LEHRSTUHL FÜR VERKEHRSWESEN –
PLANUNG UND MANAGEMENT
PROF. DR.-ING. JUSTIN GEISTEFELDT

RUHR
UNIVERSITÄT
BOCHUM
RUB

Ermittlung der verkehrlichen Wirkungspotenziale der Seitenstreifenfreigabe auf Autobahnen in Nordrhein-Westfalen

Gutachten im Auftrag des Landesbetriebs Straßenbau NRW

Prof. Dr.-Ing. Justin Geistefeldt

Dipl.-Ing. Jan Lohoff

November 2011

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung ... 3
1.1 Aufgabenstellung ... 3
1.2 Kenntnis- und Erfahrungsstand ... 6
2. Methodik der Untersuchung ... 8
2.1 Untersuchungsansatz ... 8
2.2 Aufbau der Simulationsmodelle ... 10
2.3 Verkehrsnachfrageszenarien ... 12
3. Untersuchungsstrecken ... 14
3.1 A 2 / A 3 Kreuz Bottrop – Kreuz Breitscheid ... 14
3.2 A 3 AS Dinslaken-Süd – Kreuz Oberhausen ... 17
3.3 A 3 Kreuz Ratingen-Ost – Kreuz Hilden – AS Solingen ... 18
3.4 A 4 Kreuz Köln-Gremberg – Kreuz Köln-Süd ... 20
3.5 A 40 Kreuz Kaiserberg – Kreuz Duisburg ... 21
3.6 A 42 Kreuz Herne – Kreuz Essen-Nord ... 22
3.7 A 43 Kreuz Recklinghausen – Kreuz Bochum/Witten ... 23
3.8 A 44 AS Unna-Ost – Kreuz Dortmund-Unna ... 26
3.9 A 46 AS Haan-Ost – Sonnborner Kreuz ... 27
3.10 A 46 Sonnborner Kreuz – AS Wuppertal-Wichlinghausen ... 29
3.11 A 52 Kreuz Neersen – AS Mönchengladbach-Nord ... 29
3.12 A 52 Kreuz/Dreieck Breitscheid – Kreuz Düsseldorf-Nord ... 31
3.13 A 57 AS Krefeld-Gartenstadt – Kreuz Meerbusch ... 33
3.14 A 57 AS Köln-Bickendorf – AS Köln-Longerich ... 35
3.15 A 59 Dreieck Köln-Porz – Dreieck St. Augustin-West ... 36
4. Zusammenfassung und Empfehlungen ... 38
Literatur ... 42

1. Einleitung

1.1 Aufgabenstellung

Im Rahmen der Untersuchung „Stausituation auf den Autobahnen in Nordrhein-Westfalen“ (GEISTEFELDT, LOHOFF, 2011) wurde das Ausmaß der Staus in Nordrhein-Westfalen im Jahr 2010 empirisch quantifiziert. Die Analyse der räumlichen Verteilung der Staus ergab, dass an den 25 größten Engpässen mehr als drei Viertel der überlastungsbedingten Zeitverluste und Zeitkosten des Gesamtnetzes verursacht wurden (Bild 1-1). Die von diesen Engpässen ausgehenden Überlastungen führen auf ca. 600 Richtungskilometern des nordrhein-westfälischen Autobahnnetzes regelmäßig zu Staus. Die meisten der Engpässe sind bereits Gegenstand von Ausbauplanungen. Teilweise führen laufende Ausbaumaßnahmen zu weiteren Kapazitätseinschränkungen und damit temporär zu zusätzlichen Behinderungen für die Verkehrsteilnehmer. In vielen Fällen ist jedoch aufgrund begrenzter finanzieller Mittel und der Dauer der Planungs- und Genehmigungsvorgänge nicht mit einer kurzfristigen Umsetzung der Ausbauvorhaben zu rechnen. Für diese Engpässe wurden in der o.g. Untersuchung daher mögliche Maßnahmen zur kurzfristigen Verbesserung der Verkehrssituationen vorgeschlagen. Ein hohes Potenzial zur Vermeidung von Staus wurde insbesondere dem Einsatz der temporären Seitenstreifenfreigabe beigemessen. Die temporäre Seitenstreifenfreigabe wird in Nordrhein-Westfalen bislang nur auf zwei kurzen Abschnitten im Zuge der Autobahn A 4 bei Refrath und der A 57 bei Köln eingesetzt, eine weitere Anlage ist derzeit in der Umsetzung. Darüber hinaus wird der Seitenstreifen auf ca. 55 Richtungskilometern dauerhaft als durchgehender Fahrstreifen genutzt.

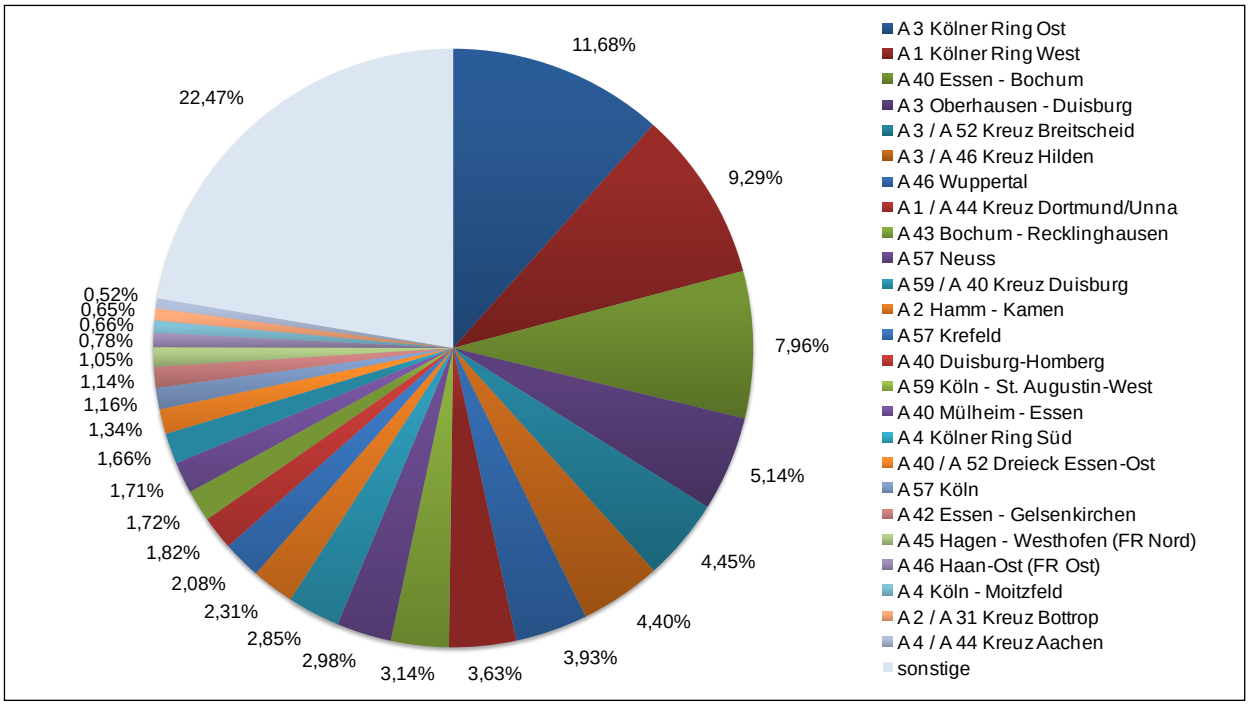

Bild 1-1: Anteil der größten Engpässe an der Summe der Zeitkosten infolge von Staus auf Autobahnen in Nordrhein-Westfalen (GEISTEFELDT, LOHOFF, 2011)

Aufbauend auf den Erkenntnissen aus der o.g. Studie sollen in der vorliegenden Untersuchung die verkehrlichen Wirkungspotenziale der Seitenstreifenfreigabe auf ausgewählten Autobahnabschnitten in Nordrhein-Westfalen modellbasiert analysiert werden. Unter Verwendung eines

makroskopischen Simulationsmodells wird der Nutzen aus vermiedenen Fahrtzeitverlusten durch die Seitenstreifenfreigabe ermittelt. Die Untersuchung umfasst insgesamt 21 Engpassbereiche mit einer Gesamtlänge von 274 Richtungskilometern (vgl. Bild 1-2 und Tab. 1-1), für die teilweise verschiedene Varianten hinsichtlich der Freigabe des Seitenstreifens auf Teilabschnitten betrachtet werden. Soweit nicht anders angegeben, wird auf den in Tab. 1-1 genannten Abschnitten eine durchgehende Freigabe des Seitenstreifens an Anschlussstellen innerhalb des jeweiligen Abschnitts zugrunde gelegt. Dies bedeutet, dass bei einer Umsetzung der Maßnahmen in der Regel zusätzliche Beschleunigungs- und Verzögerungsstreifen an Anschlussstellen eingerichtet werden müssen. Die Ermittlung der Zeitverluste erfolgt für die Verkehrsnachfrage im Jahr 2010, die aus Daten automatischer Dauerzählstellen ermittelt wird, sowie auf der Grundlage von Prognosewerten für das Jahr 2018.

Im Ergebnis soll anhand der ermittelten Nutzenpotenziale ein Vorschlag für eine Priorisierung der Maßnahmen erarbeitet werden. In die Priorisierung wird neben dem ermittelten verkehrlichen Nutzen auch der Aufwand für die Einrichtung einer Seitenstreifenfreigabe einbezogen. Dazu werden Kostenschätzungen für die erforderlichen baulichen Maßnahmen sowie die notwendigen Telematikeinrichtungen verwendet, die durch den Auftraggeber bereitgestellt wurden.

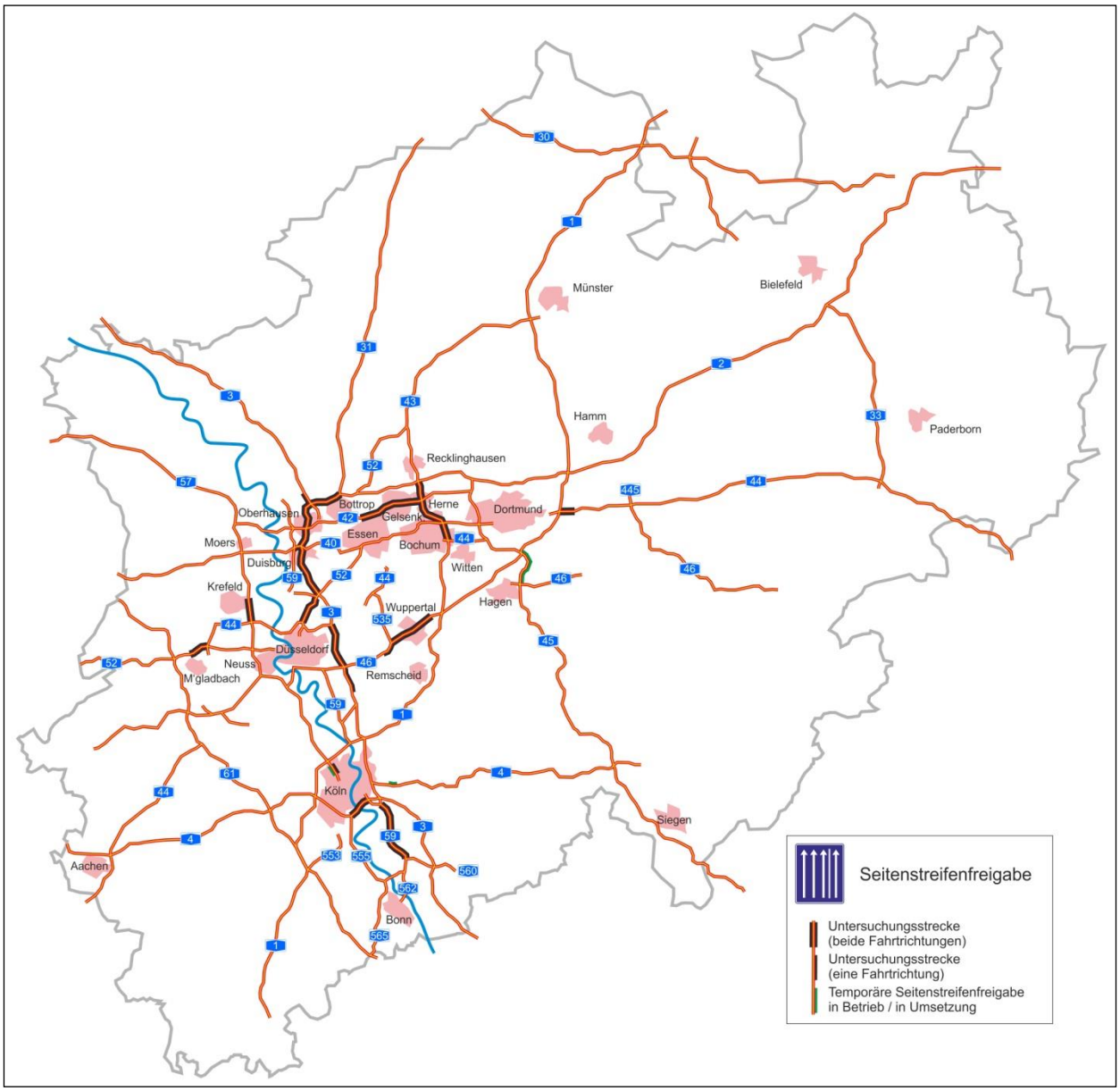

Bild 1-2: Untersuchungsstrecken

BAB	FR	Abschnitt	Länge [km]	Art der Freigabe
A 2	beide	AK/AS Bottrop – AK Oberhausen	6,0	temporär
A 3	Süd	AS Dinslaken-Süd – AK Oberhausen	3,1	temporär
A 3	beide	AK Oberhausen – AK Oberhausen-West	6,4	temporär
A 3	beide	AK Oberhausen-West – AK Kaiserberg[1)]	5,0	temporär
A 3	beide	AK Kaiserberg[1)] – AK Breitscheid	12,7	temporär
A 3	beide	AK Ratingen-Ost – AK Hilden - Planfall 1: durchgehend - Planfall 2: unterbrochen in AS Mettmann	12,2	temporär
A 3	Nord	AS Solingen – AK Hilden	8,7	temporär
A 4	beide	AK Köln-Gremberg – AK Köln-Süd	5,6	temporär
A 40	beide	AK Kaiserberg – AK Duisburg	1,5	permanent
A 42	beide	AK Herne – AK Essen-Nord	15,4	temporär
A 43	beide	AK Recklinghausen – AK Herne	4,4	temporär
A 43	beide	AS Herne-Eickel – AS Bochum-Gerthe / AK Bochum	5,4	temporär
A 43	beide	AK Bochum – AK Bochum/Witten	4,2	temporär
A 44	beide	AS Unna-Ost – AK Dortmund/Unna	3,5	temporär
A 46	Ost	östl. AS Haan-Ost – AK Sonnborn	4,6	temporär
A 46	beide	AS Wuppertal-Wichlinghausen – AK Sonnborn	10,5	temporär
A 52	beide	AK Neersen – AS Mönchengladbach-Nord	4,3	temporär
A 52	beide	AK/AD Breitscheid – AS Ratingen / AK Düsseldorf-Nord	6,1	temporär
A 57	beide	AS Krefeld-Gartenstadt – AK Meerbusch - Planfall 1: Gesamtstrecke durchgehend - Planfall 2: nur AS Krefeld-Oppum – AK Meerbusch	8,9	temporär
A 57	Nord	AS Köln-Bickendorf – AS Köln-Longerich	3,1	permanent
A 59	beide	AD Köln-Porz – AD St. Augustin-West - Planfall 1: Gesamtstrecke durchgehend (beide FR) - Planfall 2: nur AD Köln-Porz – AS Flughafen (FR Süd)	15,0	temporär

1) Einschließlich dauerhafter Seitenstreifenumnutzung zwischen Aus- und Einfahrt des AK Kaiserberg

Tab. 1-1: Untersuchungsstrecken (Längenangaben beziehen sich auf die Abstände der Knotenpunktmitten)

1.2 Kenntnis- und Erfahrungsstand

Der Seitenstreifen ist in seiner Funktion als Sicherheitsraum zum Abstellen von Pannenfahrzeugen und zur Abwicklung des Betriebsdienstes ein unverzichtbarer Bestandteil einer Autobahn. Bei regelmäßigen Überlastungen an räumlich begrenzten Engstellen kann die zeitlich befristete Freigabe des Seitenstreifens für den fließenden Verkehr jedoch sinnvoll sein, um die Kapazität kurzfristig mit begrenztem Planungs- und Investitionsaufwand zu erhöhen. Dabei ist zwischen der dauerhaften Umnutzung des Seitenstreifens durch eine Ummarkierung des Querschnitts und der temporären Seitenstreifenfreigabe mittels Wechselverkehrszeichen zu unterscheiden.

Die erste Anlage für die temporäre Seitenstreifenfreigabe in Deutschland wurde im Jahr 1996 auf einem 1,6 km langen Abschnitt der Autobahn A 4 bei Refrath in Betrieb genommen. Derzeit kann der Seitenstreifen auf rund 210 Richtungskilometern der deutschen Autobahnen temporär

freigegeben werden, ein weiterer Ausbau ist vorgesehen (BMVBS, 2011). In vielen Fällen sind die Anlagen für die Seitenstreifenfreigabe in Streckenbeeinflussungsanlagen integriert.

Die Verkehrssicherheit auf Autobahnen mit dauerhafter Umnutzung des Seitenstreifens sowie temporärer Seitenstreifenfreigabe wurde in mehreren Untersuchungen empirisch analysiert. Hinsichtlich der Sicherheitswirkung einer dauerhaften Umnutzung wurden in mehreren Veröffentlichungen (insbesondere ARNOLD, 2001) die Ergebnisse von HEIDEMANN et al. (1998) zur Sicherheitswirkung des Seitenstreifens auf Autobahnen aufgegriffen. Demnach weisen Autobahnen ohne Seitenstreifen außerhalb von Ballungsräumen bei mittleren Schwerverkehrsanteilen über 10 % eine signifikant erhöhte Unfallrate und Unfallkostenrate im Vergleich zu Abschnitten mit Seitenstreifen auf. Auch auf Strecken in Ballungsräumen wurden erhöhte Unfallraten auf Abschnitten ohne Seitenstreifen festgestellt. Neuere Untersuchungen von MATTHEIS (2002) und LEMKE (2007), die sich auf Abschnitte mit Seitenstreifenumnutzung beziehen, gehen dagegen eher von einer neutralen Sicherheitswirkung der Seitenstreifenfreigabe aus. Allerdings ist das in diesen Studien betrachtete Untersuchungskollektiv deutlich kleiner. In Einzelfällen treten geringfügige Zunahmen der Unfallraten auf den Abschnitten mit Seitenstreifenfreigabe auf, die jedoch durch den Rückgang der Unfallzahlen auf der Zulaufstrecke aufgrund des geringeren Risikos von staubedingten Auffahrunfällen kompensiert oder teilweise sogar überkompensiert werden.

Negative Sicherheitswirkungen einer temporären Seitenstreifenfreigabe sind bislang in keiner Untersuchung dokumentiert worden. Im Gegensatz zur dauerhaften Umnutzung des Seitenstreifens bietet die temporäre Freigabe den Vorteil, dass der Seitenstreifen außerhalb der Spitzenstunden als Sicherheitsraum erhalten bleibt. Damit kann die Kapazität der Autobahn bedarfsgerecht gesteuert werden. Sofern die Freigabe des Seitenstreifens auf die Zeiträume beschränkt wird, in denen die zusätzliche Kapazität des Seitenstreifens wirklich benötigt wird, bildet sich bei einem Hindernis auf dem Seitenstreifen in der Regel sofort ein Stau. Durch das verringerte Geschwindigkeitsniveau in Verbindung mit der Möglichkeit zur Absicherung der Gefahrenstelle durch eine Streckenbeeinflussungsanlage wird das Risiko von Auffahrunfällen auf liegengebliebene Fahrzeuge wirksam minimiert.

Erkenntnisse zu den verkehrlichen Wirkungen der temporären Seitenstreifenfreigabe liegen u.a. für die Autobahnen A 3 und A 5 in Hessen vor (GEISTEFELDT, GLATZ, 2010). Dabei wurde eine Erhöhung der Kapazität von dreistreifigen Richtungsfahrbahnen außerhalb von Knotenpunkten durch die Seitenstreifenfreigabe um 20 bis 25 % ermittelt. Damit entspricht der durch die Freigabe des Seitenstreifens erreichbare Kapazitätszuwachs etwa 60 % der mittleren Kapazität der Fahrstreifen der Hauptfahrbahn. Diese Erkenntnisse fließen in die zukünftige Fassung des HBS (2001) ein (vgl. GEISTEFELDT, 2009). Im Einflussbereich von Knotenpunkten können sich z.B. infolge von Verflechtungsvorgängen stromaufwärts von Fahrstreifenreduktionen im Einzelfall auch geringere Kapazitäten ergeben. Allerdings sind solche Effekte erheblich von den jeweiligen verkehrlichen und streckengeometrischen Randbedingungen abhängig und daher in der Regel nicht verallgemeinerbar.

2. Methodik der Untersuchung

2.1 Untersuchungsansatz

Konventionelle Verfahren für die verkehrstechnische Bemessung von Straßenverkehrsanlagen basieren auf der Analyse des Verkehrsablaufs in einer einzelnen Spitzenstunde. Eine Bewertung der Auswirkungen von Überlastungen ist bei dieser vereinfachten Vorgehensweise jedoch nicht möglich. Insbesondere bei einer Analyse von Engpässen sind makroskopische Simulationsmodelle für eine differenzierte Beurteilung des Verkehrsablaufs über längere Zeiträume besser geeignet. In solchen Modellen wird der Verkehrsfluss anhand der Kenngrößen Verkehrsstärke, Verkehrsdichte und Geschwindigkeit zusammenfassend beschrieben.

Von BRILON, ZURLINDEN (2003) wurde ein makroskopischer Modellansatz für eine Ganzjahresanalyse des Verkehrsablaufs entwickelt. Dieses Konzept ermöglicht eine Quantifizierung des Ausmaßes von Überlastungen anhand einer Gegenüberstellung von Jahresganglinien der Verkehrsnachfrage und der Kapazität. Als Maß für die Qualität des Verkehrsablaufs werden die Summen der Zeitverluste und Zeitkosten sowie die Anzahl der Staustunden pro Jahr ermittelt. Zeitverluste infolge verringerter Geschwindigkeiten bei hohen Verkehrsstärken im fließenden Verkehr werden nicht berücksichtigt. Für die Anwendung der Ganzjahresanalyse wurde das Simulationsprogramm KAPASIM erstellt und in mehreren Versionen weiterentwickelt. Die Realitätsnähe der Simulationsergebnisse wurde in verschiedenen Anwendungen aufgezeigt (u.a. BRILON, ZURLINDEN, GEISTEFELDT, 2004; BRILON, GEISTEFELDT, REGLER, 2006). Für die vorliegende Untersuchung wurde das Programm dahingehend weiterentwickelt, dass auch Zu- und Abflüsse an Knotenpunkten anhand von Ganglinien berücksichtigt werden können. Dies ist bei einer Modellierung des Verkehrsablaufs auf längeren Strecken über Autobahnkreuze hinweg erforderlich, um den Verkehrsaustausch an hoch belasteten Aus- und Einfahrten präzise nachzubilden.

Die Bewertung der Qualität des Verkehrsablaufs für jeden Abschnitt erfolgt mit einem deterministischen Warteschlangenmodell. Dabei werden alle Auswirkungen von Überlastungen dem Abschnitt zugeordnet, auf dem die Störung entsteht. Die räumliche Ausbreitung von Staus wird nicht berücksichtigt. Im Ergebnis werden folgende Größen, jeweils als Summe über ein Jahr, ermittelt:

- Zeitverluste [Kfz · h] infolge von Überlastungen, differenziert nach Fahrzeugarten (Pkw, Schwerverkehr) und Tagestypen (Werktag, Sonn-/Feiertag),
- Zeitkosten [€],
- Staudauer.

Für die Ermittlung der Zeitkosten werden die Kostensätze des BVWP (PLANCO, 2000) zugrunde gelegt, die für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen von Seitenstreifenfreigaben üblicherweise verwendet werden (vgl. ARNOLD, 2001).

Die Nachbildung der Verkehrsnachfrage erfolgt auf der Grundlage der Daten von Dauerzählstellen. Da bei einer Überlastung die an Dauerzählstellen gemessene Verkehrsstärke nicht der Verkehrsnachfrage entspricht, werden die Ganglinien der Verkehrsnachfrage in Stunden-Intervallen mit dem Verfahren der tagesindividuellen Typganglinien (BRILON, GEISTEFELDT, 2007) modelliert. Für die Simulationsrechnung werden die Ganglinie der Verkehrsnachfrage auf der Hauptfahrbahn des Abschnitts am Beginn der Untersuchungsstrecke sowie die Ganglinien der ein- und ausfahrenden Verkehre zugrunde gelegt. Die Verkehrsnachfrage am Beginn eines

Folgeabschnitts ergibt sich aus dem Abfluss des vorangehenden Abschnitts sowie ggf. den an Anschlussstellen aus- und einfahrenden Verkehrsmengen. Dabei wird berücksichtigt, dass der abfließende Verkehr durch Überlastungen in den Vorlaufabschnitten in seinem zeitlichen Verlauf beeinflusst wird.

Die Kapazität wird nicht als deterministischer Wert, sondern gemäß jüngeren Erkenntnissen (z.B. MINDERHOUD et al., 1997; BRILON, GEISTEFELDT, REGLER, 2005) als eine stochastische Größe aufgefasst. Die Generierung von Ganglinien der Kapazität erfolgt anhand von Verteilungsfunktionen. Die am besten geeignete Verteilungsfunktion zur Beschreibung der Kapazität von Autobahnen ist die Weibull-Verteilung (BRILON, ZURLINDEN, 2003). Die Verteilungsfunktion der Kapazität $F_C(q)$ lautet:

$$F_C(q) = 1 - e^{-\left(\frac{q}{b}\right)^a} \qquad (2\text{-}1)$$

mit q = Verkehrsstärke [Kfz/h]
a = Formparameter [-]
b = Maßstabsparameter [Kfz/h]

Der Formparameter a beschreibt die Streuung der Verteilungsfunktion. Eine Zunahme des Parameters a bedeutet eine Verringerung der Varianz der Kapazitätsverteilung. In der vorliegenden Untersuchung wird in Anlehnung an die Ergebnisse von BRILON, GEISTEFELDT (2010) der Wert a = 15 verwendet. Für Abschnitte mit Streckenbeeinflussungsanlage wird a auf 18 erhöht, um der homogenisierenden Wirkung der Streckenbeeinflussungsanlage Rechnung zu tragen. Aus dem gleichen Grund wird für Abschnitte, an deren Beginn eine Zuflussregelung eingesetzt wird, der Wert a = 24 angesetzt.

Der Maßstabsparameter b ist proportional zum Erwartungswert der Verteilungsfunktion. Durch die Anpassung des Maßstabsparameters an die jeweiligen Verkehrs-, Umfeld- und Steuerungsbedingungen werden alle systematischen Einflüsse auf die Kapazität erfasst. Dabei werden die Kapazitätswerte der fortgeschriebenen Fassung des Handbuchs für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS), die derzeit in den Gremien der FGSV erarbeitet wird (vgl. GEISTEFELDT, 2009), zugrunde gelegt. Der Parameter b der Verteilungsfunktion der Kapazität wird durch Multiplikation des jeweils zutreffenden HBS-Kapazitätswertes mit dem Faktor 1,275 ermittelt (vgl. BRILON, GEISTEFELDT, REGLER, 2006).

Der „capacity drop“, d.h. die verringerte Kapazität im gestauten Verkehr nach einem Zusammenbruch des Verkehrsflusses, und die reduzierte Kapazität bei nasser Fahrbahn werden durch pauschale Abminderungsfaktoren von 15 % (capacity drop) bzw. 12 % (nasse Fahrbahn) erfasst. Für die Simulation der Auswirkungen von Störfällen auf den Verkehrsablauf werden die von BÄUMER (2002) ermittelten Pannenraten sowie die in den EWS (1997) angegebenen Unfallraten verwendet.

Das Simulationsmodell KAPASIM ermöglicht eine Quantifizierung des Ausmaßes von Überlastungen auf Autobahnen, die durch eine zu geringe Kapazität der Hauptfahrbahn verursacht werden. Es ist somit geeignet, Kapazitätsdefizite von Hauptfahrbahnen im Sinne des HBS zu identifizieren und die verkehrlichen Wirkungspotenziale einer Freigabe des Seitenstreifens zu beurteilen. Nicht erfasst werden jedoch Zeitverluste, die aufgrund von Überlastungen einzelner Elemente an Knotenpunkten entstehen. Für eine detaillierte Analyse der Wechselwirkungen zwischen Strecke und Knotenpunkt sind im Einzelfall weitergehende Untersuchungen, z.B. mittels mikroskopischer Verkehrsflusssimulation, erforderlich. Dies gilt insbesondere für hoch

belastete Autobahnknotenpunkte, an denen durch die Freigabe des Seitenstreifens ein erhöhter Zufluss sowie eine Häufung von Verflechtungsvorgängen eintreten kann. Insofern erlaubt die vorliegende Untersuchung nur eine vorläufige Einschätzung des verkehrlichen Nutzens einer Seitenstreifenfreigabe, die ggf. durch weitere Analysen zu ergänzen ist.

Für die Überprüfung und Plausibilisierung der Simulationsergebnisse werden die Auswertungen der Zeitverluste und Staudauern für alle Engpässe des Autobahnnetzes in Nordrhein-Westfalen aus der vorangegangenen Untersuchung (GEISTEFELDT, LOHOFF, 2011) verwendet. Um mit der Simulation vergleichbare Werte zu erhalten, wurden dabei nur die Staus berücksichtigt, die nicht der Ursache „Baustelle“ oder „Tagesbaustelle“ zugeordnet waren.

Zu berücksichtigen ist, dass mit dem Programm KAPASIM die Zeitverluste und Staudauern nach dem Prinzip des „vertical queuing“ für jeden Abschnitt individuell ermittelt werden. In der Realität treten dagegen Rückstaueffekte auf, d.h. an lokalen Zählstellen werden Staus erfasst, die auf verschiedenen Abschnitten stromabwärts der Messstelle verursacht wurden. Dies gilt insbesondere bei kurzen Abschnitten zwischen dicht aufeinander folgenden Knotenpunkten. Abweichungen zwischen den Simulationsergebnissen und dem tatsächlichen Verkehrsablauf können darüber hinaus u.a. folgende Ursachen haben:

- Einflüsse aus den stochastischen Eigenschaften des verwendeten Simulationsmodells einerseits und der Zufälligkeit des realen Verkehrsgeschehens (z.B. aufgrund von Witterungseinflüssen) andererseits,
- Unterschiede zwischen der tatsächlichen Kapazität der Autobahn und den im Modell zugrunde gelegten Bemessungswerten des HBS,
- Überlastungen von stromabwärts liegenden Knotenpunkten, die im Modell nicht nachgebildet werden können,
- Überlastungen im Zulauf des betrachteten Streckenabschnitts, die zu einer Drosselung der auf den Abschnitt zufließenden Verkehrsstärke im Bereich von Verkehrsspitzen führen und somit das Ausmaß der in der Realität auftretenden Überlastungen verringern.

Abweichungen zwischen den Simulationsergebnissen und den empirisch ermittelten Zeitverlusten und Staudauern werden für jede Untersuchungsstrecke analysiert und bewertet. Dies ermöglicht eine Einschätzung, ob die Simulationsergebnisse in einer realistischen Größenordnung liegen und inwieweit Engpässe im Bereich von Knotenpunkten wirksam werden, die durch eine Freigabe des Seitenstreifens nicht behoben werden können.

2.2 Aufbau der Simulationsmodelle

Die in Tab. 1-1 angegebenen Untersuchungsstrecken werden richtungsgetrennt im Simulationsprogramm KAPASIM nachgebildet. Sofern sich die Untersuchungsstrecken über mehrere Knotenpunkte erstrecken, werden sie in mehrere Streckenabschnitte unterteilt, die jeweils durch die Knotenpunkte begrenzt werden. Die Strecken zwischen den Aus- und Einfahrten an Knotenpunkten werden nur dann als separate Abschnitte modelliert, wenn aufgrund einer geringeren Fahrstreifenanzahl (bei Aus- und Einfahrten mit Fahrstreifensubtraktion bzw. -addition) oder aufgrund einer Unterbrechung der temporären Seitenstreifenfreigabe eine höhere Auslastung als in den Streckenabschnitten außerhalb des Knotenpunkts gegeben ist.

Direkt aneinander angrenzende Untersuchungsstrecken werden in gemeinsamen Netzmodellen nachgebildet, um eine mögliche Verlagerung von Überlastungen bei einer Freigabe des Seitenstreifens in stromabwärts gelegene Abschnitte zu berücksichtigen. Ansonsten werden bei den Netzmodellen in der Regel keine Vor- und Nachlaufstrecken berücksichtigt, da alle Untersuchungsstrecken an Abschnitte mit deutlich geringerer Verkehrsbelastung und/oder an Autobahnkreuze, an denen die Verlagerung von Überlastungen innerhalb des Knotenpunkts nicht nachgebildet werden kann, angrenzen. Mögliche Verlagerungen von Überlastungen aufgrund einer Freigabe des Seitenstreifens auf einzelnen Abschnitten werden jedoch in jedem Einzelfall qualitativ analysiert und bewertet. Unter Berücksichtigung der Zusammenfassung aneinander angrenzender Untersuchungsstrecken ergeben sich die in Tab. 2-1 angegebenen Netzmodelle.

BAB	FR	Abschnitt
A 2 / A 3	Süd	AK Bottrop – AK Oberhausen – AK Oberhausen-West – AK Kaiserberg – AK Breitscheid
A 2 / A 3	Nord	AK Breitscheid – AK Kaiserberg – AK Oberhausen-West – AK Oberhausen – AK Bottrop
A 3	Süd	AS Dinslaken-Süd – AK Oberhausen
A 3	Süd	AK Ratingen-Ost – AK Hilden
A 3	Nord	AS Solingen – AK Hilden – AK Ratingen-Ost
A 4	West	AK Köln-Gremberg – AK Köln-Süd
A 4	Ost	AK Köln-Süd – AK Köln-Gremberg
A 40	West	AK Kaiserberg – AK Duisburg
A 40	Ost	AK Duisburg– AK Kaiserberg
A 42	West	AK Herne – AS Herne-Wanne
A 43	Süd	AK Recklinghausen – AK Herne – AK Bochum – AK Bochum/Witten
A 43	Nord	AK Bochum/Witten – AK Bochum – AK Herne – AK Recklinghausen
A 44	West	AS Unna-Ost – AK Dortmund/Unna
A 44	Ost	AK Dortmund/Unna – AS Unna-Ost
A 46	Ost	AS Haan-Ost – AK Sonnborn
A 52	West	AK Neersen – AS Mönchengladbach-Nord
A 52	Ost	AS Mönchengladbach-Nord – AK Neersen
A 52	West	AK/AD Breitscheid – AK Düsseldorf-Nord
A 52	Ost	AK Düsseldorf-Nord – AK/AD Breitscheid
A 57	Süd	AS Krefeld-Gartenstadt – AK Meerbusch
A 57	Nord	AK Meerbusch – AS Krefeld-Gartenstadt
A 57	Nord	AS Köln-Bickendorf – AS Köln-Longerich
A 59	Süd	AD Köln-Porz – AD St. Augustin-West
A 59	Nord	AD St. Augustin-West – AD Köln-Porz

Tab. 2-1: Analysierte Netzmodelle

Für die Nachbildung der Verkehrsnachfrage werden Daten von automatischen Dauerzählstellen aufbereitet und ausgewertet. Die Kontinuität der Verkehrsstärken auf der Hauptfahrbahn und in den Ein- und Ausfahrten wird für jede Untersuchungsstrecke manuell geprüft. Soweit erforderlich werden die Messwerte durch Schätzwerte ersetzt, um die Kontinuität und Plausibilität der Verkehrsstärken auf der Hauptfahrbahn zu gewährleisten. Der Einfluss der zeitlichen Variabilität des Schwerverkehrs wird anhand der Ganglinie des Schwerverkehrsanteils in Stunden-Interval-

len am Beginn der Untersuchungsstrecke nachgebildet. Bei längeren Untersuchungsstrecken wird stattdessen die Ganglinie des Schwerverkehrsanteils im höchst belasteten Streckenabschnitt zugrunde gelegt. Da der Schwerverkehrsanteil nur für die Ermittlung der Kapazität benötigt wird und er sich üblicherweise im Verlauf einer Untersuchungsstrecke nur geringfügig ändert, wird im Simulationsprogramm KAPASIM auf die Nachbildung der Veränderung des Schwerverkehrsanteils an Anschlussstellen verzichtet.

Im Rahmen der Aufbereitung der Verkehrsdaten stellte sich heraus, dass aufgrund des durch Baustellen bedingten Ausfalls mehrerer Dauerzählstellen für die Autobahn A 46 zwischen Wuppertal-Wichlinghausen und Sonnborner Kreuz keine ausreichenden Daten für eine präzise Ermittlung der Verkehrsnachfrage verfügbar waren. Daher wurde dieser Abschnitt aus den Simulationsuntersuchungen ausgeklammert. Für die Untersuchungsstrecke der Autobahn A 42 zwischen Kreuz Herne und Kreuz Essen-Nord wurde eine Seitenstreifenfreigabe nur auf dem Teilabschnitt zwischen Kreuz Herne und Anschlussstelle Herne-Crange in Fahrtrichtung West analysiert (vgl. Ziffer 3.6).

Die Ermittlung der Kapazität erfolgt für jeden Streckenabschnitt analog zum Bemessungsverfahren des HBS (2001) anhand der Parameter:

- Fahrstreifenanzahl,
- mit / ohne temporäre Seitenstreifenfreigabe,
- (maximale) Längsneigung,
- Schwerverkehrsanteil,
- Geschwindigkeitsbeschränkung,
- Lage des Streckenabschnitts (innerhalb oder außerhalb von Ballungsräumen).

Hinsichtlich der Geschwindigkeitsbeschränkung im Planfall mit temporärer Seitenstreifenfreigabe wird in Abstimmung mit dem Auftraggeber davon ausgegangen, dass die Anlage der temporären Seitenstreifenfreigabe mit einer Streckenbeeinflussungsanlage kombiniert wird. Auf einigen Untersuchungsstrecken ist die Einrichtung einer Streckenbeeinflussungsanlage ohnehin bereits vorgesehen (unabhängig von der Umsetzung einer temporären Seitenstreifenfreigabe).

2.3 Verkehrsnachfrageszenarien

Für die Quantifizierung der Nutzenpotenziale der Seitenstreifenfreigabe auf Autobahnen in Nordrhein-Westfalen werden zwei Nachfrageszenarien analysiert. Einerseits wird die Verkehrsnachfrage im Jahr 2010, die aus den Verkehrsdaten der automatischen Dauerzählstellen ermittelt werden kann, zugrunde gelegt. Andererseits wird ein Prognosewert der Verkehrsnachfrage angesetzt, der repräsentativ für den möglichen Nutzungszeitraum einer temporären Freigabe oder dauerhaften Umnutzung des Seitenstreifens ist. Da für die einzelnen Untersuchungsabschnitte keine Verkehrsprognosewerte vorliegen, wird die zu erwartende Zunahme der Verkehrsnachfrage auf der Grundlage der Fortschreibung der Verkehrsprognose des Bundesverkehrswegeplans geschätzt.

Aufgrund der erforderlichen Planungs- und Umsetzungszeiträume ist für die einzelnen Maßnahmen in der Regel von einer Inbetriebnahme frühestens im Jahr 2013 auszugehen. Bei einer gemäß den EWS (1997) für die Untersuchung der Wirtschaftlichkeit von Investitionen in die Straßenausstattung anzusetzenden Abschreibungsdauer von zehn Jahren erstreckt sich dem-

entsprechend die anzusetzende Nutzung auf den Zeitraum von 2013 bis 2022 (oder später). Unter der Annahme einer näherungsweise linearen Zunahme der Verkehrsnachfrage in den kommenden Jahren wird das Jahr 2018 als Referenzjahr für die Ermittlung des verkehrlichen Nutzens zugrunde gelegt, so dass die Verkehrsnachfrage im Referenzjahr ungefähr der durchschnittlichen Verkehrsnachfrage während des möglichen Nutzungszeitraums entspricht.

Gemäß der Verkehrsprognose für das Jahr 2025, die im Rahmen der Überprüfung des Bundesverkehrswegeplans 2003 erstellt worden ist, ist für den Zeitraum von 2004 bis 2025 eine Zunahme der Verkehrsleistung des motorisierten Individualverkehrs um 16 % und des Straßengüterfernverkehrs um 84 % zu erwarten (ITP, 2007). Dies entspricht einer mittleren jährlichen Zunahme des motorisierten Individualverkehrs um 0,7 % und des Straßengüterfernverkehrs um 2,9 %. Eine Überprüfung der Verkehrsprognosewerte unter Berücksichtigung der Auswirkungen der Wirtschafts- und Finanzkrise hat ergeben, dass trotz des insbesondere im Güterverkehr zu verzeichnenden Rückgangs der Verkehrsnachfrage im Jahr 2009 die langfristigen Wachstumsprognosen wahrscheinlich erreicht werden (BMVBS, 2010).

Vor diesem Hintergrund wird im Rahmen der vorliegenden Untersuchung die Verkehrsnachfrage im Jahr 2018 auf der Grundlage der Verkehrsdaten des Jahres 2010 und unter Ansatz der o.g. jährlichen Zuwachsraten von 0,7 % für den motorisierten Individualverkehr bzw. 2,9 % für den Schwerverkehr ermittelt. Anhand der prognostizierten Zuwachsraten des motorisierten Individualverkehrs und des Schwerverkehrs werden für jede Untersuchungsstrecke in Abhängigkeit vom mittleren Schwerverkehrsanteil Faktoren für die Zunahme des Kfz-Verkehrs und des Schwerverkehrsanteils nach folgender Gleichung ermittelt, mit denen die Verkehrsnachfragewerte für sämtliche Stunden des Jahres multipliziert werden:

$$f_{Kfz} = (1 - b_{SV}) \cdot 1{,}007^8 + b_{SV} \cdot 1{,}029^8$$
$$f_{SV} = \frac{1{,}029^8}{f_{Kfz}} \qquad (2\text{-}2)$$

mit f_{Kfz} = Zunahmefaktor des Kfz-Verkehrs 2010 – 2018 [-]
f_{SV} = Zunahmefaktor des Schwerverkehrsanteils 2010 – 2018 [-]
b_{SV} = mittlerer Schwerverkehrsanteil im Jahr 2010 [-]

Bei einem mittleren Schwerverkehrsanteil im Jahr 2010 von 10 % ergibt sich z.B. eine Zunahme des Kfz-Verkehrs zwischen 2010 und 2018 um insgesamt ca. 8 % und eine Zunahme des mittleren Schwerverkehrsanteils um ca. 17 %.

3. Untersuchungsstrecken

Nachfolgend werden die einzelnen Untersuchungsstrecken vorgestellt, die wesentlichen Ergebnisse der Simulationsrechnungen dargestellt und im Kontext der empirischen Stauauswertungen für das Jahr 2010 interpretiert.

3.1 A 2 / A 3 Kreuz Bottrop – Kreuz Breitscheid

Die Autobahn A 3 zwischen Kreuz Oberhausen und Kreuz Breitscheid ist die wichtigste Nord-Süd-Achse im westlichen Ruhrgebiet. Durch die Überlagerung von starken Fern- und Pendlerverkehrsströmen ist die sechsstreifig ausgebaute A 3 mit bis zu ca. 127.000 Kfz/d zwischen Kreuz Oberhausen-West und AS Oberhausen-Lirich sehr hoch belastet. In diesem Bereich traten im Jahr 2010 in beiden Fahrtrichtungen an mehr als 400 Stunden Staus auf. Am Kreuz Oberhausen geht die Hauptfahrbahn der A 3 in die Autobahn A 2 über. Der sechsstreifige Abschnitt der A 2 zwischen Kreuz Oberhausen und Kreuz Bottrop weist einen DTV von bis zu 113.000 Kfz/d auf. Der mittlere Schwerverkehrsanteil beträgt bis zu 20 %.

Im Folgenden wird die Einrichtung einer temporären Seitenstreifenfreigabe auf den folgenden Abschnitten, jeweils in beiden Fahrtrichtungen, analysiert:

- AK/AS Bottrop – AK Oberhausen,
- AK Oberhausen – AK Oberhausen-West,
- AK Oberhausen-West – AK Kaiserberg,
- AK Kaiserberg – AK Breitscheid.

Am Kreuz Kaiserberg wird in beiden Fahrtrichtungen der rechte Fahrstreifen der dreistreifigen Richtungsfahrbahn subtrahiert, so dass zwischen der Aus- und Einfahrt jeweils nur zwei Fahrstreifen für den durchgehenden Verkehr zur Verfügung stehen. Bei einer Freigabe des Seitenstreifens auf den angrenzenden Streckenabschnitten müsste der auf dem freigegebenem Seitenstreifen fahrende Verkehr (insbesondere der Schwerverkehr) zwei Fahrstreifenwechsel durchführen, um dem Streckenverlauf der A 3 weiter zu folgen. Da dies erhebliche Störungen des Verkehrsablaufs im Bereich der Ausfahrt verursachen würde, kommt eine Seitenstreifenfreigabe auf den nördlich und südlich an das Kreuz Kaiserberg angrenzenden Abschnitten der A 3 nur in Verbindung mit einer permanenten Umnutzung des Seitenstreifens als dritten Fahrstreifen zwischen Aus- und Einfahrt am Kreuz Kaiserberg in Betracht. Dies wurde in den Simulationsmodellen für den Planfall berücksichtigt.

Da die o.g. Teilabschnitte unmittelbar aneinander angrenzen, ist eine isolierte Betrachtung der Seitenstreifenfreigaben nicht sinnvoll. Trotz des starken Verkehrsaustauschs an den Autobahnkreuzen ist bei einer Freigabe des Seitenstreifens auf einem einzelnen Teilabschnitt mit einer erheblichen Verlagerung von Staus auf die stromabwärts liegenden Abschnitte zu rechnen, sofern dort nicht ebenfalls der Seitenstreifen freigegeben wird. Die stufenweise Umsetzung einer Seitenstreifenfreigabe auf einzelnen Abschnitten ist nur sinnvoll, sofern mit den Abschnitten begonnen wird, die den höchsten Auslastungsgrad aufweisen. Daher werden für die Berechnung des Planfalls mit Seitenstreifenfreigabe die folgenden Planfälle unterschieden, bei denen teilweise mehrere Seitenstreifenfreigaben zusammengefasst sind:

- Planfall 1: AK/AS Bottrop – AK Oberhausen,

- Planfall 2: AK Oberhausen – AK Kaiserberg,
- Planfall 3: AK Oberhausen-West – AK Kaiserberg,
- Planfall 4: AK Kaiserberg – AK Breitscheid,
- Planfall 5: AK/AS Bottrop – AK Kaiserberg,
- Planfall 6: AK/AS Bottrop – AK Breitscheid.

Die Ergebnisse der Simulationsrechnungen sind in Tab. 3-1 für die Fahrtrichtung Süd sowie in Tab. 3-2 für die Fahrtrichtung Nord zusammengefasst. Die für den Nullfall ermittelten Zeitverluste entsprechen in Fahrtrichtung Nord nahezu exakt den modellbasiert ermittelten Werten. In Fahrtrichtung Süd sind die modellbasiert ermittelten Zeitverluste deutlich geringer als die realen Werte. Dies ist in erster Linie darauf zurückzuführen, dass in der Realität erhebliche Rückstaus vor dem Kreuz Breitscheid auftreten, die im Modell nicht mehr erfasst werden. Ohne diesen Einfluss ergibt sich auch in Fahrtrichtung Süd eine gute Übereinstimmung.

Im Vergleich der betrachteten Planfälle zeigt sich eindeutig, dass sich in Fahrtrichtung Süd ein hoher Nutzen ausschließlich durch eine temporäre Seitenstreifenfreigabe auf dem Abschnitt zwischen Kreuz Oberhausen-West und Kreuz Kaiserberg (Planfall 3) ergibt. Die eingesparten Zeitkosten sind mit insgesamt über 10 Mio. € p.a. im Bezugsjahr 2018 beträchtlich. Eine zusätzliche Freigabe des Seitenstreifens auf weiteren Abschnitten (Planfall 2, 5 und 6) ergibt dagegen nur einen geringen Mehrnutzen.

Szenario	max. Stau-dauer [h]	Zeitverluste [Kfz · h]	Zeitkosten [€]	Nutzen p.a. [€]	Kosten p.a. [€]	NKV [-]
Nullfall: Gesamtstrecke						
Empirie 2010 ohne TSF	433	394.391	6.184.222	–	–	–
Modell 2010 ohne TSF	354	199.096	3.228.862	–	–	–
Modell 2018 ohne TSF	801	801.986	13.742.270	–	–	–
Planfall 1: TSF AK Bottrop – AK Oberhausen						
Modell 2010 mit TSF	351	192.882	3.138.831	90.031	878.442	0,1
Modell 2018 mit TSF	797	795.024	13.635.726	106.544	878.442	0,1
Planfall 2: TSF AK Oberhausen – AK Oberhausen-West – AK Kaiserberg						
Modell 2010 mit TSF	67	59.103	946.585	2.282.277	2.260.320	1,0
Modell 2018 mit TSF	195	188.073	3.128.390	10.613.880	2.260.320	4,7
Planfall 3: TSF AK Oberhausen-West – AK Kaiserberg						
Modell 2010 mit TSF	60	59.219	952.273	2.276.589	1.342.632	1,7
Modell 2018 mit TSF	182	207.206	3.439.173	10.303.097	1.342.632	7,7
Planfall 4: TSF AK Kaiserberg – AK Breitscheid						
Modell 2010 mit TSF	355	193.981	3.145.393	83.469	1.380.927	0,1
Modell 2018 mit TSF	806	790.143	13.520.226	222.044	1.380.927	0,2
Planfall 5: TSF AK Bottrop – AK Oberhausen – AK Oberhausen-West – AK Kaiserberg						
Modell 2010 mit TSF	61	44.098	701.306	2.527.556	3.138.762	0,8
Modell 2018 mit TSF	195	159.020	2.636.605	11.105.665	3.138.762	3,5
Planfall 6: TSF AK Bottrop – AK Oberhausen – AK Oberhausen-West – AK Kaiserberg – AK Breitscheid						
Modell 2010 mit TSF	31	35.073	556.749	2.672.113	4.484.520	0,6
Modell 2018 mit TSF	111	102.076	1.701.507	12.040.763	4.484.520	2,7

Tab. 3-1: Simulationsergebnisse für die Autobahn A 2 / A 3 AK/AS Bottrop – AK Oberhausen – AK Oberhausen-West – AK Kaiserberg – AK Breitscheid, Fahrtrichtung Süd

Szenario	max. Stau-dauer [h]	Zeitverluste [Kfz · h]	Zeitkosten [€]	Nutzen p.a. [€]	Kosten p.a. [€]	NKV [-]
Nullfall: Gesamtstrecke						
Empirie 2010 ohne TSF	537	411.620	6.184.221	–	–	–
Modell 2010 ohne TSF	466	405.124	6.328.332	–	–	–
Modell 2018 ohne TSF	1.018	1.704.224	27.322.152	–	–	–
Planfall 1: TSF AK Oberhausen – AK/AS Bottrop						
Modell 2010 mit TSF	465	366.150	5.718.846	609.486	878.442	0,7
Modell 2018 mit TSF	1.018	1.507.676	24.182.932	3.139.220	878.442	3,6
Planfall 2: TSF AK Kaiserberg – AK Oberhausen-West – AK Oberhausen						
Modell 2010 mit TSF	205	149.883	2.357.871	3.970.461	2.260.320	1,8
Modell 2018 mit TSF	622	795.299	12.781.848	14.540.304	2.260.320	6,4
Planfall 3: TSF AK Kaiserberg – AK Oberhausen-West						
Modell 2010 mit TSF	211	159.617	2.507.473	3.820.859	1.342.632	2,8
Modell 2018 mit TSF	626	834.093	13.405.385	13.916.767	1.342.632	10,4
Planfall 4: TSF AK Breitscheid – AK Kaiserberg						
Modell 2010 mit TSF	461	373.941	5.838.055	490.277	1.380.927	0,4
Modell 2018 mit TSF	1.016	1.603.619	25.725.619	1.596.533	1.380.927	1,2
Planfall 5: TSF AK Kaiserberg – AK Oberhausen-West – AK Oberhausen – AK Bottrop						
Modell 2010 mit TSF	131	88.150	1.387.113	4.941.219	3.138.762	1,6
Modell 2018 mit TSF	363	356.866	5.745.087	21.577.065	3.138.762	6,9
Planfall 6: TSF AK Breitscheid – AK Kaiserberg – AK Oberhausen-West – AK Oberhausen – AK Bottrop						
Modell 2010 mit TSF	31	63.122	989.458	5.338.874	4.484.520	1,2
Modell 2018 mit TSF	92	205.875	3.354.382	23.967.770	4.484.520	5,3

Tab. 3-2: Simulationsergebnisse für die Autobahn A 2 / A 3 AK Breitscheid – AK Kaiserberg – AK Oberhausen-West – AK Oberhausen – AK Bottrop, Fahrtrichtung Nord

In Fahrtrichtung Nord entsteht ebenfalls durch die temporäre Freigabe des Seitenstreifens zwischen Kreuz Kaiserberg und Kreuz Oberhausen-West (Planfall 3) mit 13,9 Mio. € im Jahr 2018 der größte Nutzen, allerdings kann der Nutzen durch die zusätzliche Freigabe des Seitenstreifens auf den folgenden Abschnitten zwischen Kreuz Oberhausen-West und Kreuz Oberhausen sowie zwischen Kreuz Oberhausen und Kreuz Bottrop auf insgesamt 21,8 Mio. € p.a. gesteigert werden (Planfall 5). Eine temporäre Seitenstreifenfreigabe auf dem Abschnitt zwischen Kreuz Breitscheid und Kreuz Kaiserberg erreicht einen vergleichsweise geringen Nutzen von rund 1,6 Mio. € p.a. (Planfall 4).

Der bauliche Aufwand für eine Ertüchtigung des Seitenstreifens ist insbesondere im Abschnitt zwischen Kreuz Kaiserberg und Kreuz Oberhausen-West sehr hoch. Eine kurzfristige Realisierbarkeit der Maßnahme ist daher fraglich.

3.2 A 3 AS Dinslaken-Süd – Kreuz Oberhausen

Die Autobahn A 3 ist im Abschnitt zwischen AS Dinslaken-Süd und Kreuz Oberhausen vierstreifig ausgebaut und mit einem DTV von rund 70.000 Kfz/d belastet. In Fahrtrichtung Süd

treten im Zulauf auf das Kreuz Oberhausen regelmäßig Überlastungen auf. Im Jahr 2010 wurden rund 150 Stunden Stau auf diesem Abschnitt gemessen.

Als Planfall wurde die Einrichtung einer temporären Seitenstreifenfreigabe zwischen AS Dinslaken-Süd und Kreuz Oberhausen analysiert. Die Ergebnisse sind in Tab. 3-3 dargestellt. Ein Vergleich mit dem tatsächlichen Überlastungsgeschehen zeigt, dass das in der Simulation ermittelte Ausmaß der Überlastungen deutlich geringer ist als in der Realität. Dies deutet darauf hin, dass das Kreuz Oberhausen und nicht die Strecke im Zulauf den maßgebenden Engpass darstellt. Dafür spricht auch, dass in der Realität die Staudauer unmittelbar vor dem Kreuz Oberhausen am größten ist. Vor dem Hintergrund des geringen Nutzens einer temporären Seitenstreifenfreigabe wird empfohlen, die Planung nicht weiterzuverfolgen.

Szenario	max. Stau-dauer [h]	Zeitverluste [Kfz · h]	Zeitkosten [€]	Nutzen p.a. [€]	Kosten p.a. [€]	NKV [-]
Nullfall						
Empirie 2010 ohne TSF	156	17.804	272.979	–	–	–
Modell 2010 ohne TSF	61	8.024	121.530	–	–	–
Modell 2018 ohne TSF	175	37.121	575.812	–	–	–
Planfall: TSF AS Dinslaken-Süd – AK Oberhausen						
Modell 2010 mit TSF	5	1.569	23.391	98.139	883.175	0,1
Modell 2018 mit TSF	12	3.014	46.355	529.457	883.175	0,6

Tab. 3-3: Simulationsergebnisse für die Autobahn A 3 AS Dinslaken-Süd – AK Oberhausen, Fahrtrichtung Süd

3.3 A 3 Kreuz Ratingen-Ost – Kreuz Hilden – AS Solingen

Die sechsstreifige Autobahn A 3 ist im Bereich östlich von Düsseldorf mit einem DTV von bis zu ca. 127.000 Kfz/d zwischen Kreuz Ratingen-Ost und Kreuz Hilden bzw. 120.000 Kfz/d zwischen Kreuz Hilden und AS Solingen belastet. Der mittlere Schwerverkehrsanteil beträgt rund 12 %. Der Streckenabschnitt zwischen Kreuz Ratingen-Ost und AS Mettmann ist dabei in beiden Fahrtrichtungen mit ca. 240 bzw. 340 Stunden Stau im Jahr 2010 besonders häufig überlastet.

Die Analyse der verkehrlichen Wirkungen einer temporären Seitenstreifenfreigabe erfolgt für den Abschnitt zwischen Kreuz Ratingen-Ost und Kreuz Hilden in beiden Fahrtrichtungen sowie zwischen AS Solingen und Kreuz Hilden in Fahrtrichtung Nord. Die beiden Teilabschnitte in Fahrtrichtung Nord werden in einem gemeinsamen Netzmodell analysiert. Als Variante für den Abschnitt zwischen Kreuz Ratingen-Ost und Kreuz Hilden wird in beiden Fahrtrichtungen zusätzlich eine an der AS Mettmann unterbrochene Seitenstreifenfreigabe untersucht.

Die Simulationsergebnisse (siehe Tab. 3-4 und Tab. 3-5) stimmen in beiden Fahrtrichtungen gut mit den empirischen Werten überein. Für den Streckenabschnitt zwischen Kreuz Ratingen-Ost und Kreuz Hilden ergibt sich im Bezugsjahr 2018 durch die temporäre Seitenstreifenfreigabe ein hoher Nutzen von 3,9 Mio. € in Fahrtrichtung Süd bzw. 5,1 Mio. € in Fahrtrichtung Nord. Dem stehen allerdings auch hohe Kosten für die bauliche Ertüchtigung des Seitenstreifens gegenüber. Aufgrund der starken ein- und ausfahrenden Ströme an der AS Mettmann wird ein Großteil dieses Nutzens bereits für die Variante einer an der Anschlussstelle unterbrochenen Seitenstreifenfreigabe erreicht. Insofern kommt eine solche Umsetzung als erste Stufe in Betracht.

Allerdings steht dieses Ergebnis unter dem Vorbehalt, dass durch die Fahrstreifenwechselvorgänge des durchfahrenden Verkehrs auf dem freigegebenen Seitenstreifen an der AS Mettmann keine Störungen erzeugt werden. Dies sollte vor der Umsetzung einer solchen Lösung z.B. anhand einer mikroskopischen Verkehrsflusssimulation geprüft werden.

Szenario	max. Stau-dauer [h]	Zeitverluste [Kfz · h]	Zeitkosten [€]	Nutzen p.a. [€]	Kosten p.a. [€]	NKV [-]
Nullfall: Gesamtstrecke						
Empirie 2010 ohne TSF	239	71.387	1.092.337	–	–	–
Modell 2010 ohne TSF	132	70.350	1.049.974	–	–	–
Modell 2018 ohne TSF	477	303.946	4.648.713	–	–	–
Planfall 1: TSF AK Ratingen-Ost – AK Hilden (durchgehend)						
Modell 2010 mit TSF	36	26.017	390.475	659.499	2.565.104	0,3
Modell 2018 mit TSF	74	50.722	777.848	3.870.865	2.565.104	1,5
Planfall 2: TSF AK Ratingen-Ost – AK Hilden (unterbrochen an der AS Mettmann)						
Modell 2010 mit TSF	33	32.779	492.168	557.806	2.361.123	0,2
Modell 2018 mit TSF	134	82.891	1.258.136	3.390.577	2.361.123	1,4

Tab. 3-4: Simulationsergebnisse für die Autobahn A 3 AK Ratingen-Ost – AK Hilden, Fahrtrichtung Süd

Szenario	max. Stau-dauer [h]	Zeitverluste [Kfz · h]	Zeitkosten [€]	Nutzen p.a. [€]	Kosten p.a. [€]	NKV [-]
Nullfall: Gesamtstrecke						
Empirie 2010 ohne TSF	341	102.407	1.557.101	–	–	–
Modell 2010 ohne TSF	196	108.443	1.642.363	–	–	–
Modell 2018 ohne TSF	587	448.017	6.966.773	–	–	–
Planfall 1: TSF AK Hilden – AK Ratingen-Ost (durchgehend)						
Modell 2010 mit TSF	49	46.276	705.569	936.794	2.565.104	0,4
Modell 2018 mit TSF	157	118.710	1.849.684	5.117.089	2.565.104	2,0
Planfall 2: TSF AK Hilden – AK Ratingen-Ost (unterbrochen an der AS Mettmann)						
Modell 2010 mit TSF	72	56.821	867.954	774.409	2.361.123	0,3
Modell 2018 mit TSF	151	165.876	2.575.904	4.390.869	2.361.123	1,9
Planfall 3: TSF AS Solingen – AK Hilden						
Modell 2010 mit TSF	194	97.676	1.488.479	153.884	2.161.143	0,1
Modell 2018 mit TSF	595	441.058	6.863.327	103.446	2.161.143	0,0

Tab. 3-5: Simulationsergebnisse für die Autobahn A 3 AS Solingen – AK Hilden – AK Ratingen-Ost, Fahrtrichtung Nord

Auf dem Abschnitt zwischen AS Solingen und Kreuz Hilden in Fahrtrichtung Nord wird durch die temporäre Seitenstreifenfreigabe dagegen nur ein sehr geringer Nutzen erreicht. Die Planung einer Seitenstreifenfreigabe auf diesem Abschnitt kann daher verworfen werden.

3.4 A 4 Kreuz Köln-Gremberg – Kreuz Köln-Süd

Die Autobahn A 4 zwischen Kreuz Köln-Gremberg und Kreuz Köln-Süd ist Teil des südlichen Kölner Rings und als Rheinquerung im südlichen Stadtgebiet von Köln zusätzlich für den regionalen Verkehr von Bedeutung. Der DTV zwischen AS Köln-Poll und Kreuz Köln-Süd beträgt etwa 120.000 Kfz/d, auf dem östlich angrenzenden Abschnitt zwischen Kreuz Köln-Gremberg und AS Köln-Poll rund 110.000 Kfz/d. In Fahrtrichtung West wurden im Jahr 2010 an den drei Dauerzählstellen im Verlauf der Untersuchungsstrecke jeweils über 500 Stunden Stau gemessen. In der Gegenrichtung traten Überlastungen dagegen nur relativ selten auf.

Im Planfall wird eine durchgehende Seitenstreifenfreigabe zwischen Kreuz Köln-Gremberg und Kreuz Köln-Süd in beiden Fahrtrichtungen analysiert. In Fahrtrichtung West (Tab. 3-6) sind die modellbasiert ermittelten Werte deutlich geringer als das tatsächliche Ausmaß der Überlastungen. In dieser Fahrtrichtung treten erhebliche Rückstaus vom Kreuz Köln-Süd auf. Trotz des mit rund 5,2 Mio. € p.a. hohen rechnerischen Nutzens einer temporären Seitenstreifenfreigabe zwischen Kreuz Köln-Gremberg und Kreuz Köln-Süd ist eine Umsetzung nur dann sinnvoll, wenn eine Verlagerung von Überlastungen in den Knotenpunkt ausgeschlossen werden kann oder durch die temporäre Seitenstreifenfreigabe eine verbesserter Verkehrsablauf im Bereich der Ausfahrt am Kreuz Köln-Süd entsteht. Um dies beurteilen zu können, wären detailliertere Untersuchungen des Verkehrsablaufs im Knotenpunktbereich erforderlich. In Fahrtrichtung Ost (Tab. 3-7) wurde für den derzeitigen Ausbauzustand in der Simulation ein im Vergleich zu den empirischen Daten sehr hohes Ausmaß an Überlastungen ermittelt. Der Unterschied ist in erster Linie auf die sehr hohe Kapazität des Streckenabschnitts zurückzuführen, die mit ca. 6.000 Kfz/h um rund 10 % über dem Kapazitätswert des HBS liegt (vgl. Bild 3-1).

Vor dem Hintergrund der hohen Investitionskosten für die Einrichtung einer temporären Seitenstreifenfreigabe, der Beeinflussung des Überlastungsgeschehens in Fahrtrichtung West durch Rückstaus vom Kreuz Köln-West und des derzeit eher geringen Ausmaßes der Staus in Fahrtrichtung Ost wird empfohlen, durch ergänzende mikroskopische Untersuchungen zu prüfen, inwieweit sich durch die temporäre Seitenstreifenfreigabe ein Nutzen hinsichtlich einer Verbesserung der Aus- und Einfahrsituation am Kreuz Köln-Süd ergibt.

Szenario	**max. Stau-dauer [h]**	**Zeitverluste [Kfz · h]**	**Zeitkosten [€]**	**Nutzen p.a. [€]**	**Kosten p.a. [€]**	**NKV [-]**
Nullfall: Gesamtstrecke						
Empirie 2010 ohne TSF	739	164.749	2.506.648	–	–	–
Modell 2010 ohne TSF	235	67.247	1.048.389	–	–	–
Modell 2018 ohne TSF	754	350.103	5.645.893	–	–	–
Planfall: TSF AK Köln-Gremberg – AK Köln-Süd						
Modell 2010 mit TSF	28	16.186	255.903	792.486	3.048.326	0,3
Modell 2018 mit TSF	67	27.072	428.159	5.217.734	3.048.326	1,7

Tab. 3-6: Simulationsergebnisse für die Autobahn A 4 Kreuz Köln-Gremberg – Kreuz Köln-Süd, Fahrtrichtung West

Szenario	max. Stau-dauer [h]	Zeitverluste [Kfz · h]	Zeitkosten [€]	Nutzen p.a. [€]	Kosten p.a. [€]	NKV [-]
Nullfall: Gesamtstrecke						
Empirie 2010 ohne TSF	64	16.255	258.954	–	–	–
Modell 2010 ohne TSF	348	125.450	1.929.131	–	–	–
Modell 2018 ohne TSF	873	518.724	8.227.201	–	–	–
Planfall: TSF AK Köln-Süd – AK Köln-Gremberg						
Modell 2010 mit TSF	38	19.103	293.363	1.635.769	3.048.326	0,5
Modell 2018 mit TSF	101	43.843	692.496	7.534.705	3.048.326	2,5

Tab. 3-7: Simulationsergebnisse für die Autobahn A 4 Kreuz Köln-Süd – Kreuz Köln-Gremberg, Fahrtrichtung Ost

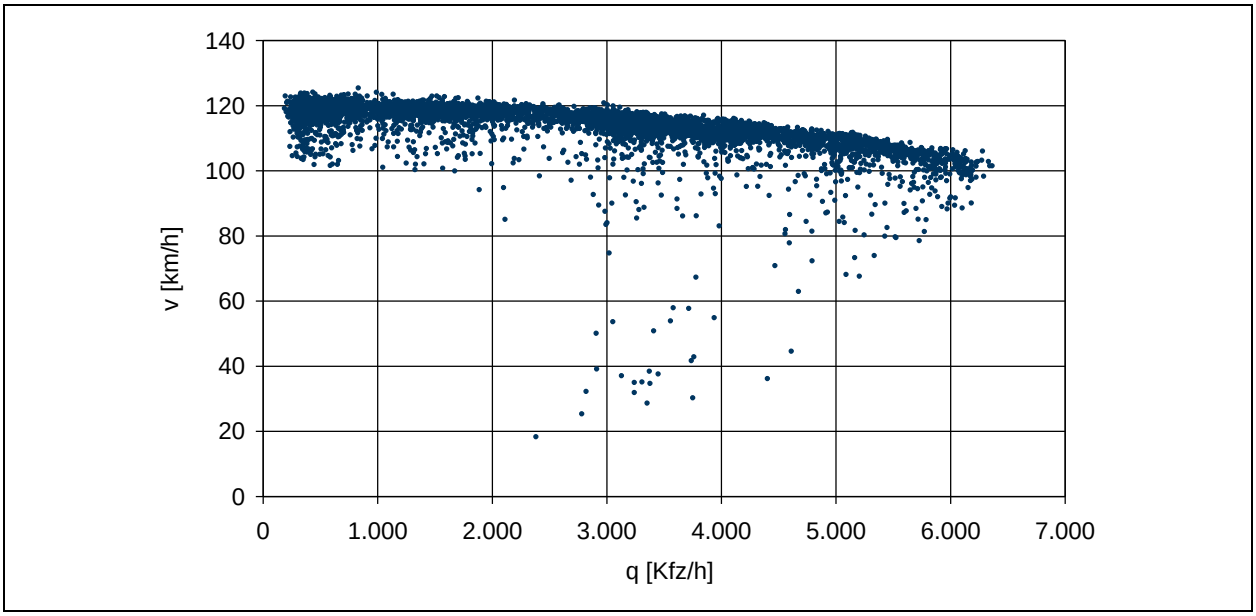

Bild 3-1: q-v-Diagramm (Stunden-Intervalle) der Autobahn A 4 zwischen Kreuz Köln-Süd und AS Köln-Poll in Fahrtrichtung Ost

3.5 A 40 Kreuz Kaiserberg – Kreuz Duisburg

Die Autobahn A 40 ist zwischen Kreuz Kaiserberg und Kreuz Duisburg sechsstreifig ausgebaut und mit einem DTV von ca. 107.000 Kfz/d belastet. Aufgrund der Nähe der beiden benachbarten Knotenpunkte kommt auf diesem Streckenabschnitt eine dauerhafte Umnutzung des Seitenstreifens als durchgehender Verflechtungsstreifen in Betracht. Im Jahr 2010 wurden in Fahrtrichtung Ost über 900 Stunden Stau gemessen. In der Gegenrichtung traten dagegen nur selten Überlastungen auf.

Die Simulation des Streckenabschnitts ergab in beiden Fahrtrichtungen im Nullfall ohne Seitenstreifenumnutzung nur sehr geringe Überlastungen (vgl. Tab. 3-8 und Tab. 3-9). Dies bedeutet, dass die in Fahrtrichtung Ost entstehenden Staus nicht auf die zu geringe Streckenkapazität zwischen Kreuz Duisburg und Kreuz Kaiserberg zurückzuführen sind, sondern vermutlich durch Störungen aufgrund der Verflechtungsvorgänge vor dem Kreuz Kaiserberg entstehen. Eine Umnutzung des Seitenstreifens in Fahrtrichtung Ost könnte daher zur Verbesserung des

Verkehrsflusses im Zulauf auf das Kreuz Kaiserberg in Betracht kommen. Allerdings lässt sich der Nutzen einer solchen Maßnahme mit der in der vorliegenden Untersuchung angewandten Methodik nicht ermitteln, sondern wäre nur durch eine mikroskopische Simulation zu beurteilen. In Fahrtrichtung West kann eine Umnutzung des Seitenstreifens zwischen Kreuz Kaiserberg und Kreuz Duisburg in jedem Fall verworfen werden, da sich weder aus den empirischen Daten noch aus den Simulationsrechnungen eine Engpasssituation ableiten lässt.

Szenario	max. Stau-dauer [h]	Zeitverluste [Kfz · h]	Zeitkosten [€]	Nutzen p.a. [€]	Kosten p.a. [€]	NKV [-]
Nullfall						
Empirie 2010 ohne PSU	923	95.488	1.582.568	–	–	–
Modell 2010 ohne PSU	5	1.140	18.610	–	–	–
Modell 2018 ohne PSU	18	2.839	47.483	–	–	–
Planfall: Permanente Seitenstreifenumnutzung (PSU) AK Duisburg – AK Kaiserberg						
Modell 2010 mit PSU	2	798	11.797	6.813	402.149	0,0
Modell 2018 mit PSU	3	1.822	31.388	16.095	402.149	0,0

Tab. 3-8: Simulationsergebnisse für die Autobahn A 40 AK Duisburg – AK Kaiserberg, Fahrtrichtung Ost

Szenario	max. Stau-dauer [h]	Zeitverluste [Kfz · h]	Zeitkosten [€]	Nutzen p.a. [€]	Kosten p.a. [€]	NKV [-]
Nullfall						
Empirie 2010 ohne PSU	66	4.422		–	–	–
Modell 2010 ohne PSU	9	1.324	19.763	–	–	–
Modell 2018 ohne PSU	39	5.736	93.701	–	–	–
Planfall: Permanente Seitenstreifenumnutzung (PSU) AK Kaiserberg – AK Duisburg						
Modell 2010 mit PSU	2	680	10.416	9.347	402.149	0,0
Modell 2018 mit PSU	4	2.624	42.422	51.279	402.149	0,1

Tab. 3-9: Simulationsergebnisse für die Autobahn A 40 AK Kaiserberg – AK Duisburg, Fahrtrichtung West

3.6 A 42 Kreuz Herne – Kreuz Essen-Nord

Die Autobahn A 42 ist als West-Ost-Achse im nördlichen Ruhrgebiet vor allem für den regionalen Verkehr von Bedeutung. Auf dem vierstreifig ausgebauten Abschnitt zwischen Kreuz Herne und Kreuz Essen-Nord liegt der DTV zwischen etwa 70.000 und 80.000 Kfz/d. Die größten Verkehrsbelastungen werden auf dem westlich an das Kreuz Herne angrenzenden Abschnitt erreicht. Zwischen Kreuz Herne und Kreuz Essen-Nord sind sämtliche Anschlussstellen mit einer Zuflussregelung ausgerüstet.

In Fahrtrichtung Ost wird zwischen AS Herne-Crange und Kreuz Herne bereits dauerhaft der Seitenstreifen als durchgehender Verflechtungsstreifen genutzt. In Ergänzung dazu wird im Folgenden der Nutzen einer dauerhaften Umnutzung des Seitenstreifens in der Gegenrichtung als Verflechtungsstreifen zwischen Kreuz Herne und AS Herne-Crange analysiert. Um eine eventuelle Verlagerung von Überlastungen zu erfassen, wird auch der stromabwärts angrenzende Abschnitt bis zur AS Herne-Wanne im Simulationsmodell nachgebildet. Aufgrund der geringeren Verkehrsbelastungen im weiteren Verlauf der A 42 bis Kreuz Essen-Nord und der

dort bereits vorhandenen Zuflussregelungsanlagen wurde die ursprünglich vorgesehene Untersuchung einer temporären Seitenstreifenfreigabe auf der Gesamtstrecke verworfen.

In der Simulation wurde für die dauerhafte Umnutzung des Seitenstreifens zwischen Kreuz Herne und AS Herne-Crange ein Nutzen aus vermiedenen Zeitverlusten im Jahr 2018 in Höhe von 2,5 Mio. € p.a. ermittelt (vgl. Tab. 3-10). Das Ausmaß der Verlagerung von Überlastungen in den stromabwärts liegenden Abschnitt ist dabei relativ gering. Die Simulationsergebnisse stehen allerdings unter dem Vorbehalt, dass im Planfall keine Beeinträchtigungen der Kapazität durch die Verflechtungsvorgänge zwischen den dicht aufeinander folgenden Knotenpunkten auftreten. Für eine Beurteilung dieses Sachverhalts wird empfohlen, zusätzlich eine mikroskopische Analyse des Verkehrsablaufs im Planfall durchzuführen und über die Umsetzung der Maßnahme in Abhängigkeit von den Ergebnissen dieser ergänzenden Untersuchungen zu entscheiden.

Szenario	max. Stau-dauer [h]	Zeitverluste [Kfz · h]	Zeitkosten [€]	Nutzen p.a. [€]	Kosten p.a. [€]	NKV [-]
Nullfall						
Empirie 2010 ohne PSU	258*	19.798*	321.195*	–	–	–
Modell 2010 ohne PSU	232	59.574	931.588	–	–	–
Modell 2018 ohne PSU	521	230.361	3.748.303	–	–	–
Planfall: Permanente Seitenstreifenumnutzung (PSU) AK Herne – AS Herne-Crange						
Modell 2010 mit PSU	85	20.151	312.634	618.924	513.236	1,2
Modell 2018 mit PSU	231	79.676	1.281.416	2.466.887	513.236	4,8

Tab. 3-10: Simulationsergebnisse für die Autobahn A 42 AK Herne – AS Herne-Wanne, Fahrtrichtung West (* empirische Werte sind aufgrund des Einflusses einer Dauerbaustelle nur bedingt mit den Simulationsergebnissen vergleichbar)

3.7 A 43 Kreuz Recklinghausen – Kreuz Bochum/Witten

Die Autobahn A 43 zwischen Kreuz Recklinghausen und Kreuz Bochum/Witten ist die wichtigste Nord-Süd Achse im mittleren Ruhrgebiet. Im Untersuchungsabschnitt wird auf einem vierstreifigen Querschnitt ein DTV von bis zu 93.000 Kfz/d erreicht. Der mittlere Schwerverkehrsanteil ist mit unter 10 % eher gering.

Für die Autobahn A 43 wird die Einrichtung einer temporären Seitenstreifenfreigabe auf den folgenden Abschnitten, jeweils in beiden Fahrtrichtungen, analysiert:

- AK Recklinghausen – AK Herne,
- AS Herne-Eickel – AS Bochum-Gerthe / AK Bochum,
- AK Bochum – AK Bochum/Witten.

Südlich des Kreuzes Herne beginnt bzw. endet die Seitenstreifenfreigabe am Ende bzw. Beginn des dreistreifigen Verflechtungsbereichs zwischen Kreuz Herne und AS Herne-Eickel. Da die o.g. Teilabschnitte unmittelbar aneinander angrenzen, werden die folgenden Planfälle unterschieden, bei denen teilweise mehrere Seitenstreifenfreigaben zusammengefasst sind:

- Planfall 1: TSF AK Recklinghausen – AK Herne,

- Planfall 2: TSF AS Herne-Eickel – AS Bochum-Gerthe / AK Bochum,
- Planfall 3: TSF AK Bochum – AK Bochum/Witten,
- Planfall 4: TSF AK Recklinghausen – AK Herne – AK Bochum,
- Planfall 5: TSF AK Recklinghausen – AK Herne – AK Bochum – AK Bochum/Witten.

Die Ergebnisse für die einzelnen Varianten zeigen, dass in Fahrtrichtung Süd (vgl. Tab. 3-11) die temporäre Seitenstreifenfreigabe zwischen AS Herne-Eickel und Kreuz Bochum (Planfall 2) mit 6,6 Mio. € p.a. im Bezugsjahr 2018 den höchsten Nutzen aus vermiedenen Zeitverlusten ergibt, während eine zusätzliche Freigabe des Seitenstreifens auf den nördlich und südlich angrenzenden Abschnitten (Planfall 4 bzw. 5) nur einen vergleichsweise geringen Mehrnutzen bringt. In Fahrtrichtung Nord (vgl. Tab. 3-12) ist der erreichbare Nutzen auf den Abschnitten zwischen Kreuz Recklinghausen und Kreuz Herne (Planfall 1) sowie zwischen Kreuz Herne und Kreuz Bochum (Planfall 2) mit jeweils rund 2,6 Mio. € im Bezugsjahr 2018 ungefähr gleich hoch, durch die gleichzeitige Einrichtung einer temporären Seitenstreifenfreigabe auf beiden Abschnitten (Planfall 4) beträgt der Gesamtnutzen ca. 7,3 Mio. €. Eine Freigabe des Seitenstreifens auf dem südlich angrenzenden Abschnitt zwischen Kreuz Bochum/Witten und Kreuz Bochum ergibt sowohl als isolierte Maßnahme (Planfall 3) als auch in Kombination mit der temporären Seitenstreifenfreigabe auf den beiden weiteren Abschnitten (Planfall 5) nur einen vergleichsweise geringen zusätzlichen Nutzen. In beiden Fahrtrichtungen stimmen die modellbasiert ermittelten Ergebnisse für den Nullfall gut mit dem tatsächlichen Staugeschehen im Jahr 2010 überein.

Die Einrichtung einer temporären Seitenstreifenfreigabe zwischen AS Herne-Eickel und Kreuz Bochum in Fahrtrichtung Süd erreicht mit 5,2 das höchste Nutzen-Kosten-Verhältnis der betrachteten Planfälle. Es wird daher empfohlen, diese Maßnahme mit hoher Priorität weiterzuverfolgen. Ergänzend kann in der Gegenrichtung eine Seitenstreifenfreigabe zwischen Kreuz Bochum und Kreuz Recklinghausen in Fahrtrichtung Nord in Erwägung gezogen werden. Im Zuge der weiteren Planung sollten mögliche Wechselwirkungen zwischen der durch eine Seitenstreifenfreigabe erhöhten Streckenkapazität und den angrenzenden Knotenpunkten detailliert geprüft werden.

Szenario	max. Stau-dauer [h]	Zeitverluste [Kfz · h]	Zeitkosten [€]	Nutzen p.a. [€]	Kosten p.a. [€]	NKV [-]
Nullfall: Gesamtstrecke						
Empirie 2010 ohne TSF	579	141.269	2.082.000	–	–	–
Modell 2010 ohne TSF	575	219.029	3.312.432	–	–	–
Modell 2018 ohne TSF	997	586.425	9.077.862	–	–	–
Planfall 1: TSF AK Recklinghausen – AK Herne						
Modell 2010 mit TSF	581	211.037	3.187.605	124.827	1.357.126	0,1
Modell 2018 mit TSF	1.025	560.831	8.672.718	405.144	1.357.126	0,3
Planfall 2: TSF AS Herne-Eickel – AK Bochum						
Modell 2010 mit TSF	86	49.479	737.755	2.574.677	1.264.575	2,0
Modell 2018 mit TSF	267	160.421	2.474.168	6.603.694	1.264.575	5,2
Planfall 3: TSF AK Bochum – AK Bochum/Witten						
Modell 2010 mit TSF	574	215.853	3.259.583	52.849	605.527	0,1
Modell 2018 mit TSF	1.003	570.898	8.822.321	255.541	605.527	0,4
Planfall 4: TSF AK Recklinghausen – AK Herne – AK Bochum						
Modell 2010 mit TSF	93	37.498	563.776	2.748.656	2.621.700	1,0
Modell 2018 mit TSF	284	100.325	1.536.247	7.541.615	2.621.700	2,9
Planfall 5: TSF AK Recklinghausen – AK Herne – AK Bochum – AK Bochum/Witten						
Modell 2010 mit TSF	34	29.201	428.496	2.883.935	3.227.228	0,9
Modell 2018 mit TSF	45	49.948	755.483	8.322.379	3.227.228	2,6

Tab. 3-11: Simulationsergebnisse für die Autobahn A 43 AK Recklinghausen – AK Herne – AK Bochum – AK Bochum/Witten, Fahrtrichtung Süd

Szenario	max. Staudauer [h]	Zeitverluste [Kfz · h]	Zeitkosten [€]	Nutzen p.a. [€]	Kosten p.a. [€]	NKV [-]
Nullfall: Gesamtstrecke						
Empirie 2010 ohne TSF	456	131.708	1.934.413	–	–	–
Modell 2010 ohne TSF	269	144.646	2.089.634	–	–	–
Modell 2018 ohne TSF	665	602.676	8.808.262	–	–	–
Planfall 1: TSF AK Herne – AK Recklinghausen						
Modell 2010 mit TSF	251	99.788	1.445.056	644.578	1.357.126	0,5
Modell 2018 mit TSF	666	421.689	6.170.678	2.637.584	1.357.126	1,9
Planfall 2: TSF AK Bochum – AS Herne-Eickel						
Modell 2010 mit TSF	314	106.006	1.531.319	558.315	1.264.575	0,4
Modell 2018 mit TSF	670	415.048	6.065.481	2.742.781	1.264.575	2,2
Planfall 3: TSF AK Bochum/Witten – AK Bochum						
Modell 2010 mit TSF	267	142.924	2.064.789	24.845	605.527	0,0
Modell 2018 mit TSF	681	575.625	8.413.994	394.268	605.527	0,7
Planfall 4: TSF AK Bochum – AK Herne – AK Recklinghausen						
Modell 2010 mit TSF	50	33.484	488.255	1.601.379	2.621.700	0,6
Modell 2018 mit TSF	213	100.637	1.487.318	7.320.944	2.621.700	2,8
Planfall 5: TSF AK Bochum/Witten – AK Bochum – AK Herne – AK Recklinghausen						
Modell 2010 mit TSF	15	29.644	433.371	1.656.263	3.227.228	0,5
Modell 2018 mit TSF	32	53.709	802.207	8.006.055	3.227.228	2,5

Tab. 3-12: Simulationsergebnisse für die Autobahn A 43 AK Bochum/Witten – AK Bochum – AK Herne – AK Recklinghausen, Fahrtrichtung Nord

3.8 A 44 AS Unna-Ost – Kreuz Dortmund-Unna

Die Autobahn A 44 ist im Bereich östlich von Dortmund vierstreifig ausgebaut. Der nur rund 3 km lange Abschnitt zwischen Kreuz Dortmund/Unna und AS Unna-Ost ist mit einem DTV von über 80.000 Kfz/d hoch belastet und stellt in Verbindung mit dem Kreuz Dortmund/Unna einen deutlichen Engpass dar. Vor allem in Fahrtrichtung West traten im Jahr 2010 erhebliche Überlastungen auf. Auf einem Teil des Streckenabschnitts zwischen Kreuz Dortmund/Unna und AS Unna-Ost wird der Seitenstreifen bereits dauerhaft als dritter Fahrstreifen genutzt, allerdings endet der Bereich der Umnutzung vor der AS Unna-Ost.

Im Planfall wird eine temporäre Seitenstreifenfreigabe zwischen Kreuz Dortmund/Unna und AS Unna-Ost in beiden Fahrtrichtungen analysiert. Da in der makroskopischen Simulation der Bereich mit der geringsten Kapazität innerhalb des betrachteten Streckenabschnitts maßgebend ist, wird die bereits bestehende Seitenstreifenumnutzung im Nullfall nicht berücksichtigt. Die für den derzeitigen Ausbauzustand die Fahrtrichtung Ost ermittelte Staudauer (vgl. Tab. 3-14) entspricht dem tatsächlichen Wert, die ermittelten Zeitverluste sind in der Simulation dagegen höher, da in den empirischen Daten die Rückstaus im Bereich des Kreuzes Dortmund/Unna und auf den Zulaufstrecken der A 1 nicht enthalten sind. Nach der Modellrechnung ergibt die temporäre Seitenstreifenfreigabe im Bezugsjahr 2018 einen Nutzen in Höhe von 6,0 Mio. € p.a. und in Verbindung mit den moderaten Investitionskosten für die Ertüchtigung des Seiten-

streifens ein Nutzen-Kosten-Verhältnis von 8,1. In der Gegenrichtung (Tab. 3-13) ist das tatsächliche Ausmaß der Staus um ein Vielfaches höher als die modellbasiert ermittelten Werte. Dies ist auf die bestehenden Engpässe im Bereich des Kreuzes Dortmund/Unna zurückzuführen, die bereits im Zulauf zu einer deutlich verringerten Kapazität führen. Durch eine Seitenstreifenfreigabe könnte daher vor allem in Verbindung mit dem geplanten Ausbau des Kreuzes Dortmund/Unna eine erhebliche Verbesserung der Stausituation erreichet werden. Bei einem freien Abfluss am Kreuz Dortmund/Unna würde die Seitenstreifenfreigabe zwischen AS Unna-Ost und Kreuz Dortmund/Unna gemäß der Modellrechnung für das Bezugsjahr 2018 einen Nutzen in Höhe von ca. 1,5 Mio. € p.a. ergeben. Es wird empfohlen, die Einrichtung einer Seitenstreifenfreigabe zwischen AS Unna-Ost und Kreuz Dortmund/Unna in beiden Fahrtrichtungen im Kontext des vorgesehenen Ausbaus des Kreuzes Dortmund/Unna weiterzuverfolgen und im Rahmen der weiteren Planungen die Wechselwirkungen zwischen Strecke und Knotenpunkt detailliert zu analysieren.

Szenario	max. Stau-dauer [h]	Zeitverluste [Kfz · h]	Zeitkosten [€]	Nutzen p.a. [€]	Kosten p.a. [€]	NKV [-]
Nullfall						
Empirie 2010 ohne TSF	853	178.597	2.817.765	–	–	–
Modell 2010 ohne TSF	92	16.974	277.335	–	–	–
Modell 2018 ohne TSF	332	101.367	1.682.970	–	–	–
Planfall: TSF AS Unna-Ost – AK Dortmund-Unna						
Modell 2010 mit TSF	12	2.455	38.970	238.365	737.077	0,3
Modell 2018 mit TSF	39	10.562	175.530	1.507.440	737.077	2,0

Tab. 3-13: Simulationsergebnisse für die Autobahn A 44 AS Unna-Ost – AK Dortmund-Unna, Fahrtrichtung West

Szenario	max. Stau-dauer [h]	Zeitverluste [Kfz · h]	Zeitkosten [€]	Nutzen p.a. [€]	Kosten p.a. [€]	NKV [-]
Nullfall						
Empirie 2010 ohne TSF	180	30.190	477.469	–	–	–
Modell 2010 ohne TSF	181	56.206	871.417	–	–	–
Modell 2018 ohne TSF	527	388.376	6.153.698	–	–	–
Planfall: TSF AK Dortmund-Unna – AS Unna-Ost						
Modell 2010 mit TSF	15	6.111	94.912	776.505	737.077	1,1
Modell 2018 mit TSF	35	9.574	149.685	6.004.013	737.077	8,1

Tab. 3-14: Simulationsergebnisse für die Autobahn A 44 AK Dortmund-Unna – AS Unna-Ost, Fahrtrichtung Ost

3.9 A 46 AS Haan-Ost – Sonnborner Kreuz

Auf der Autobahn A 46 in Fahrtrichtung Ost ist zwischen AS Haan-Ost und Sonnborner Kreuz eine Fahrstreifenreduktion von drei auf zwei Fahrstreifen angeordnet, die aufgrund der hohen Belastung der Richtungsfahrbahn mit einem (richtungsbezogenen) DTV von rund 46.000 Kfz/d einen erheblichen Engpass darstellt. Im Jahr 2010 traten vor der Fahrstreifenreduktion Staus mit einer Dauer von rund 350 Stunden auf. Durch eine temporäre Seitenstreifenfreigabe auf

dem Abschnitt zwischen AS Haan-Ost und Sonnborner Kreuz könnte der Engpass – im Vorgriff auf den ohnehin geplanten Ausbau – weitgehend beseitigt werden.

Die Ergebnisse der Modellrechnung auf der Grundlage der Bemessungskapazitäten des HBS ergeben bereits für das Bezugsjahr 2010 einen sehr hohen Nutzen aus vermiedenen Zeitverlusten von über 4 Mio. € p.a. (Tab. 3-15). Allerdings ist das im Nullfall ermittelte Ausmaß der Überlastungen im Modell deutlich höher als in der Realität. Aus dem q-v-Diagramm der betrachteten Richtungsfahrbahn stromabwärts der Fahrstreifenreduktion (Bild 3-2) ergibt sich, dass die Kapazität des Streckenabschnitts um etwa 5 % über den HBS-Werten liegt. Daher wurde eine zusätzliche Modellrechnung durchgeführt, um zu prüfen, ob sich auch unter Ansatz der höheren Kapazität des Streckenabschnitts ein ausreichender Nutzen der temporären Seitenstreifenfreigabe ergibt. Die Ergebnisse in Tab. 3-16 zeigen, dass auch in diesem Fall ein Nutzen in Höhe von 1,8 Mio. € p.a. im Bezugsjahr 2010 bzw. 7,8 Mio. € im Jahr 2018 erreicht wird. Daraus ergibt sich für die Maßnahme ein Nutzen-Kosten-Verhältnis von 3,1. Daher wird eine Umsetzung mit hoher Priorität empfohlen. Aufgrund der Lage des Abschnitts in einer Gefällestrecke und der relativ geringen Sichtweiten infolge der Kurvigkeit sind Aspekte der Verkehrssicherheit im Zuge der weiteren Planungen mit besonderer Sorgfalt zu prüfen.

Szenario	**max. Stau-dauer [h]**	**Zeitverluste [Kfz · h]**	**Zeitkosten [€]**	**Nutzen p.a. [€]**	**Kosten p.a. [€]**	**NKV [-]**
Nullfall						
Empirie 2010 ohne TSF	350	98.301	1.452.778	–	–	–
Modell 2010 ohne TSF	717	325.378	4.715.906	–	–	–
Modell 2018 ohne TSF	1.261	1.030.707	15.168.605	–	–	–
Planfall: TSF AS Haan-Ost – AK Sonnborn						
Modell 2010 mit TSF	62	21.703	317.908	4.397.998	2.477.070	1,8
Modell 2018 mit TSF	128	46.575	691.379	14.477.226	2.477.070	5,8

Tab. 3-15: Simulationsergebnisse für die Autobahn A 46 AS Haan-Ost – AK Sonnborn, Fahrtrichtung Ost

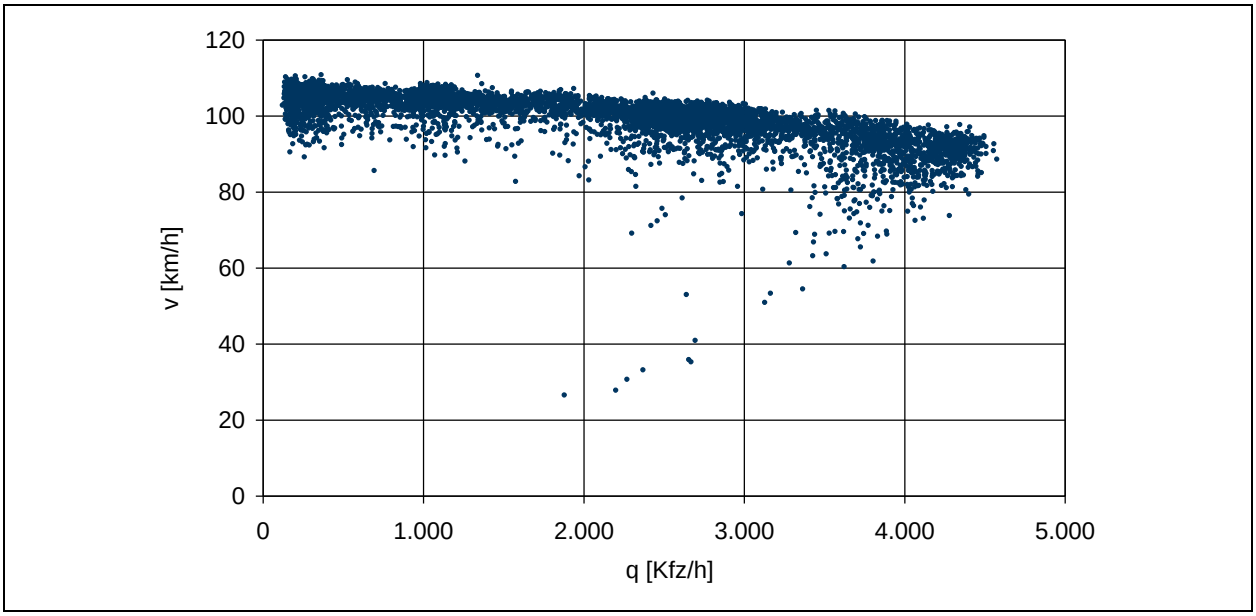

Bild 3-2: q-v-Diagramm (Stunden-Intervalle) der Autobahn A 46 zwischen AS Haan-Ost und AK Sonnborn

Szenario	max. Stau-dauer [h]	Zeitverluste [Kfz · h]	Zeitkosten [€]	Nutzen p.a. [€]	Kosten p.a. [€]	NKV [-]
Nullfall						
Empirie 2010 ohne TSF	350	98.301	1.452.778	–	–	–
Modell 2010 ohne TSF	455	135.988	1.973.006	–	–	–
Modell 2018 ohne TSF	909	555.675	8.167.116	–	–	–
Planfall: TSF AS Haan-Ost – AK Sonnborn						
Modell 2010 mit TSF	35	11.963	176.976	1.796.031	2.477.070	0,7
Modell 2018 mit TSF	73	24.519	365.645	7.801.471	2.477.070	3,1

Tab. 3-16: Simulationsergebnisse für die Autobahn A 46 AS Haan-Ost – AK Sonnborn, Fahrtrichtung Ost (angepasste Kapazität)

3.10 A 46 Sonnborner Kreuz – AS Wuppertal-Wichlinghausen

Die vierstreifig ausgebaute Autobahn A 46 zwischen Sonnborner Kreuz und AS Wuppertal-Wichlinghausen ist im Stadtgebiet Wuppertal mit einem DTV von teilweise über 80.000 Kfz/d hoch belastet. Die Autobahn verfügt mit einer Streckenbeeinflussungsanlage und mehreren Zuflussregelungsanlagen bereits über eine umfangreiche verkehrstelematische Infrastruktur.

Wegen umfangreicher Baumaßnahmen im Jahr 2010 lagen für weite Teile der Untersuchungsstrecke keine ausreichenden Daten für eine Ermittlung von Ganglinien der Verkehrsnachfrage vor. Darüber hinaus wären die Ergebnisse einer makroskopischen Simulation aufgrund der möglichen Beeinflussung des Verkehrsablaufs durch die sehr dicht aufeinander folgenden Knotenpunkte nur von eingeschränkter Aussagekraft.

Die geschätzten Investitionskosten für die Einrichtung einer temporären Seitenstreifenfreigabe auf dem Streckenabschnitt der A 46 zwischen Sonnborner Kreuz und AS Wuppertal-Wichlinghausen in beiden Fahrtrichtungen sind mit rund 73 Mio. € sehr hoch. Allein aus diesem Grund erscheint die Möglichkeit einer Umsetzung der temporären Seitenstreifenfreigabe fraglich. Es bleibt weiteren Untersuchungen vorbehalten, den Nutzen kleinerer Maßnahmen wie z.B. die Umnutzung des Seitenstreifens als durchgehender Verflechtungsstreifen zwischen aufeinander folgenden Knotenpunkten zu prüfen.

3.11 A 52 Kreuz Neersen – AS Mönchengladbach-Nord

Die Autobahn A 52 ist zwischen Kreuz Neersen und AS Mönchengladbach-Ost vierstreifig ausgebaut und mit knapp 80.000 Kfz/d belastet. In beiden Fahrtrichtungen traten im Jahr 2010 jeweils rund 300 Stunden Stau auf. Im Folgenden wird die Wirkung einer durchgehenden temporären Seitenstreifenfreigabe zwischen Kreuz Neersen und AS Mönchengladbach-Ost in beiden Fahrtrichtungen analysiert.

In beiden Fahrtrichtungen ergibt sich durch die temporäre Seitenstreifenfreigabe anhand der Modellrechnung für das Bezugsjahr 2018 ein sehr hoher Nutzen durch vermiedene Zeitkosten in Höhe von jeweils über 11 Mio. € p.a. (vgl. Tab. 3-17 und Tab. 3-18). Im Nullfall sind insbesondere die modellbasiert ermittelten Zeitverluste jedoch deutlich höher als die empirischen Werte. Dies ist vor allem auf die sehr hohe Kapazität des Streckenabschnitts zurückzuführen,

die in beiden Fahrtrichtungen um etwa 10 % über den Werten des HBS liegt. Als Beispiel zeigt Bild 3-3 das q-v-Diagramm in Fahrtrichtung Ost.

Szenario	max. Stau-dauer [h]	Zeitverluste [Kfz · h]	Zeitkosten [€]	Nutzen p.a. [€]	Kosten p.a. [€]	NKV [-]
Nullfall						
Empirie 2010 ohne TSF	292	36.214	504.335	–	–	–
Modell 2010 ohne TSF	565	269.015	3.898.129	–	–	–
Modell 2018 ohne TSF	896	782.488	11.470.191	–	–	–
Planfall: TSF AK Neersen – AS Mönchengladbach-Nord						
Modell 2010 mit TSF	19	6.727	98.515	3.799.614	678.608	5,6
Modell 2018 mit TSF	55	20.189	300.487	11.169.704	678.608	16,5

Tab. 3-17: Simulationsergebnisse für die Autobahn A 52 AK Neersen – AS Mönchengladbach-Nord, Fahrtrichtung West

Szenario	max. Stau-dauer [h]	Zeitverluste [Kfz · h]	Zeitkosten [€]	Nutzen p.a. [€]	Kosten p.a. [€]	NKV [-]
Nullfall						
Empirie 2010 ohne TSF	333	26.892	390.697	–	–	–
Modell 2010 ohne TSF	526	303.405	4.671.374	–	–	–
Modell 2018 ohne TSF	832	738.273	11.894.723	–	–	–
Planfall: TSF AS Mönchengladbach-Nord – AK Neersen						
Modell 2010 mit TSF	41	10.052	151.580	4.519.794	678.608	6,7
Modell 2018 mit TSF	124	39.558	612.997	11.281.726	678.608	16,6

Tab. 3-18: Simulationsergebnisse für die Autobahn A 52 AS Mönchengladbach-Nord – AK Neersen, Fahrtrichtung Ost

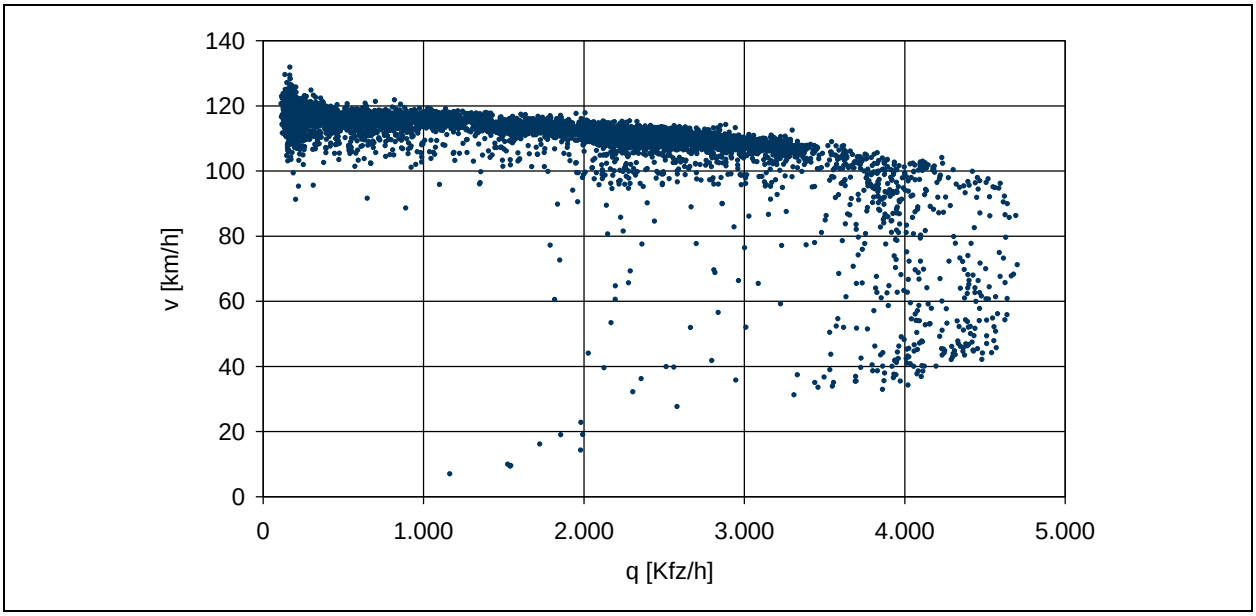

Bild 3-3: q-v-Diagramm (Stunden-Intervalle) der Autobahn A 52 im Bereich der AS Mönchengladbach-Nord in Fahrtrichtung Ost

Um der erhöhten Kapazität des Streckenabschnitts Rechnung zu tragen, wurde zusätzlich der Verkehrsablauf unter Annahme einer um 10 % erhöhten Kapazität modelliert. Die Ergebnisse sind in Tab. 3-18 für die Fahrtrichtung West und in Tab. 3-19 für die Fahrtrichtung Ost dargestellt. Nach dieser Berechnung ergibt sich in beiden Fahrtrichtung ein Nutzen aus vermiedenen Zeitverlusten durch die temporäre Seitenstreifenfreigabe in Höhe von über 4 Mio. € p.a. im Bezugsjahr 2018. Dies entspricht einem Nutzen-Kosten-Verhältnis von jeweils über 6. Aufgrund dieses Ergebnisses und des vergleichsweise geringen Umsetzungsaufwands wird eine zügige Realisierung der Maßnahme empfohlen.

Szenario	max. Staudauer [h]	Zeitverluste [Kfz · h]	Zeitkosten [€]	Nutzen p.a. [€]	Kosten p.a. [€]	NKV [-]
Nullfall						
Empirie 2010 ohne TSF	292	36.214	504.335	–	–	–
Modell 2010 ohne TSF	269	71.495	1.040.088	–	–	–
Modell 2018 ohne TSF	577	301.332	4.429.837	–	–	–
Planfall: TSF AK Neersen – AS Mönchengladbach-Nord						
Modell 2010 mit TSF	8	5.329	77.826	962.262	678.608	1,4
Modell 2018 mit TSF	18	7.969	117.345	4.312.492	678.608	6,4

Tab. 3-19: Simulationsergebnisse für die Autobahn A 52 AK Neersen – AS Mönchengladbach-Nord, Fahrtrichtung West (angepasste Kapazität)

Szenario	max. Staudauer [h]	Zeitverluste [Kfz · h]	Zeitkosten [€]	Nutzen p.a. [€]	Kosten p.a. [€]	NKV [-]
Nullfall						
Empirie 2010 ohne TSF	333	26.892	390.697	–	–	–
Modell 2010 ohne TSF	296	106.900	1.623.453	–	–	–
Modell 2018 ohne TSF	503	300.848	4.736.798	–	–	–
Planfall: TSF AS Mönchengladbach-Nord – AK Neersen						
Modell 2010 mit TSF	14	6.242	93.353	1.530.101	678.608	2,3
Modell 2018 mit TSF	39	12.193	188.704	4.548.093	678.608	6,7

Tab. 3-20: Simulationsergebnisse für die Autobahn A 52 AS Mönchengladbach-Nord – AK Neersen, Fahrtrichtung Ost (angepasste Kapazität)

3.12 A 52 Kreuz/Dreieck Breitscheid – Kreuz Düsseldorf-Nord

Auf der Autobahn A 52 zwischen dem Kreuz / Dreieck Breitscheid und dem Kreuz Düsseldorf-Nord werden auf einem sechsstreifigen Querschnitt Verkehrsstärken von bis zu 100.000 Kfz/d erreicht. Für diesen Abschnitt wird in beiden Fahrtrichtungen die Einrichtung einer temporären Seitenstreifenfreigabe zwischen dem Beginn bzw. Ende der Verteilerfahrbahnen am Kreuz Breitscheid und am Kreuz Düsseldorf-Nord analysiert.

Während in Fahrtrichtung Ost die Zeitverluste in der modellbasierten Simulation mit denen der empirischen Messung sehr gut übereinstimmen (Tab. 3-21), ergeben sich in Fahrtrichtung West im Modell deutlich höhere Staudauern als in der Realität (Tab. 3-22). Die Unterschiede in Fahrtrichtung West sind auf die hohe Kapazität des Streckenabschnitts zurückzuführen. Aus dem in

Bild 3-4 dargestellten q-v-Diagramm der A 52 zwischen Kreuz Breitscheid und AS Tiefenbroich geht hervor, dass in Stunden-Intervallen Verkehrsstärken von deutlich über 6.000 Kfz/h im fließenden Verkehr erreicht werden. Trotz des rechnerisch ermittelten Nutzens ergibt sich somit in Fahrtrichtung West kein Handlungsbedarf. Gegen die Einrichtung einer temporären Seitenstreifenfreigabe spricht auch, dass im weiteren Verlauf der A 52 der Übergang in das Stadtgebiet Düsseldorf den maßgebenden Engpass darstellt.

Szenario	**max. Stau-dauer [h]**	**Zeitverluste [Kfz · h]**	**Zeitkosten [€]**	**Nutzen p.a. [€]**	**Kosten p.a. [€]**	**NKV [-]**
Nullfall						
Empirie 2010 ohne TSF	283	90.122	1.245.727	–	–	–
Modell 2010 ohne TSF	196	82.718	1.154.285	–	–	–
Modell 2018 ohne TSF	328	247.510	3.492.833	–	–	–
Planfall: TSF AK Düsseldorf-Nord – AK/AD Breitscheid						
Modell 2010 mit TSF	15	8.293	115.582	1.038.703	781.270	1,3
Modell 2018 mit TSF	35	16.950	239.695	3.253.138	781.270	4,2

Tab. 3-21: Simulationsergebnisse für die Autobahn A 52 AK Düsseldorf-Nord – AK/AD Breitscheid, Fahrtrichtung Ost

Szenario	**max. Stau-dauer [h]**	**Zeitverluste [Kfz · h]**	**Zeitkosten [€]**	**Nutzen p.a. [€]**	**Kosten p.a. [€]**	**NKV [-]**
Nullfall						
Empirie 2010 ohne TSF	14	3.265	49.525	–	–	–
Modell 2010 ohne TSF	418	342.764	4.863.608	–	–	–
Modell 2018 ohne TSF	598	734.156	10.619.446	–	–	–
Planfall: TSF AK/AD Breitscheid – AK Düsseldorf-Nord						
Modell 2010 mit TSF	85	42.384	600.898	4.262.710	781.270	5,5
Modell 2018 mit TSF	181	111.583	1.601.607	9.017.839	781.270	11,5

Tab. 3-22: Simulationsergebnisse für die Autobahn A 52 AK/AD Breitscheid – AK Düsseldorf-Nord, Fahrtrichtung West

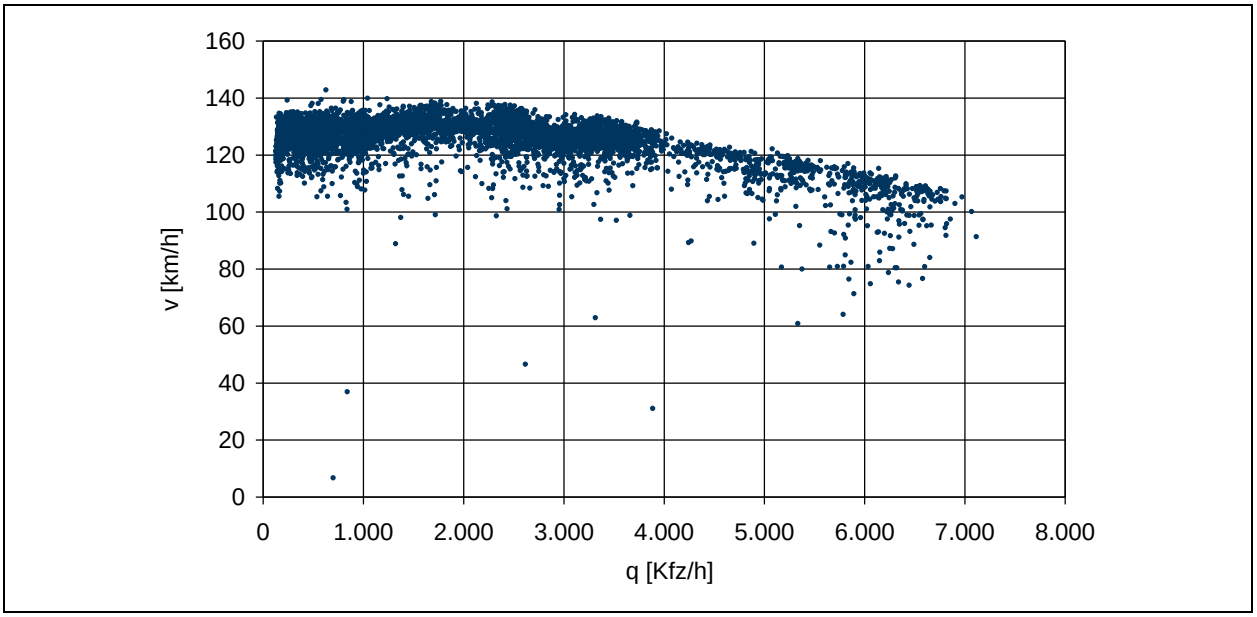

Bild 3-4: q-v-Diagramm (Stunden-Intervalle) der Autobahn A 52 zwischen Kreuz Breitscheid und AS Tiefenbroich in Fahrtrichtung West

In Fahrtrichtung Ost beträgt der ermittelte Nutzen einer temporären Seitenstreifenfreigabe ca. 3,3 Mio. € p.a. in 2018. Dieser Nutzen ergibt sich jedoch nur unter der Voraussetzung, dass der zusätzliche Verkehr bei freigegebenem Seitenstreifen am Kreuz Breitscheid abfließen kann. Da diese Voraussetzung derzeit nicht erfüllt ist, wird empfohlen, die Maßnahme zurückzustellen.

3.13 A 57 AS Krefeld-Gartenstadt – Kreuz Meerbusch

Die Autobahn A 57 ist im Bereich Krefeld durch die Überlagerung starker Fern- und Pendlerverkehrsströme mit einem DTV von bis zu 90.000 Kfz/d bei einem mittleren Schwerverkehrsanteil von etwa 12 % sehr hoch belastet. Die Autobahn ist vierstreifig ausgebaut und mit einer Streckenbeeinflussungsanlage sowie mehreren Zuflussregelungsanlagen an Anschlussstellen ausgerüstet. Im Jahr 2010 traten in beiden Fahrtrichtungen Staus mit einer Gesamtdauer von jeweils über 500 Stunden auf.

Die Ermittlung des Nutzens einer temporären Seitenstreifenfreigabe zwischen AS Krefeld-Gartenstadt und Kreuz Meerbusch in beiden Fahrtrichtungen erfolgt einerseits für eine durchgehende Freigabe des Seitenstreifens auf der Gesamtstrecke (Planfall 1). Aufgrund des hohen Aufwands für die bauliche Ertüchtigung des Seitenstreifens im Bereich eines Brückenbauwerks zwischen AS Krefeld-Zentrum und AS Krefeld-Oppum wird als Variante zusätzlich die Einrichtung einer Seitenstreifenfreigabe nur auf dem südlichen Abschnitt der Untersuchungsstrecke zwischen AS Krefeld-Oppum und Kreuz Meerbusch in beiden Fahrtrichtungen analysiert (Planfall 2).

Die in Tab. 3-23 und Tab. 3-24 zusammengefassten Simulationsergebnisse liegen für den Nullfall in einer ähnlichen Größenordnung wie die empirischen Werte. Die Abweichungen hinsichtlich der Zeitverluste in Fahrtrichtung Nord werden vorwiegend auf die unvollständige Erfassung der Stauausbreitung durch Rückstaueffekte insbesondere im Bereich des Kreuzes Meerbusch in den empirischen Daten zurückgeführt.

Die Einrichtung einer durchgehenden temporären Seitenstreifenfreigabe auf der Gesamtstrecke ergibt für das Bezugsjahr 2018 einen sehr hohen Nutzen von über 25 Mio. € p.a. in der Summe

beider Fahrtrichtungen. In Fahrtrichtung Süd kann mehr als die Hälfte des Nutzens bereits bei einer Freigabe des Seitenstreifens nur auf dem südlichen Abschnitt zwischen AS Krefeld-Oppum und Kreuz Meerbusch erreicht werden. In der Gegenrichtung ist der Nutzen im Planfall 2 mit 1,3 Mio. € im Bezugsjahr 2018 dagegen deutlich geringer. Dabei muss betont werden: Die Verteilung der überlastungsbedingten Zeitverluste über die Untersuchungsstrecke ist in starkem Maße vom Verhältnis der Verkehrsnachfrage in den Streckenabschnitten AS Krefeld-Zentrum – AS Krefeld-Oppum sowie AS Krefeld-Oppum – Kreuz Meerbusch abhängig. Geringfügige Ungenauigkeiten bei der Erfassung und Prognose der Verkehrsnachfrage wirken sich daher erheblich auf die Verteilung der Überlastungen und damit auf den Nutzen der Teilmaßnahme (Planfall 2) aus. Dennoch sprechen die Ergebnisse dafür, dass durch die Freigabe des Seitenstreifens auf dem südlichen Teilabschnitt bereits ein erheblicher Nutzen erreicht werden kann. Denkbar wäre auch, dass sich durch die Bereitstellung einer höheren Kapazität zwischen AS Krefeld-Oppum und Kreuz Meerbusch eine andere Verteilung der Quell- und Zielverkehrsströme aus dem Stadtgebiet von Krefeld in dem Sinne ergibt, dass in Richtung Süden fahrende bzw. aus Richtung Süden kommende Verkehrsteilnehmer verstärkt die Anschlussstelle Krefeld-Oppum nutzen und damit den im Planfall 2 kritischen Abschnitt der A 57 zwischen AS Krefeld-Oppum und AS Krefeld-Zentrum entlasten. Dies könnte ggf. durch eine entsprechende Wegweisung im Stadtgebiet Krefeld unterstützt werden. Da die Umsetzung einer temporären Seitenstreifenfreigabe auf der Gesamtstrecke nach derzeitigem Stand nicht möglich ist, wird empfohlen, eine Freigabe des Seitenstreifens auf dem südlichen Teilabschnitt zwischen AS Krefeld-Oppum und Kreuz Meerbusch in Fahrtrichtung Süd sowie ggf. auch in der Gegenrichtung weiterzuverfolgen und die Ergebnisse der Nutzenermittlung durch weitere verkehrsplanerische Untersuchungen zu validieren.

Szenario	**max. Staudauer [h]**	**Zeitverluste [Kfz · h]**	**Zeitkosten [€]**	**Nutzen p.a. [€]**	**Kosten p.a. [€]**	**NKV [-]**
Nullfall						
Empirie 2010 ohne TSF	557	144.009	2.236.234	–	–	–
Modell 2010 ohne TSF	401	197.679	3.176.457	–	–	–
Modell 2018 ohne TSF	770	635.495	10.692.431	–	–	–
Planfall 1: TSF AS Krefeld-Gartenstadt – AK Meerbusch						
Modell 2010 mit TSF	42	21.272	338.980	2.837.477	2.590.147	1,1
Modell 2018 mit TSF	118	61.775	1.016.870	9.675.561	2.590.147	3,7
Planfall 2: TSF AS Krefeld-Oppum – AK Meerbusch						
Modell 2010 mit TSF	221	77.931	1.242.387	1.934.070	1.122.397	1,7
Modell 2018 mit TSF	517	284.011	4.717.140	5.975.291	1.122.397	5,3

Tab. 3-23: Simulationsergebnisse für die Autobahn A 57 AS Krefeld-Gartenstadt – AK Meerbusch, Fahrtrichtung Süd

Szenario	max. Stau-dauer [h]	Zeitverluste [Kfz · h]	Zeitkosten [€]	Nutzen p.a. [€]	Kosten p.a. [€]	NKV [-]
Nullfall: Gesamtstrecke						
Empirie 2010 ohne TSF	803	125.831	1.880.252	–	–	–
Modell 2010 ohne TSF	417	339.485	5.022.702	–	–	–
Modell 2018 ohne TSF	829	1.200.246	17.985.490	–	–	–
Planfall 1: TSF AK Meerbusch – AS Krefeld-Gartenstadt						
Modell 2010 mit TSF	34	28.578	432.091	4.590.611	2.590.147	1,8
Modell 2018 mit TSF	82	78.084	1.195.448	16.790.042	2.590.147	6,5
Planfall 2: TSF AK Meerbusch – AS Krefeld-Oppum						
Modell 2010 mit TSF	498	329.989	4.882.986	139.716	1.122.397	0,1
Modell 2018 mit TSF	938	1.111.772	16.658.711	1.326.779	1.122.397	1,2

Tab. 3-24: Simulationsergebnisse für die Autobahn A 57 AK Meerbusch – AS Krefeld-Gartenstadt, Fahrtrichtung Nord

3.14 A 57 AS Köln-Bickendorf – AS Köln-Longerich

Die Autobahn A 57 zwischen AS Köln-Bickendorf und AS Köln-Longerich ist seit Mai 2011 in Fahrtrichtung Süd bereits mit einer temporären Seitenstreifenfreigabe ausgerüstet. Der vierstreifig ausgebaute Querschnitt ist mit einem DTV von ca. 90.000 Kfz/d sehr stark belastet. Aufgrund des geringen Abstands der Ein- und Ausfahrten der beiden Knotenpunkte wird für die Gegenrichtung eine dauerhafte Umnutzung des Seitenstreifens analysiert.

Durch die Umnutzung des Seitenstreifens zwischen AS Köln-Bickendorf und AS Köln-Longerich in Fahrtrichtung Nord ist im Bezugsjahr 2018 ein Nutzen aus vermiedenen Zeitverlusten in Höhe von ca. 3,4 Mio. € zu erwarten (vgl. Tab. 3-25). Die Ergebnisse der Modellrechnung stimmen relativ gut mit den empirischen Werten überein, wobei zu berücksichtigen ist, dass die Einschätzung des tatsächlichen Überlastungsgeschehens nur auf den Daten eines einzigen Querschnitts basiert und somit nur eine ungefähre Aussage ermöglicht. Aufgrund des mit 11,7 sehr hohen Nutzen-Kosten-Verhältnisses und der einfachen Realisierbarkeit der Maßnahme wird eine zügige Umsetzung empfohlen.

Szenario	max. Stau-dauer [h]	Zeitverluste [Kfz · h]	Zeitkosten [€]	Nutzen p.a. [€]	Kosten p.a. [€]	NKV [-]
Nullfall						
Empirie 2010 ohne PSU	346	27.932	372.302	–	–	–
Modell 2010 ohne PSU	299	67.979	933.950	–	–	–
Modell 2018 ohne PSU	625	260.008	3.580.060	–	–	–
Planfall: Permanente Seitenstreifenumnutzung (PSU) AS Köln-Bickendorf – AS Köln-Longerich						
Modell 2010 mit PSU	12	6.294	87.274	846.676	295.394	2,9
Modell 2018 mit PSU	18	9.101	125.724	3.454.336	295.394	11,7

Tab. 3-25: Simulationsergebnisse für die Autobahn A 57 AS Köln-Bickendorf – AS Köln-Longerich, Fahrtrichtung Nord

3.15 A 59 Dreieck Köln-Porz – Dreieck St. Augustin-West

Die Autobahn A 59 zwischen Dreieck Köln-Porz und Dreieck St. Augustin-West ist mit einem DTV zwischen 75.000 und 95.000 Kfz/d sehr stark belastet. Mit Ausnahme des dreistreifigen Abschnitts AS Köln-Wahn – AS Flughafen – AD Köln-Porz in Fahrtrichtung Nord, auf dem der Seitenstreifen dauerhaft umgenutzt ist, sind alle Richtungsfahrbahnen zweistreifig ausgebaut. Die Analyse der verkehrlichen Wirkungspotenziale einer Seitenstreifenfreigabe erfolgt für zwei Varianten. Im Planfall 1 wird für beide Fahrtrichtungen die Einrichtung einer durchgehenden temporären Seitenstreifenfreigabe auf allen zweistreifigen Richtungsfahrbahnen untersucht. Im Planfall 2 wird die Freigabe des Seitenstreifens nur auf dem höchst belasteten nördlichen Abschnitt zwischen Dreieck Köln-Porz und AS Köln-Flughafen in Fahrtrichtung Süd betrachtet.

In Fahrtrichtung Süd werden die empirisch ermittelten Zeitverluste durch das Modell sehr gut abgebildet (Tab. 3-26), während in Fahrtrichtung Nord die empirischen Werte eher überschätzt werden (Tab. 3-27). Der ermittelte Nutzen einer temporären Freigabe des Seitenstreifens auf allen zweistreifigen Fahrbahnen (Planfall 1) ist mit 12,2 Mio. € in Fahrtrichtung Süd und 8,0 Mio. € in Fahrtrichtung Nord sehr hoch. In Fahrtrichtung Süd wird jedoch ein erheblicher Anteil des Nutzens allein durch die Freigabe des Seitenstreifens auf dem Abschnitt zwischen Dreieck Köln-Porz und AS Köln-Flughafen erreicht. Vor dem Hintergrund des hohen Umsetzungsaufwands für eine Seitenstreifenfreigabe auf der Gesamtstrecke zwischen Dreieck Köln-Porz und Dreieck St. Augustin-West kommt als kurzfristig realisierbare Maßnahme in erster Linie eine Seitenstreifenfreigabe zwischen Dreieck Köln-Porz und AS Köln-Flughafen in Fahrtrichtung Süd in Betracht. Dabei sollten eventuelle Wechselwirkungen mit den Vor- und Nachläufen (insbesondere der AS Köln-Flughafen) noch im Detail untersucht werden.

Szenario	max. Stau-dauer [h]	Zeitverluste [Kfz · h]	Zeitkosten [€]	Nutzen p.a. [€]	Kosten p.a. [€]	NKV [-]
Nullfall						
Empirie 2010 ohne TSF	888	212.535	3.135.235	–	–	–
Modell 2010 ohne TSF	459	213.707	3.082.533	–	–	–
Modell 2018 ohne TSF	1.222	892.107	13.079.223	–	–	–
Planfall 1: TSF AD Köln-Porz – AD St. Augustin-West						
Modell 2010 mit TSF	27	30.058	435.263	2.647.270	2.271.025	1,2
Modell 2018 mit TSF	63	57.497	843.876	12.235.347	2.271.025	5,4
Planfall 2: TSF AD Köln-Porz – AS Köln-Flughafen						
Modell 2010 mit TSF	353	161.905	2.333.551	748.982	439.064	1,7
Modell 2018 mit TSF	804	627.232	9.149.101	3.930.122	439.064	9,0

Tab. 3-26: Simulationsergebnisse für die Autobahn A 59 AD Köln-Porz – AD St. Augustin-West, Fahrtrichtung Süd

Szenario	max. Stau-dauer [h]	Zeitverluste [Kfz · h]	Zeitkosten [€]	Nutzen p.a. [€]	Kosten p.a. [€]	NKV [-]
Nullfall						
Empirie 2010 ohne TSF	72	57.788	852.945	–	–	–
Modell 2010 ohne TSF	385	212.909	3.070.087	–	–	–
Modell 2018 ohne TSF	870	638.857	9.392.669	–	–	–
Planfall 1: TSF AD St. Augustin-West – AD Köln-Porz						
Modell 2010 mit TSF	32	46.802	675.388	2.394.699	2.271.025	1,1
Modell 2018 mit TSF	61	90.947	1.335.900	8.056.769	2.271.025	3,5

Tab. 3-27: Simulationsergebnisse für die Autobahn A 59 AD St. Augustin-West – AD Köln-Porz, Fahrtrichtung Nord

4. Zusammenfassung und Empfehlungen

Die temporäre oder dauerhafte Freigabe des Seitenstreifens für den fließenden Verkehr ist eine effektive Maßnahme, um mit begrenztem Planungs- und Investitionsaufwand die Kapazität hoch belasteter Streckenabschnitte von Autobahnen zu erhöhen. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurden für Autobahnabschnitte mit einer Gesamtlänge von rund 270 Richtungskilometern in Nordrhein-Westfalen die verkehrlichen Wirkungspotenziale einer Seitenstreifenfreigabe analysiert. Unter Verwendung des makroskopischen Verkehrssimulationsmodells KAPASIM wurde der bei einer Freigabe des Seitenstreifens zu erwartende Nutzen aus vermiedenen Zeitverlusten quantifiziert und mit den einschlägigen Zeitkostensätzen volkswirtschaftlich bewertet. Die Simulationsrechnungen wurden sowohl auf der Grundlage der aus Daten von Dauerzählstellen ermittelten Verkehrsnachfrage des Jahres 2010 als auch für Prognosewerte der Verkehrsnachfrage des Jahres 2018 durchgeführt. Das Jahr 2018 repräsentiert dabei ungefähr den Durchschnitt der während des möglichen Nutzungszeitraums einer Seitenstreifenfreigabe zu erwartenden Verkehrsnachfrage. Zur Validierung der Modellrechnungen wurden die Simulationsergebnisse für den Ist-Zustand im Jahr 2010 mit empirisch ermittelten Staudauern und Zeitverlusten verglichen.

Zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit wurde das Nutzen-Kosten-Verhältnis der Einzelmaßnahmen ermittelt. Dazu wurden Kostenschätzungen für die Verstärkung des Seitenstreifens, den Anbau von Beschleunigungs- bzw. Verzögerungsstreifen und Nothaltebuchten, die Ertüchtigung von Ingenieurbauwerken sowie für die Telematikeinrichtungen bei einer temporären Seitenstreifenfreigabe durch den Auftraggeber bereitgestellt. Die Kostenschätzungen liegen dabei eher auf der sicheren Seite. So wurde u.a. für alle Investitionen eine einheitliche Nutzungsdauer von 10 Jahren angesetzt, obwohl bei den Baumaßnahmen auch deutlich längere Nutzungsdauern gegeben sein können, sofern sie im Vorgriff auf einen späteren Ausbau durchgeführt werden.

Im Ergebnis der Simulationsrechnungen konnte für viele der untersuchten Streckenabschnitte ein erheblicher verkehrlicher Nutzen der Seitenstreifenfreigabe ermittelt werden. Aufgrund des Gesamtumfangs der untersuchten Streckenabschnitte ist daher für eine Priorisierung der Einzelmaßnahmen in erster Linie der Umsetzungsaufwand maßgebend. In Abstimmung mit dem Auftraggeber wurden daher die folgenden Abschnitte festgelegt, auf denen eine Seitenstreifenfreigabe kurzfristig realisiert werden soll:

- A 3 zwischen Dreieck Ratingen-Ost und Kreuz Hilden, Fahrtrichtung Süd (temporäre Seitenstreifenfreigabe, unterbrochen an der AS Mettmann),
- A 3 zwischen Kreuz Hilden und Kreuz Ratingen-Ost, Fahrtrichtung Nord (temporäre Seitenstreifenfreigabe, unterbrochen an der AS Mettmann),
- A 43 zwischen AS Herne-Eickel und AS Bochum-Gerthe / Kreuz Bochum, Fahrtrichtung Süd (durchgehende temporäre Seitenstreifenfreigabe),
- A 46 zwischen AS Haan-Ost und Sonnborner Kreuz, Fahrtrichtung Ost (durchgehende temporäre Seitenstreifenfreigabe),
- A 52 zwischen Kreuz Neersen und AS Mönchengladbach-Nord, Fahrtrichtung West (durchgehende temporäre Seitenstreifenfreigabe),
- A 52 zwischen AS Mönchengladbach-Nord und Kreuz Neersen, Fahrtrichtung Ost (durchgehende temporäre Seitenstreifenfreigabe),

- A 57 zwischen AS Köln-Bickendorf und AS Köln-Longerich, Fahrtrichtung Nord (dauerhafte Umnutzung des Seitenstreifens als durchgehender Verflechtungsstreifen).

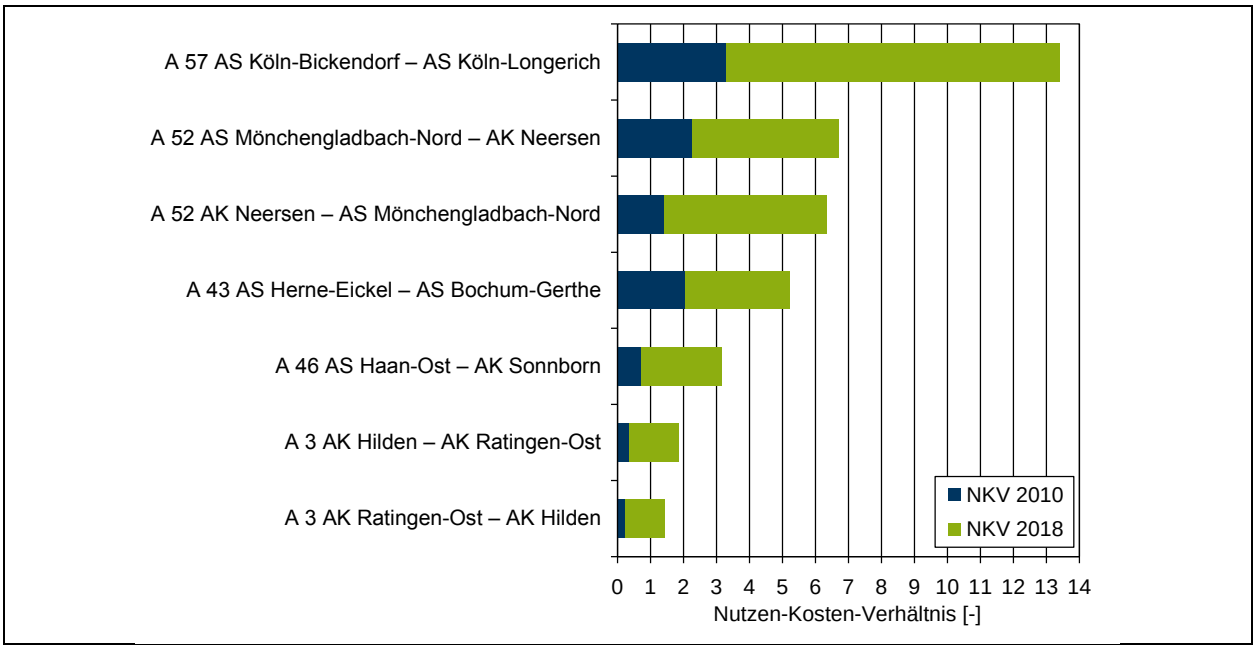

Bild 4-1: Nutzen-Kosten-Verhältnis der für die kurzfristige Umsetzung vorgesehenen Maßnahmen bezogen auf die Verkehrsnachfrage im Jahr 2010 und die prognostizierte Verkehrsnachfrage im Jahr 2018

Die kurzfristig umzusetzenden Maßnahmen umfassen eine Gesamtlänge von rund 45 Richtungskilometern (bezogen auf die Abstände der Knotenpunktmitten). In der Summe bewirken die Maßnahmen eine Reduktion von Zeitverlusten in Höhe von ca. 0,6 Mio. Kfz · h (entspricht ca. 9 Mio. € Zeitkosten) im Jahr 2010 bzw. ca. 2,3 Mio. Kfz · h (entspricht ca. 35 Mio. € Zeitkosten) im Jahr 2018. Die für die einzelnen Maßnahmen ermittelten Nutzen-Kosten-Verhältnisse zeigt Bild 4-1.

Bei den o.g. Autobahnabschnitten handelt es sich um Engpässe, bei denen die auftretenden Überlastungen im Wesentlichen auf die zu geringe Kapazität der Strecke und nicht oder nur zu einem geringen Teil auf Auswirkungen der angrenzenden Knotenpunkte zurückzuführen sind. Die Freigabe des Seitenstreifens ist somit ein geeignetes Mittel, um die Kapazitätsdefizite zu beseitigen. Darüber hinaus wurden mehrere Abschnitte identifiziert, auf denen die in der Realität auftretenden Überlastungen zu einem erheblichen Teil im Zusammenhang mit dem Einfluss von Knotenpunkten stehen. Dazu zählen insbesondere die folgenden Streckenabschnitte:

- A 4 zwischen Kreuz-Köln-Gremberg und Kreuz Köln-Süd, Fahrtrichtung West (durchgehende temporäre Seitenstreifenfreigabe),
- A 40 zwischen Kreuz Duisburg und Kreuz Kaiserberg, Fahrtrichtung Ost (dauerhafte Umnutzung des Seitenstreifens als durchgehender Verflechtungsstreifen),
- A 42 zwischen Kreuz Herne und AS Herne-Crange, Fahrtrichtung West (dauerhafte Umnutzung des Seitenstreifens als durchgehender Verflechtungsstreifen),

- A 44 zwischen AS Unna-Ost und Kreuz Dortmund/Unna, Fahrtrichtung West (temporäre Seitenstreifenfreigabe oder dauerhafte Seitenstreifenumnutzung)[1],
- A 44 zwischen Kreuz Dortmund/Unna und AS Unna-Ost, Fahrtrichtung Ost (temporäre Seitenstreifenfreigabe oder Verlängerung der Seitenstreifenumnutzung bis AS Unna-Ost).

Für diese Streckenabschnitte wäre eine Freigabe des Seitenstreifens insbesondere dann sinnvoll, wenn durch die Nutzung des Seitenstreifens im Zu- bzw. Ablauf der Knotenpunkte die Ein- und Ausfädelungsvorgänge zusätzlich verbessert werden könnten. Ein diesbezüglicher Nutzen lässt sich jedoch mit dem in der vorliegenden Untersuchung verwendeten makroskopischen Simulationsmodell nicht beurteilen. Daher sind für diese Abschnitte ggf. ergänzende Untersuchungen mittels mikroskopischer Verkehrsflusssimulation erforderlich, um den verkehrlichen Nutzen der Maßnahmen detaillierter beurteilen zu können.

Die Lage der Streckenabschnitte, auf denen eine temporäre Seitenstreifenfreigabe oder eine dauerhafte Umnutzung des Seitenstreifens mit hoher Priorität realisiert werden soll, ist in Bild 4-2 dargestellt. In der Karte sind darüber hinaus die Abschnitte gekennzeichnet, für die in Abhängigkeit von den Ergebnissen weiterer Untersuchungen eine Seitenstreifenfreigabe vor allem zur Verbesserung des Verkehrsablaufs im Einflussbereich großer Knotenpunkte sinnvoll sein kann.

[1] Eine dauerhafte Umnutzung des Seitenstreifens zwischen AS Unna-Ost und Kreuz Dortmund/Unna ist bereits geplant.

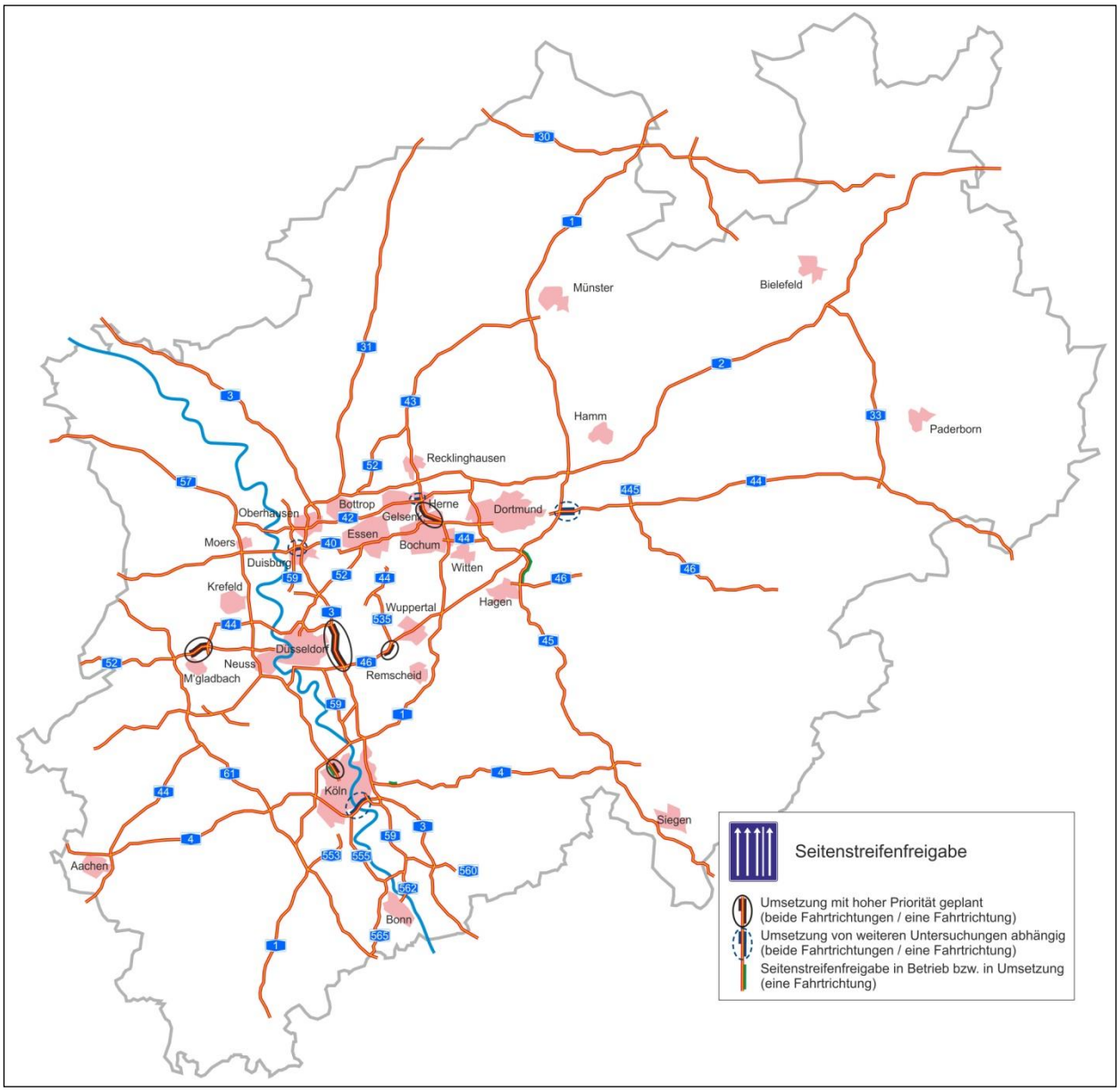

Bild 4-2: Lage der Streckenabschnitte, auf denen die Realisierung einer Seitenstreifenfreigabe mit hoher Priorität vorgesehen bzw. von den Ergebnissen weiterer Untersuchungen abhängig ist

Insgesamt verdeutlichen die Ergebnisse der durchgeführten Untersuchung das hohe Potenzial der Seitenstreifenfreigabe im Hinblick auf eine Reduzierung des Ausmaßes der Staus auf den nordrhein-westfälischen Autobahnen. Die bereits in Umsetzung befindlichen sowie die für eine kurzfristige Realisierung vorgeschlagenen Maßnahmen betreffen fünf der 25 größten Engpässe des nordrhein-westfälischen Autobahnnetzes sowie zwei weitere Bereiche, in denen ohne die Freigabe des Seitenstreifens zukünftig mit einem erheblichen Stauaufkommen zu rechnen wäre. Vorbehaltlich der Ergebnisse ergänzender Untersuchungen kommen darüber hinaus mittelfristig weitere Maßnahmen für eine Umsetzung in Betracht.

Literatur

ARNOLD, M. (2001):
Verfahren zur Wirtschaftlichkeitsuntersuchung einer befristeten Umnutzung von Standstreifen an BAB für Zwecke des fließenden Verkehrs. Schriftenreihe Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 820. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.), Bonn.

BÄUMER, H. (2002):
Einsatzkriterien für Nothaltemöglichkeiten an ein- und zweibahnigen Straßen. Schriftenreihe des Lehrstuhls für Verkehrswesen der Ruhr-Universität Bochum, Heft 25, Bochum..

BMVBS (2010):
Ergebnisse der Überprüfung der Bedarfspläne für die Bundesschienenwege und die Bundesfernstraßen. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Bonn.

BMVBS (2011):
Projektplan Straßenverkehrstelematik 2015. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Bonn.

BRILON, W.; GEISTEFELDT, J. (2007):
Modellierung von Dauerlinien und Ganglinien der Verkehrsnachfrage im Autobahnnetz. Schlussbericht zum Forschungsvorhaben BR 889/10-1 mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG), Lehrstuhl für Verkehrswesen der Ruhr-Universität Bochum.

BRILON, W.; GEISTEFELDT, J. (2010):
Überprüfung der Bemessungswerte des HBS für Autobahnabschnitte außerhalb der Knotenpunkte. Schriftenreihe Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 1033, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.), Bonn.

BRILON, W.; GEISTEFELDT, J.; REGLER, M. (2005):
Reliability of Freeway Traffic Flow: A stochastic Concept of Capacity. Proceedings of the 16th International Symposium on Transportation and Traffic Theory, College Park, Maryland.

BRILON, W.; GEISTEFELDT, J.; REGLER, M. (2006):
Entwicklung von Zielgrößen für die Verkehrsbeeinflussung auf Bundesfernstraßen in Hessen. Schlussbericht zum Forschungsauftrag des Hessischen Landesamtes für Straßen- und Verkehrswesen – Verkehrszentrale Hessen, Lehrstuhl für Verkehrswesen der Ruhr-Universität Bochum.

BRILON, W.; ZURLINDEN, H. (2003):
Überlastungswahrscheinlichkeiten und Verkehrsleistung als Bemessungskriterium für Straßenverkehrsanlagen. Schriftenreihe Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 870, Bonn.

BRILON, W.; ZURLINDEN, H.; GEISTEFELDT, J. (2004):
Ganzjahresanalyse des Verkehrsflusses auf Autobahnen. Straßenverkehrstechnik, Heft 11, Kirschbaum Verlag.

EWS (1997):
Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen – Aktualisierung der RAS–W 86. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.), Köln.

GEISTEFELDT, J. (2009):
Überprüfung der verkehrstechnischen Bemessungswerte des HBS für Autobahnen. Straßenverkehrstechnik, Heft 10/2009. Kirschbaum Verlag, Bonn.

GEISTEFELDT, J.; GLATZ, M. (2010):
Temporäre Seitenstreifenfreigabe – Das Beispiel Hessen in Deutschland. Straße und Verkehr, Heft 12/2010.

GEISTEFELDT, J.; LOHOFF, J. (2011):
Stausituation auf den Autobahnen in Nordrhein-Westfalen. Studie im Auftrag des Ministeriums für Wirtschaft, Energie, Bauen, Wohnen und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen. Lehrstuhl für Verkehrswesen – Planung und Management, Ruhr-Universität Bochum.

HBS (2001):
Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS) 2001. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln.

ITP (2007):
Prognose der deutschlandweiten Verkehrsverflechtungen 2025. Intraplan Consult GmbH im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, München / Freiburg.

HEIDEMANN, D., BÄUMER, M., HAMACHER, R., HAUTZINGER, H. (1998):
Standstreifen und Verkehrssicherheit auf BAB. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft V 55, Bergisch Gladbach.

LEMKE, K. (2007):
Standstreifenfreigabe – Sicherheitswirkung von Umnutzungsmaßnahmen. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft V 153, Bergisch Gladbach.

MATTHEIS, C. (2002):
Auswirkungen der Umnutzung von BAB-Standstreifen. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft V 91, Bergisch Gladbach.

MINDERHOUD, M.M.; BOTMA, H.; BOVY, P.H.L. (1997):
Assessment of Roadway Capacity Estimation Methods. Transportation Research Record – Journal of the Transportation Research Board, No. 1572, Washington D.C.

PLANCO (2000):
Numerische Aktualisierung interner und externer Beförderungskosten für die Bundesverkehrswegeplanung (BVWP) auf dem Preisstand des Jahres 1998 – Schlussbericht zu FE-Nr. 96.602/1999 im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, PLANCO Consulting GmbH, Essen.