitsstellenführungen wiedergegeben. Dargestellt ist das Verhältnis aus der stündlichen Verkehrsbelastung in den 6 Wochen nach Beginn der Arbeitsstelle (Mittelwert aus den Werktagen Montag bis Freitag jeweils für zwei Stunden am Morgen und drei Stunden am Nachmittag) und der stündlichen Verkehrsbelastung in den 2 Wochen vor Beginn der Arbeitsstelle (Mittelwert aus den Werktagen Montag bis Freitag jeweils für zwei Stunden am Morgen und drei Stunden am Nachmittag) jeweils in Abhängigkeit von der zugehörigen mittleren stündlichen Verkehrsbelastung je Fahrstreifen vor Beginn der Arbeitsstelle.

Die in den Bildern eingezeichneten Regressionsgeraden zeigen zwar eine Abhängigkeit von der Verkehrsbelastung, die allerdings sehr schwach ausge-

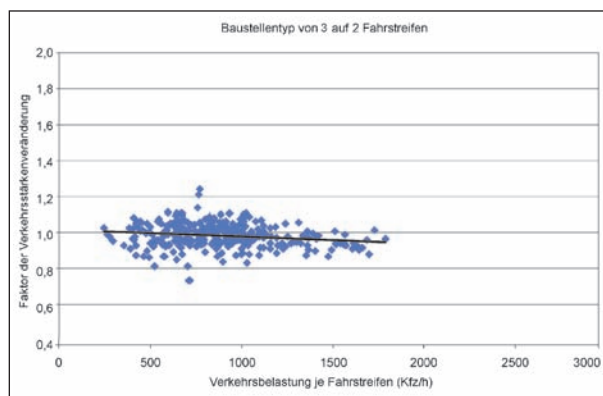
prägt ist. Außerdem wird der lineare Verlauf nicht der Vermutung gerecht, dass Verlagerungswirkungen in erster Linie bei hohen Verkehrsstärken zu erwarten sind, während unterhalb einer bestimmten Belastungsgrenze – zumindest staubedingt – keine nennenswerten Verkehrsverlagerungen zu erwarten sind.

Die Belastungswerte je Fahrstreifen unter 400 Kfz/h und über 1.800 Kfz/h wurden dabei jeweils in einer Klasse zusammengefasst, da ansonsten keine ausreichende Stichprobe verfügbar war, um belastbare Aussagen zu erhalten (vgl. Bild 119 bis Bild 122). Die dargestellten Werte und die Stichprobengrößen der einzelnen Klassen sind in Tabelle 34 bis Tabelle 37 dokumentiert.

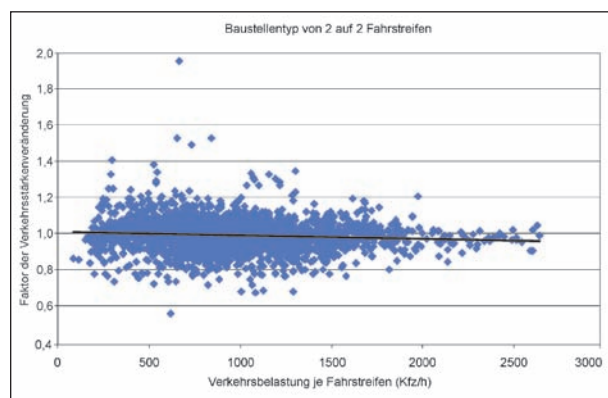
Betrachtet man die Abgrenzung der Boxen in Bild 119, so erkennt man deutlich eine Verschiebung ab einer Verkehrsbelastung von 1.000 Kfz/h. Dies gilt sowohl für die Obergrenze als auch für die Untergrenze. Ab dieser Verkehrsbelastung liegen auch die Mittelwerte der einzelnen Klassen bei 0,95 bis 0,97, während die Mittelwerte bei Verkehrsbelastungen unter 1.000 Kfz/h um den Wert 1,00 schwanken, sodass bei diesen Verkehrsbelastungen davon ausgegangen werden kann, dass keine durch Arbeitsstellen bedingten Verlagerungen eintreten. Mittelwert und Median sind bei Belastungswerten unter 1.000 Kfz/h annähernd gleich, wäh-



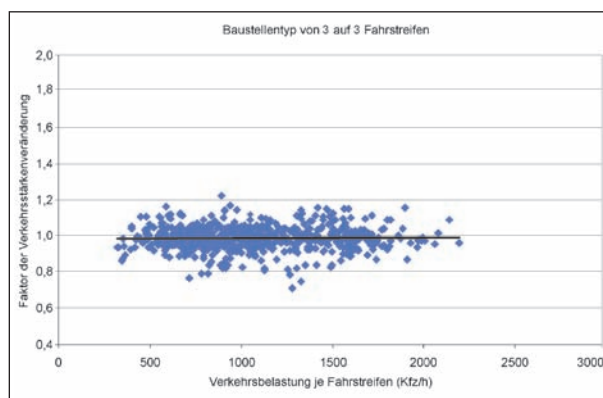
**Bild 115:** Arbeitsstellenbedingte Veränderung der stündlichen Verkehrsbelastung in Abhängigkeit von der zugehörigen mittleren stündlichen Verkehrsbelastung je Fahrstreifen (Kfz/h) vor Beginn der Arbeitsstelle bei Reduktion der Fahrstreifenanzahl von 2 auf 1 (Stichprobe: n = 545)



**Bild 117:** Arbeitsstellenbedingte Veränderung der stündlichen Verkehrsbelastung in Abhängigkeit von der zugehörigen mittleren stündlichen Verkehrsbelastung je Fahrstreifen (Kfz/h) vor Beginn der Arbeitsstelle bei Reduktion der Fahrstreifenanzahl von 3 auf 2 (Stichprobe: n = 325)



**Bild 116:** Arbeitsstellenbedingte Veränderung der stündlichen Verkehrsbelastung in Abhängigkeit von der zugehörigen mittleren stündlichen Verkehrsbelastung je Fahrstreifen (Kfz/h) vor Beginn der Arbeitsstelle bei Beibehaltung von 2 Fahrstreifen (Stichprobe: n = 2.665)



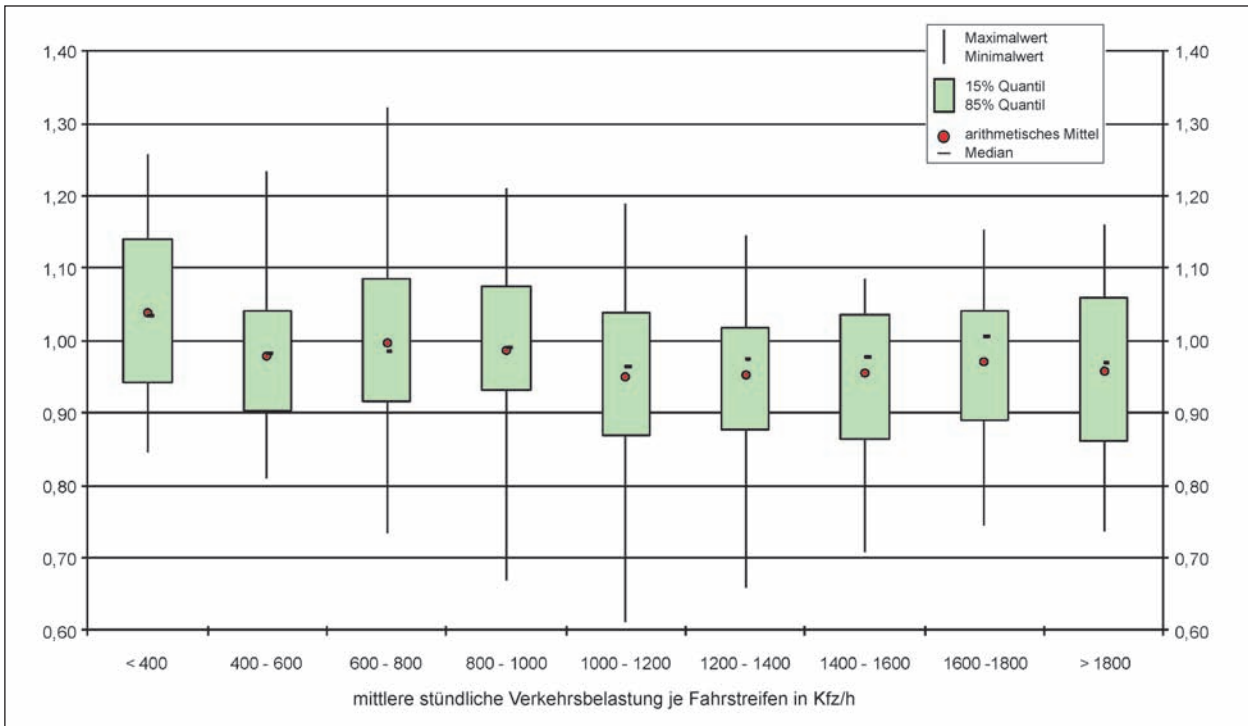
**Bild 118:** Arbeitsstellenbedingte Veränderung der stündlichen Verkehrsbelastung in Abhängigkeit von der zugehörigen mittleren stündlichen Verkehrsbelastung je Fahrstreifen (Kfz/h) vor Beginn der Arbeitsstelle bei Beibehaltung von 3 Fahrstreifen (Stichprobe: n = 665)

rend bei höheren Werten der Median durchschnittlich um 0,03 Punkte über dem Mittelwert liegt. Das ist ein Hinweis darauf, dass hier einzelne Stunden mit starken Verlagerungswirkungen den Mittelwert „nach unten ziehen“. Bei Belastungen unter 1.000 Kfz/h dürften die Schwankungen eher zufallsbedingt sein. Gleiches gilt auch für die Extremwerte außerhalb der Boxen.

Auch bei der Auswertung in Bild 120 zeigt sich eine leichte Tendenz zu stärkeren Verkehrsverlagerungen bei zunehmender Verkehrsbelastung. Bis zu einer Belastung von 1.000 Kfz/h je Fahrstreifen liegen die Mittelwerte (und die Median-Werte) bei 0,99 bzw. 1,00. Erst danach ergibt sich arbeitsstellenbedingt ein leichter Rückgang der Verkehrsbelastungen um durchschnittlich 0,02 Punkte. Ausnahme bildet der Wertebereich zwischen 1.600 und 1.800 Kfz/h, wo sich sogar eine leichte Zunahme

zeigt. Mittelwert und Median sind nahezu identisch – das gilt für alle Klassen –, ein Hinweis darauf, dass die Schwankungen nicht durch Ausreißer in eine Richtung geprägt werden. Die höheren Extremwerte im Vergleich zu Bild 119 haben möglicherweise ihre Ursache in der generell höheren Streuung, was sich auch in den Punktwolkengrafiken zeigt.

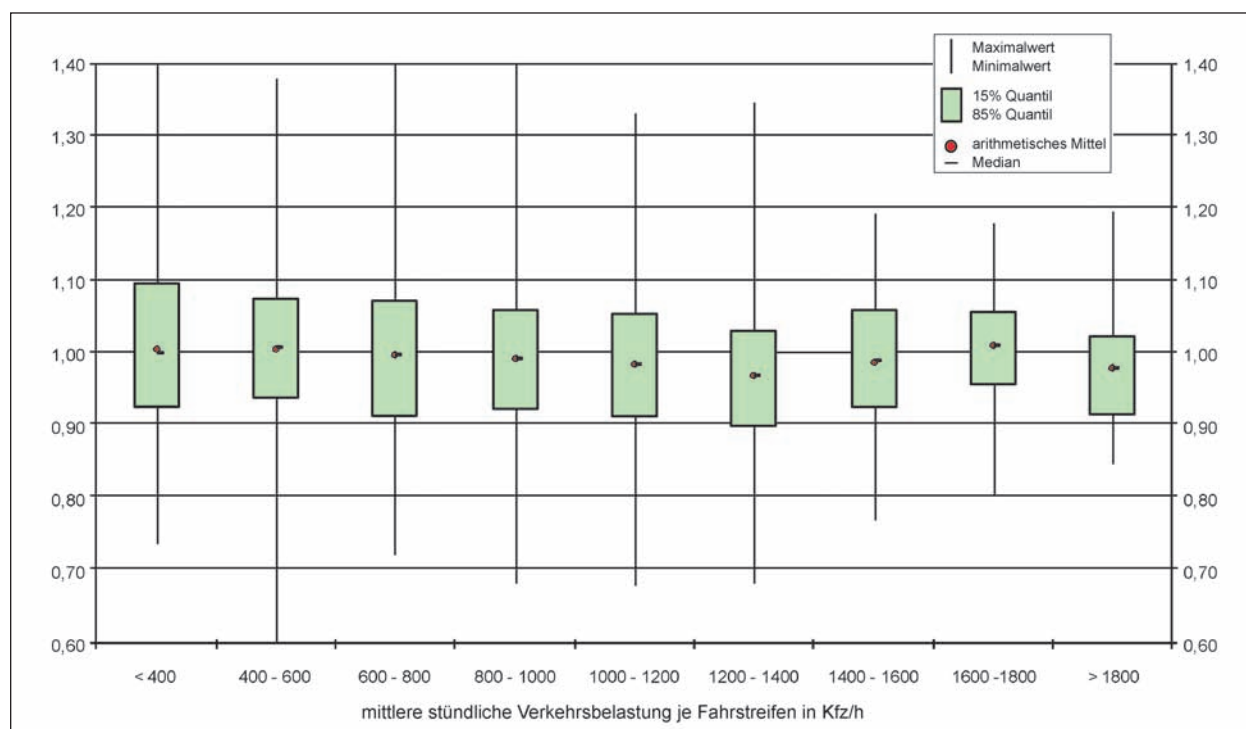
Bei einer Fahrstreifenreduktion von 3 auf 2 Fahrstreifen (vgl. Bild 121) lassen sich bis zu einer Verkehrsbelastung von 1.400 Kfz/h nur sehr geringe Verkehrsabnahmen während der Arbeitsstellenzeit feststellen; Mittelwert und Median weisen Werte zwischen 0,98 und 1,01 auf. Steigen die Verkehrsbelastungen weiter an, zeigen sich deutliche Verkehrsabnahmen um bis zu 6 % (Belastung > 1.800 Kfz/h). Die Signifikanz dieses Wertes wird dadurch noch erhöht, dass die Box relativ schmal ist, sodass 70 % der Werte im Bereich zwischen 0,91 und 0,98 liegen.



**Bild 119:** Arbeitsstellenbedingte Veränderung der stündlichen Verkehrsbelastung in Abhängigkeit von der zugehörigen mittleren stündlichen Verkehrsbelastung je Fahrstreifen (Kfz/h) vor Beginn der Arbeitsstelle bei Reduktion der Fahrstreifenanzahl von 2 auf 1 als Box-Whisker-Diagramm

Belastungsklasse	Stichprobe	Arbeitsstellenbedingte Veränderung der Verkehrsbelastung					
		Minimum	15%-Quantil	Mittelwert	Median	85%-Quantil	Maximum
kleiner 400 Kfz/h	34	0,85	0,92	1,04	1,03	1,07	1,26
400 bis 600 Kfz/h	56	0,81	0,90	0,98	0,98	1,04	1,23
600 bis 800 Kfz/h	114	0,73	0,92	1,00	0,98	1,09	1,32
800 bis 1.000 Kfz/h	88	0,67	0,93	0,99	0,99	1,08	1,21
1.000 bis 1.200 Kfz/h	60	0,61	0,87	0,95	0,97	1,04	1,19
1.200 bis 1.400 Kfz/h	46	0,66	0,88	0,95	0,98	1,02	1,15
1.400 bis 1.600 Kfz/h	29	0,71	0,87	0,95	0,98	1,04	1,09
1.600 bis 1.800 Kfz/h	22	0,74	0,89	0,97	1,01	1,04	1,15
größer 1.800 Kfz/h	96	0,74	0,86	0,96	0,97	1,06	1,16

**Tab. 34:** Arbeitsstellenbedingte Veränderung der stündlichen Verkehrsbelastung in Abhängigkeit von der zugehörigen mittleren stündlichen Verkehrsbelastung je Fahrstreifen (Kfz/h) vor Beginn der Arbeitsstelle bei Reduktion der Fahrstreifenanzahl von 2 auf 1

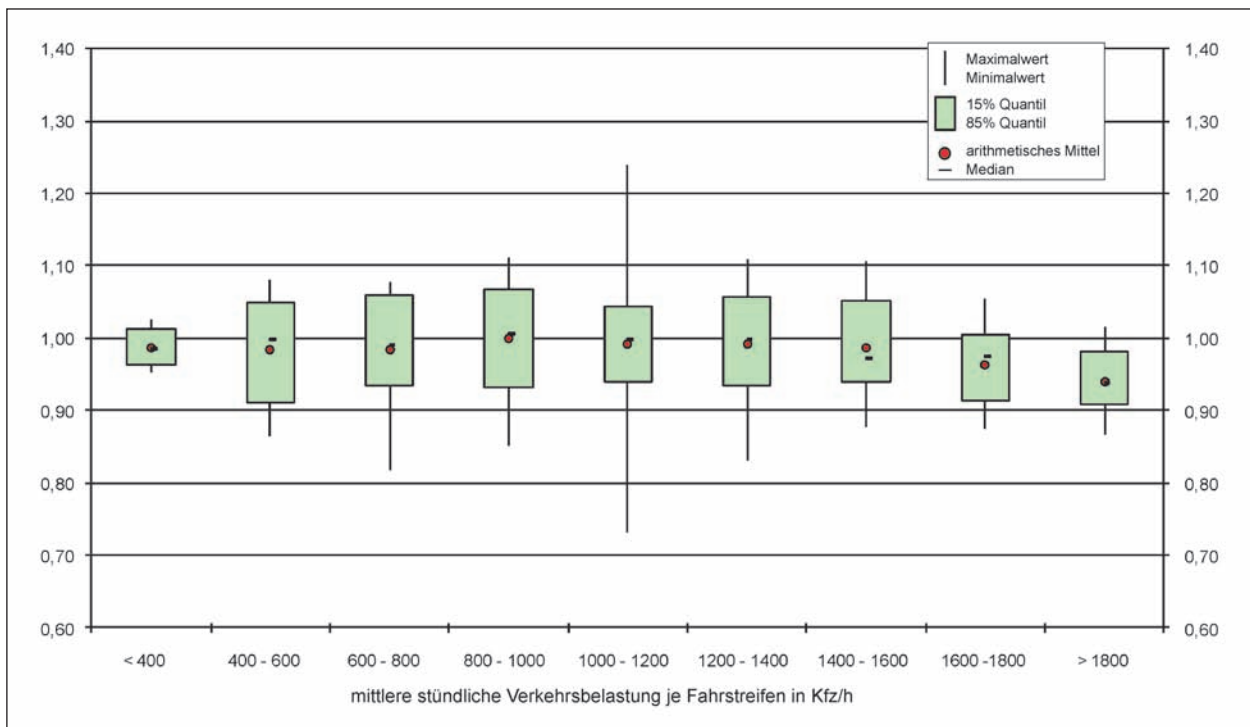


**Bild 120:** Arbeitsstellenbedingte Veränderung der stündlichen Verkehrsbelastung in Abhängigkeit von der zugehörigen mittleren stündlichen Verkehrsbelastung je Fahrstreifen (Kfz/h) vor Beginn der Arbeitsstelle bei Beibehaltung von 2 Fahrstreifen als Box-Whisker-Diagramm

Belastungsklasse	Stichprobe	Arbeitsstellenbedingte Veränderung der Verkehrsbelastung					
		Minimum	15%-Quantil	Mittelwert	Median	85%-Quantil	Maximum
kleiner 400 Kfz/h	233	0,73	0,92	1,00	1,00	1,09	1,40
400 bis 600 Kfz/h	397	0,56	0,94	1,00	1,00	1,07	1,38
600 bis 800 Kfz/h	544	0,72	0,91	0,99	1,00	1,07	1,96
800 bis 1.000 Kfz/h	536	0,68	0,92	0,99	0,99	1,06	1,52
1.000 bis 1.200 Kfz/h	364	0,68	0,91	0,98	0,98	1,05	1,33
1.200 bis 1.400 Kfz/h	252	0,68	0,90	0,97	0,97	1,03	1,34
1.400 bis 1.600 Kfz/h	154	0,77	0,92	0,99	0,99	1,06	1,19
1.600 bis 1.800 Kfz/h	86	0,80	0,95	1,01	1,01	1,05	1,18
größer 1.800 Kfz/h	99	0,85	0,91	0,98	0,98	1,02	1,20

**Tab. 35:** Arbeitsstellenbedingte Veränderung der stündlichen Verkehrsbelastung in Abhängigkeit von der zugehörigen mittleren stündlichen Verkehrsbelastung je Fahrstreifen (Kfz/h) vor Beginn der Arbeitsstelle bei Beibehaltung von 2 Fahrstreifen

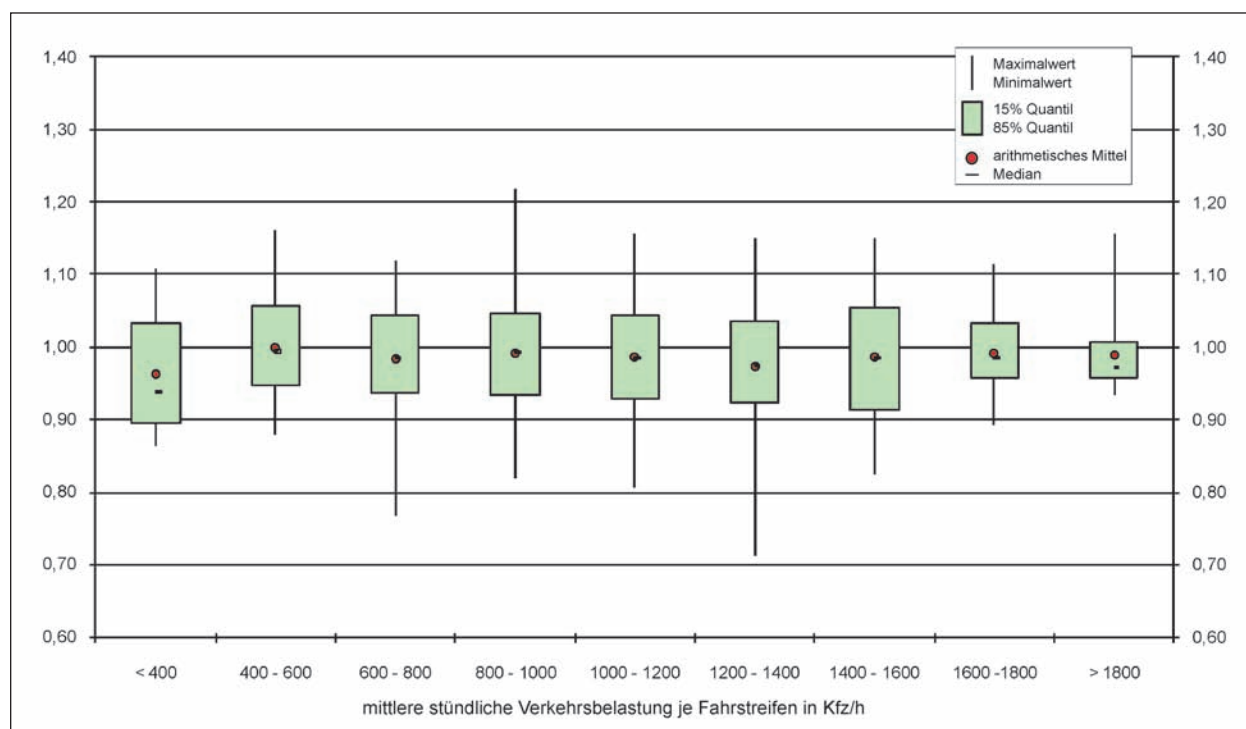




**Bild 121:** Arbeitsstellenbedingte Veränderung der stündlichen Verkehrsbelastung in Abhängigkeit von der zugehörigen mittleren stündlichen Verkehrsbelastung je Fahrstreifen (Kfz/h) vor Beginn der Arbeitsstelle bei Reduktion der Fahrstreifenanzahl von 3 auf 2 als Box-Whisker-Diagramm

Belastungsklasse	Stichprobe	Arbeitsstellenbedingte Veränderung der Verkehrsbelastung					
		Minimum	15%-Quantil	Mittelwert	Median	85%-Quantil	Maximum
kleiner 400 Kfz/h	4	0,95	0,96	0,99	0,99	1,01	1,03
400 bis 600 Kfz/h	20	0,87	0,91	0,98	1,00	1,05	1,08
600 bis 800 Kfz/h	21	0,82	0,93	0,98	0,99	1,06	1,08
800 bis 1.000 Kfz/h	54	0,85	0,93	1,00	1,01	1,07	1,11
1.000 bis 1.200 Kfz/h	59	0,73	0,94	0,99	1,00	1,04	1,24
1.200 bis 1.400 Kfz/h	74	0,83	0,93	0,99	1,00	1,06	1,11
1.400 bis 1.600 Kfz/h	39	0,88	0,94	0,99	0,97	1,05	1,11
1.600 bis 1.800 Kfz/h	18	0,88	0,91	0,96	0,98	1,00	1,05
größer 1.800 Kfz/h	36	0,87	0,91	0,94	0,94	0,98	1,02

**Tab. 36:** Arbeitsstellenbedingte Veränderung der stündlichen Verkehrsbelastung in Abhängigkeit von der zugehörigen mittleren stündlichen Verkehrsbelastung je Fahrstreifen (Kfz/h) vor Beginn der Arbeitsstelle bei Reduktion der Fahrstreifenanzahl von 3 auf 2



**Bild 122:** Arbeitsstellenbedingte Veränderung der stündlichen Verkehrsbelastung in Abhängigkeit von der zugehörigen mittleren stündlichen Verkehrsbelastung je Fahrstreifen (Kfz/h) vor Beginn der Arbeitsstelle bei Beibehaltung von 3 Fahrstreifen als Box-Whisker-Diagramm

Belastungsklasse	Stichprobe	Arbeitsstellenbedingte Veränderung der Verkehrsbelastung					
		Minimum	15%-Quantil	Mittelwert	Median	85%-Quantil	Maximum
kleiner 400 Kfz/h	15	0,86	0,90	0,96	0,94	1,03	1,11
400 bis 600 Kfz/h	72	0,88	0,95	1,00	0,99	1,06	1,16
600 bis 800 Kfz/h	140	0,77	0,94	0,98	0,98	1,04	1,12
800 bis 1.000 Kfz/h	128	0,82	0,93	0,99	0,99	1,05	1,22
1.000 bis 1.200 Kfz/h	113	0,81	0,93	0,99	0,99	1,04	1,16
1.200 bis 1.400 Kfz/h	72	0,71	0,92	0,97	0,97	1,04	1,15
1.400 bis 1.600 Kfz/h	72	0,83	0,91	0,99	0,99	1,05	1,15
1.600 bis 1.800 Kfz/h	41	0,89	0,96	0,99	0,98	1,03	1,11
größer 1.800 Kfz/h	12	0,93	0,96	0,99	0,97	1,01	1,16

**Tab. 37:** Arbeitsstellenbedingte Veränderung der stündlichen Verkehrsbelastung in Abhängigkeit von der zugehörigen mittleren stündlichen Verkehrsbelastung je Fahrstreifen (Kfz/h) vor Beginn der Arbeitsstelle bei Beibehaltung von 3 Fahrstreifen

Werden im Arbeitsstellenbereich 3 Fahrstreifen beibehalten (vgl. Bild 122), führt das zu einer geringfügigen Reduzierung der Verkehrsbelastungen im Vergleich zum Vorher-Zeitraum in der Größenordnung von 1 %. Eine direkte Abhängigkeit von der

Verkehrsbelastung ist nicht zu erkennen; die niedrigen Werte bei Verkehrsbelastungen unter 400 Kfz/h sind möglicherweise auf die kleine Stichprobe zurückzuführen.

## 12 Resumé und Empfehlung

### 12.1 Wesentliche Erkenntnisse aus den durchgeführten Analysen

Zusammenfassend haben die durchgeführten Analysen zu den Verlagerungswirkungen von Arbeitsstellen auf Autobahnen zu dem folgenden Ergebnis geführt:

- Während der Arbeitsstellenzeit ergibt sich während der Spitzenstunden eine signifikante Änderung der Verkehrsbelastungen auf den Autobahnabschnitten, die durchschnittlichen Verkehrsabnahmen liegen in der Größenordnung von 2 % bis 5 %.
- Die Streuungen sind allerdings sehr groß; auf einem erheblichen Teil der betrachteten Abschnitte ergeben sich – rein statistisch – sogar Verkehrszunahmen während der Arbeitsstellenzeit.
- Die Verkehrsabnahmen während der Arbeitsstellenzeit sind auf die Spitzenstunden begrenzt; während der Schwachlastzeiten wurden keine signifikanten Veränderungen der Verkehrsbelastungen festgestellt.
- Da spürbare Verlagerungswirkungen lediglich für die Spitzenstunden festgestellt wurden, ergibt sich über den Tag gesehen eine Verkehrsverlagerung, die im Mittel deutlich unter 1 % liegt.
- Auch zeitliche Verlagerungen von den hoch belasteten Spitzenstunden in Bereiche mit niedrigeren Verkehrsbelastungen (Abflachung der Tagesganglinie) konnten nicht festgestellt werden.
- Das Angebot paralleler Strecken im nachgeordneten Straßennetz spielt für die Beurteilung der durch Baustellen bedingten Verkehrsverlagerungen keine Rolle.
- Im Rahmen der durchgeführten Regressionsanalysen konnten keine Einflussfaktoren ermittelt werden, die die erheblichen Schwankungen der durch Arbeitsstellen bedingten Belastungsänderungen mit einer ausreichenden Zuverlässigkeit beschreiben; die Bestimmtheitsmaße liegen bei allen Auswertungen unter 0,30.
- Anhand von durchgeführten Clusteranalysen konnten nur in geringem Maße Teilmengen ermittelt werden, die durch bestimmte Merkmalskombinationen diejenigen Einflussfaktoren offenlegen, die ursächlich für die (geringen) Verlagerungseffekte verantwortlich wären.
- Bei der Auswertung von Zählstellen auf parallel zu Autobahnen verlaufenden Bundesstraßen konnten nur in wenigen Fällen Verkehrszunahmen während der Arbeitsstellenzeit auf der parallelen Bundesstraße festgestellt werden. Auch in den Fällen, in denen auf der Autobahn Verkehrsabnahmen erkennbar waren, ergaben sich nicht in jedem Fall auch Zunahmen auf den parallel verlaufenden Bundesstraßen.
- Aufgrund früherer Untersuchungen zur Leistungsfähigkeit von Arbeitsstellen auf Autobahnen (die Eingang in das Programmsystem QuantAS gefunden haben) liegt der Schluss nahe, dass die Verkehrsbelastung der Richtungsfahrbahn (oder gemittelt je Fahrstreifen) ein wesentlicher Einflussfaktor für die Entstehung arbeitsstellenbedingter Staus ist und somit als zentraler Parameter für arbeitsstellenbedingte Verlagerungswirkungen zu sehen ist.
- Eine Differenzierung/Zusammenfassung der Arbeitsstellenrichtungen nach 4 unterschiedlichen Typen von Verkehrsführungen (Reduzierung von 2 auf 1 Fahrstreifen, Beibehaltung von 2 Fahrstreifen im Arbeitsstellenbereich, Reduzierung von 3 auf 2 Fahrstreifen, Beibehaltung von 3 Fahrstreifen im Arbeitsstellenbereich) führte zu dem Ergebnis, dass immer dann, wenn die Fahrstreifenanzahl in der Arbeitsstelle reduziert wird, am ehesten Veränderungen der Verkehrsbelastungen auf der Autobahn während der Arbeitsstellenzeit zu erwarten sind.
- Nennenswerte Verkehrsverlagerungen konnten lediglich für die Arbeitsstellensituationen ermittelt werden, bei denen eine Reduzierung der Fahrstreifenanzahl von 2 auf 1 oder von 3 auf 2 Fahrstreifen erfolgte.
- Die Verlagerungswirkungen klingen im Verlauf der Arbeitsstellenzeit ab. Offenbar testen Verkehrsteilnehmer nach Einrichtung der Arbeitsstelle Alternativen, kehren aber nach einiger Zeit überwiegend zur Autobahn zurück, wenn sich herausstellt, dass die Alternativen keine Zeitvorteile im Vergleich zur Nutzung der Autobahn bieten. Bei längerfristigen Arbeitsstellen wurde festgestellt, dass sich die Verkehrsbelastungen nahezu vollständig an den Zustand von vor Einrichtung der Arbeitsstelle angleichen.

Belastungsklasse	Abminderungsfaktoren					
	Reduktion 2 auf 1 FS		Beibehaltung von 2 FS		3 auf 2 FS	3 FS
Verkehrsstärke je Fahrstreifen	fer ≤ 1,0	fer > 1,0	fer ≤ 1,0	fer > 1,0	-	-
≤ 1.000 Kfz/h	keine Änderung					
>1.000 ... ≤ 1.200 Kfz/h	0,96	0,96	0,98	0,98	0,99	0,99
>1.200 ... ≤ 1.400 Kfz/h	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	0,99
>1.400 ... ≤ 1.600 Kfz/h	0,94	0,96	0,97	0,98	0,98	0,99
>1.600 ... ≤ 1.800 Kfz/h	0,94	0,96	0,97	0,98	0,96	0,99
> 1.800 Kfz/h	0,94	0,96	0,97	0,98	0,94	0,99

**Tab. 38:** Arbeitsstellenbedingte Veränderung der stündlichen Verkehrsbelastung in Abhängigkeit von der zugehörigen mittleren stündlichen Verkehrsbelastung je Fahrstreifen (Kfz/h) vor Beginn der Arbeitsstelle für verschiedene Verkehrsführungen

Die auf Basis der Daten aus den Jahren 2005 bis 2007 ausgewerteten Daten zu Arbeitsstellen und automatischen Zählergebnissen führen zu dem Ergebnis, dass Arbeitsstellen nur zu sehr geringen Verkehrsverlagerungen führen, die auf die Spitzenstunden begrenzt bleiben. Außerdem nehmen die Verkehrsbelastungen mit der Betriebszeit der Arbeitsstellen ab und erreichen bei länger dauernden Arbeitsstellen schon vor Arbeitsstellenende wieder den Belastungswert von vor Einrichtung der Baustelle.

Größere Verlagerungswirkungen wurden lediglich bei Arbeitsstellen mit Fahrstreifenreduzierung (von 2 auf 1 bzw. von 3 auf 2 Fahrstreifen) festgestellt. In Tabelle 38 ist eine Zusammenstellung von Abminderungsfaktoren enthalten, die sich aus den Auswertungen – nach entsprechender Glättung der Ergebnisse – ergeben. Die Differenzierung nach dem Ferienverkehrsfaktor kleiner und größer 1,0 wurde hierbei aufgrund der Ergebnisse aus den Clusteranalysen vorgenommen.

Aufgrund der Erkenntnisse, dass

- durch Arbeitsstellen bedingte Verkehrsverlagerungen auch bei hohen Streckenbelastungen deutlich niedriger sind als bisher vielfach angenommen,
- die Verkehrsverlagerungen sich auf die hochbelasteten Stundenbereiche beschränken,
- die Verkehrsverlagerungen mit der Dauer der Arbeitsstellenlaufzeit abklingen und
- keine funktionalen Abhängigkeiten mit hohem Bestimmtheitsmaß ermittelt werden konnten, was darauf schließen lässt, dass die individuellen Einflussfaktoren so komplex sind, dass sie nicht standardisiert erfasst werden können,

ist die Berücksichtigung von durch Arbeitsstellen bedingten Verkehrsverlagerungen auf Autobahnen im Rahmen von gesamtwirtschaftlichen Bewertungen nach dem Verfahren der Nutzen-Kosten-Analyse vermutlich nur in sehr geringem Umfang ergebnisrelevant.

## Literatur

BAST (Hrsg.): Technische Lieferbedingungen für Streckenstationen (TLS). Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach, Juli 2002

BAST (Hrsg.): Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2005, Jahresauswertung der automatischen Dauerzählstellen. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft V 160, Bergisch Gladbach, August 2007

BAST (Hrsg.): Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2006, Jahresauswertung der automatischen Dauerzählstellen. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft V 166, Bergisch Gladbach, März 2008

BAST (Hrsg.): Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2007, Jahresauswertung der automatischen Dauerzählstellen. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft V 178, Bergisch Gladbach, Januar 2009

BAST (Hrsg.): Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2008, Jahresauswertung der automatischen Dauerzählstellen. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft V 191, Bergisch Gladbach, Februar 2010

- BECKMANN, A.; ZACKOR, H.: Untersuchung und Eichung von Verfahren zur aktuellen Abschätzung von Staudauer und Staulängen infolge von Tages- und Dauer-Arbeitsstellen auf Autobahnen. Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 808, Bonn, 2001
- BMVBW (Hrsg.): Richtlinien für die Sicherung von Arbeitsstellen an Straßen (RSA). Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Ausgabe 1995, Verkehrsblatt-Verlag, Bonn, 1995
- BMVBW (Hrsg.): Richtlinien zur Baubetriebsplanung auf Bundesautobahnen (RBAP). Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Ausgabe 1996, Verkehrsblatt-Verlag, Bonn, 1996
- BMVBW (Hrsg.): Bundesverkehrswegeplan 2003: Die gesamtwirtschaftliche Bewertungsmethodik. Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Ausgabe 2003, Bonn, 2005
- Deutscher Bundestag: Bericht der Bundesregierung über die Verlagerungen von schwerem Schwerverkehr auf das nachgeordnete Straßennetz infolge der Einführung der Lkw-Maut. Unterrichtung durch die Bundesregierung, Drucksache 16/298, Berlin, Dezember 2005
- Deutscher Bundestag: Bericht über Verkehrsverlagerungen auf das nachgeordnete Straßennetz infolge der Einführung der Lkw-Maut. Unterrichtung durch die Bundesregierung, Drucksache 16/13739, Berlin, Juni 2009
- FGSV (Hrsg.): Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen (EWS). Aktualisierung der RAS-W 86. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Ausgabe 1997
- FGSV (Hrsg.): Hinweise zur kurzzeitigen automatischen Erfassung von Daten des Straßenverkehrs, Merkblatt des Arbeitskreises 1.2.2 „Automatische Verkehrsdatenerfassung“ der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, September 2010
- HELLMANN, L.; RÜBENSAM, J.; SCHWIETHAL, S.: Entwicklung von Verfahrenshilfen zur Berücksichtigung arbeitsstellenbedingter Nutzerkosten im Erhaltungsmanagement. Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 988, Bonn, Januar 2008
- HEIDEMANN, D.; WIMBER, P.: Typisierung von Verkehrsstärkeganglinien durch clusteranalytische Verfahren. Schriftenreihe Straßenverkehrszählungen, Heft 26, Köln, 1982
- HAARDT, P.: Entwicklung eines Bauwerks-Management-Systems für das deutsche Fernstraßennetz, Stufe 1 und 2. Schlussbericht zum AP-Projekt 99245 der Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach, August 2002
- HOLST, R.: Entwicklung eines Bauwerks-Management-Systems für das deutsche Fernstraßennetz, Stufe 3. Schlussbericht zum AP-Projekt 02244/B4 der Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach, August 2005
- HOLST, R.: Entwicklung eines Bauwerks-Management-Systems für das deutsche Fernstraßennetz, Stufe 4. Schlussbericht zum AP-Projekt 05241/B4 der Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach, Mai 2008
- LAFFONT, S.; NIERHOFF, G.; SCHMIDT, G.: Automatische Straßenverkehrszählungen in Bayern, Veränderungen des zeitlichen Verhaltens der Verkehrsteilnehmer zwischen 1980 und 1999, im Auftrag der Autobahndirektion Südbayern, Dezember 2001a
- LAFFONT, S.; NIERHOFF, G.; SCHMIDT, G.: Automatische Straßenverkehrszählungen 1980-2000, Langzeit-Datenaufbereitung und Zeitreihen für Prognose-Aussagen der Bundesfern- und Landesstraßen in Nordrhein-Westfalen, im Auftrag des Ministeriums für Verkehr, Energie und Landesplanung des Landes Nordrhein-Westfalen, 2001b
- LAFFONT, S.; REGNIET, G.; SCHMIDT, G.: Stau-Prognose für Baustellen auf Autobahnen in Bayern, Dokumentation zum Verfahren, im Auftrag der Autobahndirektion Südbayern, November 1996
- LAFFONT, S., SCHMIDT, G.: Empfehlungen und Leitlinien zur Minderung von Stau- und Unfallrisiko bei engen 1-streifigen Verkehrsführungen in Autobahnbaustellen der neuen Bundesländer, 2+0- und 1+1-Führung. Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 701, Bonn, 1995
- LAFFONT, S.; SCHMIDT, G.: Schmale Fahrstreifen in Arbeitsstellen auf Bundesautobahnen. FP

- 2.9327 der Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach, Dezember 1996
- OBERSUNDERMEIER, A.; OTTO, J.: Quantifizierung staubedingter Reisezeitverluste auf Bundesautobahnen – Störungsursache: Arbeitsstellen. FE 01.153/2000/CRB der Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach, Juni 2003
- PINKOFSKY, L.: Typisierung von Ganglinien der Verkehrsstärke und ihre Eignung zur Modellierung der Verkehrsnachfrage. Schriftenreihe des Instituts für Verkehr und Stadtbauwesen TU Braunschweig, Heft 54, 2006
- RESSEL, W.: Untersuchungen zum Verkehrsablauf im Bereich der Leistungsfähigkeit an Baustellen auf Autobahnen. Schriftenreihe Informationen – Verkehrsplanung und Straßenwesen der Universität der Bundeswehr München, Heft 37, München-Neubiberg, 1994a
- RESSEL, W.: Leistungsfähigkeit von Baustellenengpässen auf Autobahnen. Aus Wissenschaft und Praxis, Zum Ausscheiden von Universitätsprofessor Alfred Schmuck. Schriftenreihe Informationen – Verkehrsplanung und Straßenwesen der Universität der Bundeswehr München, Heft 40, München-Neubiberg, 1994b
- WALTHER, C.; PAUFLER-MANN, D.; STADLER, A.; WASSMUTH, V.: Informationen über Alternativrouten als Grundlage für objektbezogene Bewertungsverfahren im BMS. FE 15.0411/2005/HRB der Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach, Dezember 2007
- WERMUTH, M.; SOMMER, C.; WULFF, S.: Erhebung der individuellen Routenwahl zur Weiterentwicklung von Umlegungsmodellen. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft V 136, Bergisch Gladbach, März 2006
- WERMUTH, M.; WULFF, S.: Erhebungskonzepte für eine Analyse der Nutzung von alternativen Routen in übergeordneten Straßennetzen. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft V 169, Bergisch Gladbach, März 2008
- Weitere, im Berichtstext nicht gesondert zitierte Literatur**
- AJS & RAPP: Maßnahmen zur Aufrechterhaltung des Verkehrs im Bereich von Bauarbeiten an Autobahnen und -strassen. Forschungsauftrag 9/87 der Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute, Eidgenössisches Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement, Bundesamt für Straßenbau, Basel/Neuchâtel, Mai 1988
- AUGUST, H.; BECK, H.: Verfahren zur Planung von Tagesbaustellen auf Autobahnen mit dem Versuch einer Stauprognose – Ein Pilotprojekt des Landschaftsverbandes Westfalen-Lippe. Straße und Autobahn 42 (1991) Nr. 8, S. 433-436
- AULBACH, J.; SCHMIDT-CLAUSEN, H. J.: Lichttechnische Gestaltung von Arbeitsstellen. Fachgebiet Lichttechnik der Technischen Hochschule Darmstadt, FE 03.213 G89F des Bundesministers für Verkehr, Bonn, Januar 1992
- AULBACH, J.; SCHMIDT-CLAUSEN, H. J.: Lichttechnische Gestaltung von Arbeitsstellen. Teil II: Praxiserprobung. Fachgebiet Lichttechnik der Technischen Hochschule Darmstadt, FE 03.241 G91F des Bundesministeriums für Verkehr, Bonn, März 1994
- AD Nordbayern: Leistungsfähigkeit von (Behelfs-) Fahrstreifen auf Bundesautobahnen. Autobahndirektion Nordbayern, Sachgebiet 11 – Verkehr, Stand: März 1991, unveröffentlicht
- BARTMANN, A.; FELDGES, M.; HESS, M.; KRUX, W.; STRUIF, R.: Sicherheitsbezogene Beurteilung von Autobahnbaustellen. Lehrstuhl und Institut für Straßenwesen, Erd- und Tunnelbau der RWTH Aachen, FP 8930 des Bundesministeriums für Verkehr, Bonn, 1994
- BAS: Versuche zur Verbesserung der Verkehrsführung an Arbeitstellen kürzerer Dauer auf Autobahnen. Mitteilungen der Bundesanstalt für Straßenwesen 2/91, Straße und Autobahn 42 (1991) Nr. 8, S. 466-467
- BAS: Vergleichende Bewertung der Verkehrsführungen 3+1 und 4+0 an Autobahnbaustellen. Mitteilungen der Bundesanstalt für Straßenwesen 2/94, Straße und Autobahn 45 (1994) Nr. 7, S. 392-394
- BECKER, H.; SCHMUCK, A.: Verkehrsablauf an Autobahnbaustellen. Schriftenreihe Informatio-

- nen – Verkehrsplanung und Straßenwesen der Hochschule der Bundeswehr München, Heft 14, München-Neubiberg, 1983
- BOESEFELDT, J.; EMDE, W.; HAMESTER, H.: Ermittlung der qualitativen und quantitativen Veränderung des Unfallgeschehens infolge vorgesehener Baustellensituationen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen von Straßenbefestigungen. Heusch/Boesefeldt GmbH, Aachen, FA 9.035 G81M des Bundesministers für Verkehr, Bonn, März 1983
- BRILON, W.; ZURLINDEN, H.: Überlastungswahrscheinlichkeiten und Verkehrsleistung als Bemessungskriterium für Straßenverkehrsanlagen, Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 870, Bonn, 2003
- BRILON, W.; ZURLINDEN, H.: Kapazität von Straßen als Zufallsgröße, Straßenverkehrstechnik, Heft 4/2004, Bonn, 2004
- BRILON, W.; ZURLINDEN, H.; GEISTEFELD, J.: Ganzjahresanalyse des Verkehrsflusses auf Autobahnen, Straßenverkehrstechnik, Heft 11/2004, Bonn, 2004
- CROW: Richtlijnen voor maatregelen bij werken in uitvoering op autosnelwegen. Centrum voor Regelgeving en Onderzoek in de Grond-, Wateren Wegenbouw en de Verkeerstechniek, publikatie 96a, November 1995
- ELLMERS, U.: Schutzeinrichtungen an Arbeitsstellen unter Berücksichtigung zukünftiger europäischer Anforderungen. Straßenverkehrstechnik, Heft 6/1998, Bonn, 1998
- EMDE, W.; HAMESTER, H.: Unfallgeschehen an Autobahnbaustellen. Schriftenreihe Informationen – Verkehrsplanung und Straßenwesen der Hochschule der Bundeswehr München, Heft 14, München-Neubiberg, 1983
- EMDE, W.; REGNIET, G.: Fortschreibung des Bonusystems zur Verkürzung von Baumaßnahmen auf Autobahnen. FE 3.280 R 94 K des Bundesministeriums für Verkehr, Bonn, November 1997
- GREBE, N.; HANKE, H.: Verkehrssicherheit an kurzfristigen und beweglichen Arbeitsstellen auf Autobahnen. Straßenverkehrstechnik 35 (1991) Nr. 3, S. 138-144
- GÜLICH, H. A.: Vergleichende Bewertung der Verkehrsführungen an Autobahnbaustellen. Straße und Autobahn, Heft 7/1994, Bonn, 1994
- GÜLICH, H. A.: Transportable Schutzeinrichtungen bei Straßenarbeiten. Straße und Autobahn, 7/1999, Bonn, 1999
- HANKO, W.: Wie sicher können Autobahnbaustellen sein? Feste Baustellen von längerer Dauer auf Autobahnen. Tagungsband, Institut für Straßenbau und Verkehrsplanung, Leopold-Franzens-Universität Innsbruck, 1995
- HARLOW, W. A.; SUMMERSGILL, I.: The safety of traffic management systems at major road works on motorways. Proceedings of the Institution of Civil Engineers, Part I, 1986, S. 83-102
- HESS, M.: Verkehrssicherheit im Bereich von Autobahnbaustellen. Dissertation und Mitteilung Nr. 35 des Lehrstuhls und Instituts für Straßenwesen, Erd- und Tunnelbau der RWTH Aachen, 1993
- KAYSER, H. J.; HESS, M.: Planung von Baustellen auf Autobahnen (ARS 7/90). Lehrstuhl und Institut für Straßenwesen, Erd- und Tunnelbau der RWTH Aachen, FE 03.224 R90L des Bundesministers für Verkehr, Bonn, Dezember 1991
- KOCKELKE, W.: Untersuchungen zum Fahrverhalten und zur Verkehrssicherheit im Bereich von BAB-Baustellen. 3. Fachkolloquium Straße und Verkehr, Stuttgart 1990, Veröffentlichungen aus dem Institut für Straßen- und Verkehrswesen, Stuttgart, April 1991, S. 107-117
- KOCKELKE, W.; ROSSBANDER, E.: Untersuchungen zum Verkehrsverhalten und zur Verkehrssicherheit an Autobahnbaustellen. Forschungsberichte der BAST, Bereich Unfallforschung, Heft 186, 1988
- KOCKELKE, W.; ROSSBANDER, E.: Untersuchungen zum Geschwindigkeitsverhalten an Autobahnbaustellen. Straße und Autobahn 40 (1989) Nr. 3, S. 99-104
- KRAUSE, S.; HAUSMANN, D.: Baustellen auf Autobahnen – eine besondere Herausforderung. Straßenverkehrstechnik, 7/1996, Bonn, 1996
- KRUX, W.; DETERMANN, D.: Sicherheitsbezogene Beurteilung von Autobahnbaustellen. Berichte

- der Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrstechnik, Heft V 28, Bergisch Gladbach, 1995
- LAUBE, M.: Verkehrsverhalten und Unfallgeschehen im Bereich von Autobahnbaustellen. Conference Paper, ETH Zürich, 2001
- MÜLLER, F.; SELIGER, R.: Untersuchungen zur Wirkung unterschiedlicher Leiteinrichtungen als Fahrbahnverengung auf das Fahrverhalten vor BAB-Baustellen. Straße und Autobahn 41 (1990) Nr. 10, S. 452-458
- NADLER, F.; HANKO, W.; SCHREFEL, J.: Verkehrssicherheit im Bereich von Baustellen auf Autobahnen. Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten, Schriftenreihe Straßenforschung, Heft 372, Wien, 1988
- OECD road research group: Traffic operation at sites of temporary obstruction. Organisation for Economic Cooperation and Development, Paris, 1973
- OECD: Verkehrsführung und Verkehrssicherheit im Bereich von Baustellen. Eidgenössisches Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement, Bundesamt für Strassenbau, Bericht einer Arbeitsgruppe der OECD 1989, Bern, 1990
- OEFNER, G.: Handbuch für die wirtschaftliche Vergleichsrechnung im Management der Straßenerhaltung – Baulastträger und Nutzerkosten. Schriftenreihe Informationen – Verkehrsplanung und Straßenwesen der Universität der Bundeswehr München, Heft 27, München-Neubiberg, 1988
- PAPENDRECHT, J. H.; SCHUURMANN, H.: Bottle-necks on freeways: Traffic operational aspects of roadworks. Proceedings of the International Symposium on Highway Capacity, Highway Capacity and Level of Service, BRANNOLTE (ed.), Karlsruhe 24-27 July 1991, S.283-288
- PETERSEN, G.: Sicherheitsfragen und Maßnahmen bei der Ausführung von Unterhaltsarbeiten. Straße und Verkehr 74 (1988) Nr. 10, S. 626-629, 1988a
- PETERSEN, G.: Sicherheitsfragen, Kriterien und Maßnahmen bei der Ausführung von Unterhaltsarbeiten an Autobahnen und Fernverkehrsstraßen. Straßen und Verkehr 2000 – Internationale Straßen- und Verkehrskonferenz Berlin, 6.-9. September 1988, Bd. 2/1: Straßenbau und Straßenerhaltung, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln, 1988b
- POMAREDA, F.; ZACHARIAS, U.: Verkehrssicherheit und Verkehrsablauf im Bereich von Baustellen auf Betriebsstrecken der BAB. Studiengesellschaft Nahverkehr mbH, Berlin, FE 03.214 R89F des Bundesministers für Verkehr, Bonn, Oktober 1991
- RESSEL, W.: Traffic flow and capacity at work sites on freeways. Proceedings of the International Symposium on Highway Capacity, Highway Capacity and Level of Service, BRANNOLTE (ed.), Karlsruhe, 24-27 July 1991, S. 321-328
- RÜFFER, BRAUN: Verkehrssicherheit auf der BAB A 2 im Baustellenbereich zwischen Magdeburg-Rothensee und Marienborn. Straße und Autobahn, 2/2001, Bonn, 2001
- RUNGE, W.-R.: Qualität von Ausweichrouten. Internationales Verkehrswesen (62), Heft 11, 2010
- SCHMUCK, A.: Straßenerhaltung mit System. Grundlagen des Managements. Kirschbaum Verlag, Bonn, 1987
- SCHMUCK, A.; BECKER, H.: Untersuchungen über Einflüsse auf baustellenbedingte geschwindigkeitsabhängige Anteile an den Straßennutzerkosten. Schriftenreihe Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 421, 1984
- SCHÖNBORN, H. D.; SCHULTE, W.: RSA-Handbuch – Sicherung von Arbeitsstellen an Straßen, Band 1: RSA mit Kommentar. Bonn, 1999
- SCHULTE, W.: Verbesserungen bei der Durchführung von Arbeitsstellen kürzerer Dauer. Straßenverkehrstechnik 36 (1992) Nr. 4, S. 177-187
- SIRCH, M.: Einsatz einer „2+0“-Verkehrsführung bei reinen Nachtbaustellen. Straße und Autobahn 44 (1993) Nr. 4, S. 213-220



## Schriftenreihe

### Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

#### Unterreihe „Verkehrstechnik“

## 2008

- V 165: Ermittlung des Beitrages von Reifen-, Kupplungs-, Brems- und Fahrbahnabrieb an den PM<sub>10</sub>-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<sub>x</sub>-Belastung an Straßen  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter [www.nw-verlag.de](http://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 PM<sub>10</sub>-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](http://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](http://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](http://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 PM<sub>10</sub>-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 PM<sub>10</sub>-Belastung  
Bracke, Reznik, Mölleken, Berteilt, Schmidt € 22,00  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter [www.nw-verlag.de](http://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](http://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 Linkseinfädelsstreifen 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

---

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](mailto:vertrieb@nw-verlag.de)  
Internet: [www.nw-verlag.de](http://www.nw-verlag.de)

Dort ist auch ein Kompletverzeichnis erhältlich.