

**Ingenieurbüro Lohmeyer
GmbH & Co. KG**

**Immissionsschutz, Klima,
Aerodynamik, Umweltsoftware**

Mohrenstraße 14, D-01445 Radebeul

Telefon: +49 (0) 351 / 8 39 14 - 0

E-Mail: info.dd@lohmeyer.de

URL: www.lohmeyer.de

Schlussbericht vom 30.09.2015

LRP POTSDAM

**DURCHFÜHRUNG UND AUSWERTUNG
VON MESSFAHRTEN ZUR T30
WIRKUNGSUNTERSUCHUNG**

Auftraggeber: Umweltministerium Brandenburg
über SVU Dresden
Planungsbüro Dr.-Ing. Ditmar Hunger
Gottfried-Keller-Straße 24

01157 Dresden

Dipl.-Ing. W. Schmidt

Dr. rer. nat. I. Düring

September 2015
Projekt 71114-14-10_Schlussbericht
Berichtsumfang 35 Seiten

INHALTSVERZEICHNIS

1	AUFGABENSTELLUNG	4
2	ALLGEMEINE VORGEHENSWEISE	5
3	DURCHFÜHRUNG DER MESSFAHRTEN	7
4	AUSWERTUNGSMETHODIKEN	8
4.1	Räumliche Differenzierung der Straßenabschnitte	8
4.2	Berücksichtigung des der LSA-Koordinierung zu Grunde liegenden Tempolimits	9
4.3	Tagesgang des Fahrverhaltens	9
4.4	Befolgungsrate einer T30-Anordnung	10
4.5	Einfluss des Schwerverkehrs	10
5	ERGEBNISSE FÜR DIE ZEPPELINSTRASSE	13
6	ERGEBNISSE FÜR DIE BREITE STRASSE	21
7	KREUZUNGSBEREICH BREITE STRASSE / ZEPPELINSTRASSE	26
8	GESAMTBEWERTUNG	29
9	LITERATUR	35

Hinweise:

Vorliegender Bericht darf ohne schriftliche Zustimmung des Ingenieurbüros Lohmeyer GmbH & Co. KG nicht auszugsweise vervielfältigt werden.

Die Tabellen und Abbildungen sind kapitelweise durchnummeriert.

Literaturstellen sind im Text durch Name und Jahreszahl zitiert. Im Kapitel Literatur findet sich dann die genaue Angabe der Literaturstelle.

Es werden Dezimalpunkte (= wissenschaftliche Darstellung) verwendet, keine Dezimalkommas. Eine Abtrennung von Tausendern erfolgt durch Leerzeichen.

ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN (HEUSCH/BOESEFELDT (1993))

Fahrgeschwindigkeit

Die *Fahrgeschwindigkeit* ist die Geschwindigkeit eines Fahrzeuges über einen Streckenabschnitt nach Abzug von Haltezeiten.

Fahrkurve

Eine *Fahrkurve* ist die Beschreibung des Fahrverlaufs innerhalb eines Streckenabschnittes, darstellbar in der Form von Geschwindigkeit/Weg- oder Geschwindigkeit/Zeit-Diagrammen oder durch Fahrverhaltenskennwerte.

Fahrmuster

Ein *Fahrmuster* ist die Beschreibung des repräsentativen Fahrverhaltens für bestimmte Straßensituationen in der Form von zusammengesetzten Fahrprofilen bzw. einer Stichprobe daraus. Sie werden aus realen Fahrten erzeugt, stellen aber keine geschlossene Fahrkurve dar, so dass sie z. B. für Emissionsmessungen auf einem Rollenprüfstand in ihrer Gesamtheit nicht nachgefahren werden können.

Fahrprofil

Das *Fahrprofil* ist die Gesamtheit der Fahrkurven eines Streckenabschnittes (teilweise untergliedert nach Tageszeiten) in Form von hintereinander gesetzten Fahrkurven bzw. den mittleren Kennwerten derselben. Der Begriff des Fahrprofils wird hier auch für Geschwindigkeit-Zeit-Reihen verwendet.

Fahrtweite

Die *Fahrtweite* ist der zurückgelegte Weg innerhalb einer Fahrt.

Standanteil

Standanteil ist der prozentuale Anteil von Sekundenwerten mit einer Geschwindigkeit kleiner als 3km/h an der Gesamtfahrzeit.

Konstantfahrtanteil

Konstantfahrtanteil ist der prozentuale Anteil der Zeiten mit einer Beschleunigung kleiner $0,3\text{m/s}^2$ und größer $-0,3\text{m/s}^2$ an der Gesamtfahrzeit.

Messfahrten

Messfahrten sind Fahrten mit einem Messfahrzeug zur Aufnahme des Fahrverhaltens; die Fahrweisung erfolgt nach verschiedenen Methoden:

- Mitschwimmen (car floating): Anweisung an den Fahrer des Messfahrzeuges, sich dem allgemeinen Fahrverhalten anzupassen, um dieses möglichst gut abzubilden
- Musterfahrten: Anweisung an den Fahrer des Messfahrzeuges, ein bestimmtes vorgegebenes Fahrverhalten möglichst einzuhalten (z. B. eine konstante Geschwindigkeit oder eine möglichst aggressive Fahrweise)
- Verfolgungsfahrten (car following): Anweisung an den Fahrer des Messfahrzeuges, einem einzelnen Fahrzeug genau zu folgen und dessen Fahrverhalten möglichst gut abzubilden

Messstrecke

Eine *Messstrecke* ist ein ausgewählter Straßenzug, der mit einem Fahrzeug durchfahren wurde, um das Fahrverhalten aufzunehmen.

Reisegeschwindigkeit

Die *Reisegeschwindigkeit* ist die Geschwindigkeit eines Fahrzeuges über einen Streckenabschnitt einschließlich aller Halte.

Streckenabschnitt

Ein *Streckenabschnitt* ist der Abschnitt einer Messstrecke mit homogener Streckencharakteristik, auf dem ein gleichbleibendes Fahrverhalten erwartet werden kann.

1 AUFGABENSTELLUNG

SVU und das Büro Lohmeyer sind mit der Fortschreibung des LRP Potsdam beauftragt.

Für die Zeppelinstraße sowie die Breite Straße gibt es im Rahmen der Diskussion von Minderungsmaßnahmen Vorschläge zur Geschwindigkeitsreduzierung auf 30 km/h.

Aktuelle Untersuchungen in Stuttgart, Berlin und München zur Wirkung von T30 auf die Luftschadstoffsituation haben sehr differenzierte, stark von lokalen Bedingungen abhängige Ergebnisse erbracht. Von verallgemeinerungsfähigen Erkenntnissen – wie „Tempo 30 bewirkt generell eine Schadstoffreduktion“ - kann demnach nicht ausgegangen werden.

Für die laufende Diskussion mit der Stadt Potsdam, Bürgerinitiativen sowie den Umlandgemeinden zur Umgestaltung der Zeppelinstraße ist es deshalb erforderlich, die Wirkung von T30 auf die Luftgüte - insbesondere auf NO₂ - so sachgerecht wie möglich zu bewerten. Aus diesem Grunde soll eine Analyse des Emissionsminderungspotenzials eines Tempolimits von 30 km/h auf der Basis von Messfahrten („floating car“ Methode“) durchgeführt werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass derzeit die Ampelschaltungen z. T. koordiniert sind, wobei die dabei zu Grunde gelegte Höchstgeschwindigkeit 50 km/h beträgt.

Darüber hinaus ist auch das Minderungspotenzial auf der Breiten Straße abzuschätzen.

2 ALLGEMEINE VORGEHENSWEISE

Die emissionsseitigen Auswirkungen einer Reduzierung des Tempolimits auf 30 km/h hängen stark von den streckenspezifischen Gegebenheiten ab. Neben dem im „Ersteinschätzungsschema zu Tempo 30“ LUBW (2012) beschriebenen Einfluss des Konstantfahrtanteils, der Streckenlängsneigung und des LKW-Anteils sind vor allem die Änderungen des realen Fahrverhaltens bei T50 zu T30 relevant. Liegt beispielsweise das Geschwindigkeitsniveau in einem T50-Abschnitt auf Grund von Störungen im Verkehrsablauf nur zwischen 30 km/h und 40 km/h, ist das Emissionsminderungspotenzial ebenso gering wie wenn bei T30 auf Grund der örtlichen Gegebenheiten (z. B. breite, anbaufreie Strecke) und/oder ohne Überwachung des Tempolimits das Geschwindigkeitsniveau unverändert bleibt.

Aber selbst wenn sich bei T30 eine Reduzierung der mittleren Geschwindigkeit einstellt, kann allein aus der Geschwindigkeitsdifferenz keine emissionsseitige Bewertung erfolgen, da es prinzipiell zwei gegenläufige Effekte gibt:

- während einer Konstantfahrt wird bei T30 durch die Motoren tendenziell geringfügig mehr NO_x emittiert als bei T50,
- während der Beschleunigungsphase z. B. beim Einfahren in den Abschnitt oder beim Wiederanfahren nach dem Halt vor einer Lichtsignalanlage sind die Emissionen bei einer Beschleunigung auf 50 km/h deutlich höher als bei einer Beschleunigung auf eine Zielgeschwindigkeit von 30 km/h.

Der Konstantfahrtanteil hat demnach einen großen Einfluss, da sich daraus ableiten lässt, ob bzw. wie weit bei T30 die niedrigeren Emissionen beim Beschleunigen durch die leicht höheren Emissionen während der Konstantfahrt kompensiert werden. Die Bewertung der emissionsseitigen Auswirkungen einer T30-Maßnahme ist demnach nicht pauschal möglich, sondern kann nur streckenspezifisch unter einer Berücksichtigung des realen Fahrverhaltens erfolgen.

Die Aufzeichnung des Fahrverhaltens erfolgte mit einem PKW vom Typ Peugeot 307, das mit einem „Peiseler Prüfrad VS“ ausgestattet war. Dieses System besteht aus einem Steuer- und Anzeigegerät und dem Radnabengeber. Das Messprinzip besteht darin, dass während eines definierten Zeitintervalls von einer Sekunde die registrierten Wegimpulse gezählt werden. Die Erfassung der Wegimpulse erfolgt über den Radnabengeber, der an ein nichtangetriebenes Fahrzeugrad angeschraubt wird. Das Steuer- und Anzeigegerät ist ein Bordcomputer, der die registrierten Wegimpulse in eine Länge und auf Basis der definierten Zeitschritte in eine Geschwindigkeit bzw. Beschleunigung umrechnet. Durch die Kopplung des

Bordcomputers, der nur Summen- und Momentanwerte festhält, mit einem zusätzlichen Computer (Laptop) können alle momentanen Messwerte (z. B. in Sekundenintervallen) direkt vom Bordcomputer übernommen und nach der Messung als Messdatei gespeichert werden.

Das Ergebnis einer jeden Messfahrt war somit eine Messdatei mit einer bestimmten Menge an Sekundenwerten für Geschwindigkeit und zurückgelegte Wegstrecke. Die Gesamtheit dieser Geschwindigkeitswerte einer Fahrt bildet eine Fahrkurve, welche sich grafisch als Geschwindigkeits-Zeit- bzw. Geschwindigkeit-Weg-Diagramm darstellen lässt.

Auf der Basis dieser Fahrkurven erfolgte mit PHEM (passenger car and heavy duty emission model der Universität Graz) die Berechnung der Emissionsfaktoren aller PKW-Emissionskonzepte für direktes NO_2 , für NO_x und für motorbedingtes PM_{10} . Damit wurde dieselbe Methode angewandt, mit der auch - für typisierte Fahrprofile der einzelnen Verkehrssituationen - die Emissionsfaktoren des HBEFA (UBA, 2014) berechnet werden.

3 DURCHFÜHRUNG DER MESSFAHRTEN

Die Untersuchung erfolgte auf den Strecken:

- Zeppelinstraße zwischen Kastanienallee und Lennéstraße sowie
- Breite Straße zwischen Zeppelinstraße und Lange Brücke.

Die Befahrung erfolgte in einer durchgängigen Fahrt mit Anfangs- und Endpunkt Zeppelinstraße/Einmündung „Im Bogen“. In **Abb. 3-1** ist die Befahrungstrecke dargestellt.

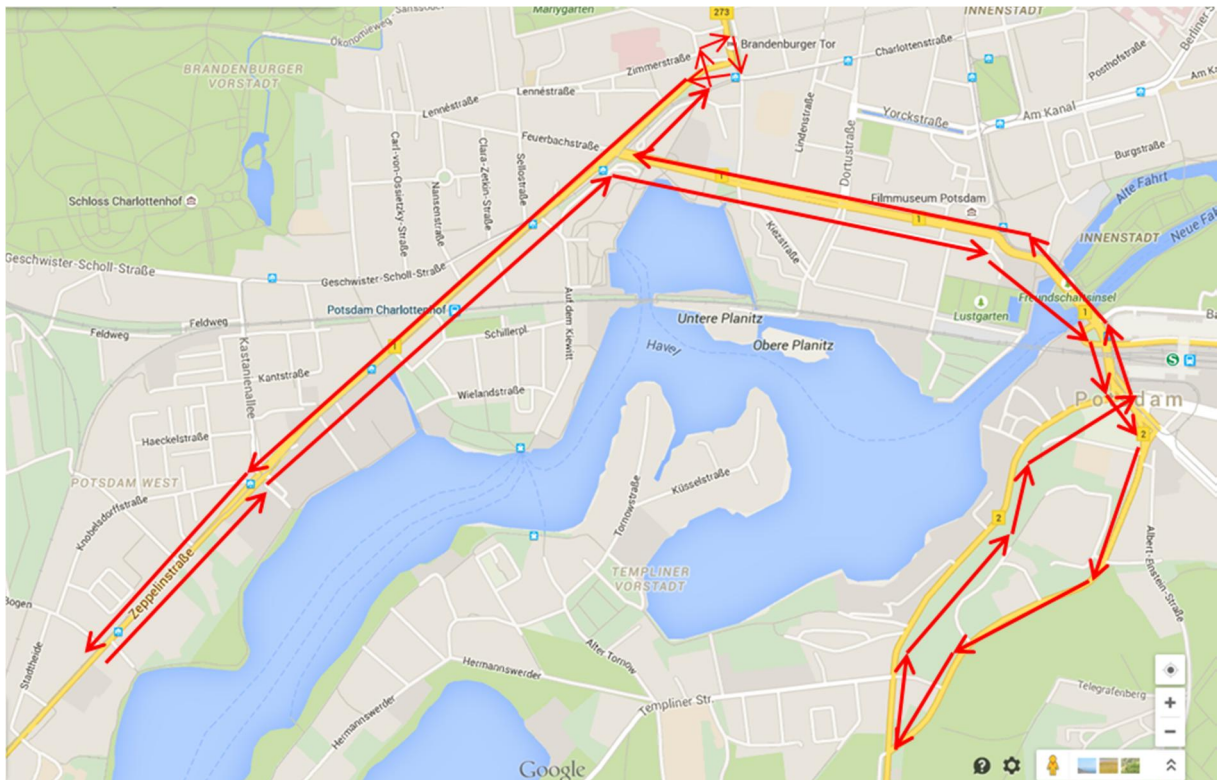


Abb. 3-1: Lage der Untersuchungsabschnitte im Berliner Hauptstraßennetz

Entsprechend der erforderlichen zeitlichen und räumlichen Differenzierung erfolgte die Befahrung in der Zeit zwischen 06.00 Uhr und 21.00 Uhr an folgenden Tagen:

- Dienstag, 02.06.2015: 14.00 Uhr – 21.00 Uhr T50-Fahrten
- Mittwoch, 03.06.2015: 06.00 Uhr – 21.00 Uhr T30-Fahrten
- Donnerstag, 04.06.2015: 06.00 Uhr – 15.00 Uhr T50-Fahrten

Sowohl für die T30- als auch für die T50-Fahrten wurden insgesamt jeweils ca. 20 Befahrungen durchgeführt.

4 AUSWERTUNGSMETHODIKEN

Folgende Besonderheiten wurden in der Auswertung beachtet:

4.1 Räumliche Differenzierung der Straßenabschnitte

Wie in Abschnitt 2 beschrieben, gibt es bei einer Reduzierung des Tempolimits von T50 auf T30 prinzipiell zwei gegenläufige Effekte:

- bei Konstantfahrt emittieren die Motoren bei T30 tendenziell geringfügig mehr als bei T50,
- während der Beschleunigungsphase z. B. beim Einfahren in den Abschnitt oder beim Wiederanfahren nach dem Halt vor Lichtsignalanlagen sind die Motoremisionen bei einer Beschleunigung auf 50 km/h deutlich höher als bei einer Beschleunigung auf eine Zielgeschwindigkeit von 30 km/h.

Um diese beiden Effekte getrennt zu betrachten, wurden die Fahrkurven in einen Bereich mit Lichtsignalanlagen (LSA) geregelten Kreuzungen und einen dazwischen liegenden Bereich mit nahezu keinem Standanteil gegliedert. Als Kreuzungsbereich wurde nach Sichtung der Fahrkurven im Wesentlichen der Bereich 100 m vor bis 100 m nach der LSA betrachtet. Dieser Bereich beinhaltet die wesentlichen Brems-, Halte- und Beschleunigungsvorgänge.

Die Auswertung erfolgte richtungsgetreunt. Für eine Bewertung der Auswirkungen für den Gesamtquerschnitt wurde die Abschnittsgliederung so gewählt, dass sie in beiden Richtungen einheitlich ist.

Die räumliche Gliederung der Messfahrtstrecke erfolgte für die Auswertung wie folgt:

- Zeppelinstraße in beiden Richtungen von Kreuzungsbereich Kastanienallee bis vor Kreuzungsbereich Zeppelinstraße/Breite Straße
- Zeppelinstraße in beiden Richtungen von Lennéstraße bis vor Kreuzungsbereich Zeppelinstraße/Breite Straße
- Breite Straße in beiden Richtungen von Kreuzungsbereich Lange Brücke bis vor Kreuzungsbereich Zeppelinstraße/Breite Straße
- Kreuzungsbereich Zeppelinstraße/Breite Straße für die drei Abbiegebeziehungen Rechtsabbiegen Zeppelinstraße in Breite Straße, Rechtsabbiegen Breite Straße in Zeppelinstraße sowie Überfahren des Kreuzungsbereiches in Nordost-Südwest-Richtung

4.2 Berücksichtigung des der LSA-Koordinierung zu Grunde liegenden Tempolimits

Die LSA sind an allen Tagen auf T50 koordiniert gewesen. Die Nichtkoordinierung auf T30 bei den T30-Fahrten führte an den LSA geregelten Kreuzungen deshalb zu anderen Halteanzahlen sowie Haltezeiten als bei den T50-Fahrten. Um diese systematische Abweichung zu korrigieren, um also eine T30-Koordinierung in der Auswertung zu simulieren, wurden an sämtlichen LSA geregelten Kreuzungen zunächst die Halteanteile, d. h. die Anzahl der Fahrten, an denen an der LSA gehalten werden musste im Verhältnis zur Gesamtfahrtanzahl, bei T50 ermittelt. Zudem wurde für jeden Kreuzungsbereich die mittlere Haltezeit pro Halt berechnet. Die Fahrkurven der T30-Fahrten, bei denen im Kreuzungsbereich gehalten werden musste, wurden so angepasst, dass die Haltezeit jedes Haltevorgangs der T50 Fahrten entsprach.

Um die Halteanteile der T50-Fahrten auf die der T30-Fahrten anzupassen, wurden für die T30-Fahrten für jeden Kreuzungsbereich die Emissionsfaktoren jeweils für alle Fahrkurven mit Haltevorgang und für alle Fahrkurven, bei denen die Kreuzung ohne Halt überfahren wurde, berechnet. Entsprechend dem Halteanteil bei T50 wurden diese beiden Emissionsfaktoren gewichtet.

Das Fahrverhalten der T30-Fahrten in den Kreuzungsbereichen bzgl. Halteanzahl und -zeit entspricht somit dem der T50-Fahrten. Damit wird unterstellt, dass bei einer Umsetzung des Tempolimits die LSA-Steuerungen so an die geringere Geschwindigkeit angepasst sind, dass eine „grüne Welle“ genauso funktioniert wie derzeit bei T50.

In den Abschnitten zwischen den Kreuzungsbereichen wurden die Fahrkurven nahezu unverändert ausgewertet. Es wurden lediglich einige wenige Teile ausgeschlossen, die einzelne zufällige Haltevorgänge beinhalten, die unrepräsentativ für das allgemeine Fahrverhalten waren und den Vergleich T50/T30 verzerrt hätten.

4.3 Tagesgang des Fahrverhaltens

Das Fahrverhalten ist auch maßgeblich von der Verkehrsbelegung abhängig. Deshalb erfolgte eine Wichtung der Ergebnisse in den einzelnen Zeitbereichen entsprechend der Tagesganglinien des Kfz-Verkehrs (siehe **Tab. 4-1**).

Die Messfahrten fanden in der Zeit zwischen 06.00 und 21.00 Uhr statt. Für den Nachtbereich lagen keine Fahrkurven zur Auswertung vor. Um diesen Zeitbereich dennoch zu be-

rücksichtigen, wurde der jeweils geringste berechnete Emissionsfaktor eines Abschnitts für den Nachtbereich angenommen.

Uhrzeit	Zeitbereich
06.00 – 10.00 Uhr	Früh
10.00 – 15.00 Uhr	Mittag
15.00 – 19.00 Uhr	Nachmittag
19.00 – 21.00 Uhr	Abend
21.00 – 06.00 Uhr	Nacht

Tab. 4-1: Zeitliche Gliederung der Auswertung

4.4 Befolgungsrate einer T30-Anordnung

Während die Erfassung bei T50 durch Mitschwimmen im Verkehr erfolgen kann („car-floating“), ist die Aufzeichnung der T30-Situation nur über sogenannte Musterfahrten, d. h. durch Simulation des Fahrverhaltens bei T30 bei gegebenem T50 möglich.

Diese Musterfahrten wurden unter der Annahme einer permanenten Geschwindigkeitsüberwachung durchgeführt, d. h. bei einer angenommenen 100%igen Befolgungsrate des vorgeschriebenen Tempolimits. Keine Geschwindigkeitsüberwachung würde demnach zu geringeren Effekten, als hier später aufgezeigt, führen.

4.5 Einfluss des Schwerverkehrs

Weiterhin war in den Auswertungen zu berücksichtigen, dass bei den Messfahrten ausschließlich das Fahrverhalten der PKW abgebildet bzw. simuliert wurde. Dies weicht jedoch von dem anderer Fahrzeugkategorien wie LKW, Motorräder oder Linienbusse z. T. stark ab.

Da die Fahrzyklen nur das Fahrverhalten der PKW abbilden, erfolgte auch nur für diese Fahrzeugkategorie die Berechnung der Emissionsfaktoren. Die Differenzierung erfolgt dabei entsprechend der Fahrzeugdisaggregation in PHEm (siehe **Tab. 4-2**). Für die Emissionsberechnung wurden die Emissionsfaktoren der einzelnen Fahrzeugkonzepte mit einer regionalspezifischen PKW-Flottenzusammensetzung für Brandenburg im Bezugsjahr 2015 gewichtet. Diese Flottenzusammensetzung wurde vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt.

Fahrzeugkategorie	Antriebsart	EURO-Norm	Größenklasse	Abgasnachbehandlung
PKW	Benzin/Diesel	EURO-0 - 6c	keine Differenzierung	DPF

Tab. 4-2: Fahrzeugdisaggregation für die Emissionsberechnung in PHEm

Die prozentualen Emissionsänderungen T30/T50 zeigen demnach die Änderungen des Emissionsniveaus bei den PKW. Die Auswirkungen einer Temporeduzierung auf die Emissionen der schweren Nutzfahrzeuge wurden an Hand des Einfluss des „Ersteinschätzungsschema zu Tempo 30“ abgeschätzt (siehe **Abb. 4-1**). Die untersuchten Strecken Zeppelinstraße und Breite Straße verlaufen in der Ebene, d. h. sie weisen keine wesentliche Längsneigung auf. Für sehr geringe Längsneigungen zeigen die Diagramme, dass bei geringen Konstantfahrtanteilen (wie z. B. im Kreuzungsbereich) mit zunehmendem Schwerverkehrsanteil die emissionsmindernde Wirkung des Tempolimits auf 30 km/h zunimmt. Bei hohen Konstantfahrtanteilen ist die Gesamtwirkung prinzipiell emissionserhöhend, die Emissionserhöhung wird jedoch mit zunehmendem Schwerverkehrsanteil geringer.

Die durchgeführte Bewertung der Gesamtwirkung allein auf Basis der PKW-Emissionsänderung ist demnach eine etwas konservative Betrachtung. Emissionsminderungen würden sich demnach bei Einbeziehung des Schwerverkehrs stärker, Emissionserhöhungen hingegen weniger stark auswirken. Eine Quantifizierung des Einflusses des Schwerverkehrs ist jedoch auf Basis des Ersteinschätzungsschemas nicht möglich, da dort lediglich qualitative Aussagen getroffen werden.

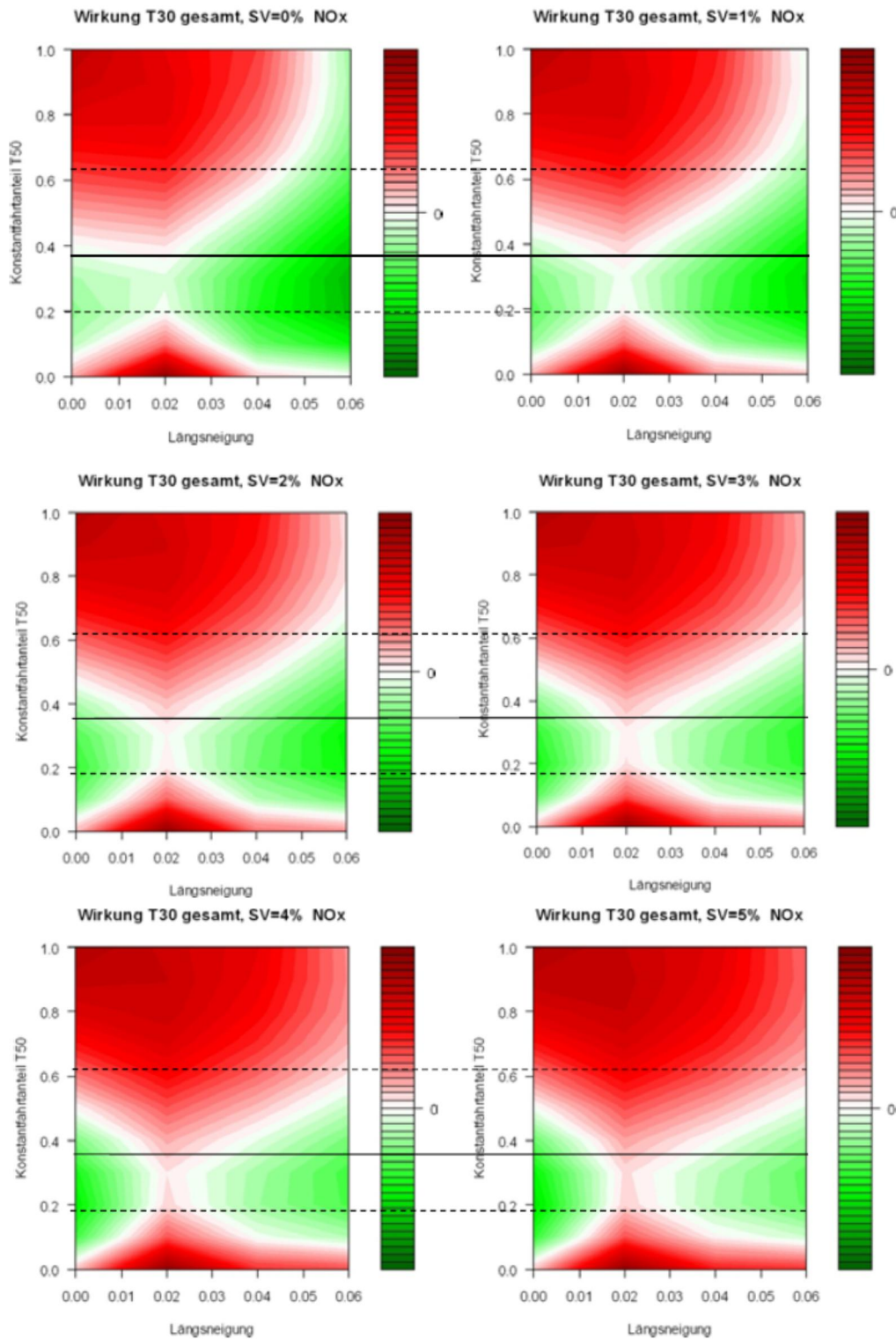


Abb. 4-1: Gesamtwirkung von Tempo 30 auf die NO_x-Emissionen in Abhängigkeit von Konstantfahranteil bei Tempo 50 und Längsneigungsklasse für verschiedene Schwerverkehrsanteile (SV) (weiß = neutral, rot = emissionserhöhend, grün = emissionsreduzierend) (LUBW (2012))

5 ERGEBNISSE FÜR DIE ZEPPELINSTRASSE

Im Folgenden werden die Fahrkurven sowie exemplarisch die NO_x-Emissionen detailliert für die Zeppelinstraße aufgezeigt und diskutiert. Die motorbedingten PM10- und NO₂-Direktemissionen werden zusammenfassend im Kap. 8 behandelt.

Abb. 5-2 und **Abb. 5-3** zeigen die Geschwindigkeits-Weg-Verläufe auf der Zeppelinstraße vom Kreuzungsbereich Kastanienallee bis vor den Kreuzungsbereich Breite Straße/Zeppelinstraße in Südwest-Nordost- bzw. Nordost-Südwest-Richtung. Die darin grün markierten Abschnitte zeigen die Bereiche, für die die räumliche Gliederung vorgenommen wurde. Die schwarze Markierung zeigt die Lage der LSA im Streckenabschnitt.

Es zeigt sich, dass es während des gesamten Tages zu keinen wesentlichen Störungen des Verkehrsablaufs kommt. Halte treten nur im Bereich der LSA geregelten Kreuzungen auf. Dementsprechend ist auch das Fahrgeschwindigkeitsniveau bei Tempo 50 erkennbar höher als bei den T30-Fahrten. Die Beschleunigungen beim Wiederauffahren in den Kreuzungsbereichen sind bei den T50-Fahrten deutlich höher als bei den T30-Fahrten.

In **Tab. 5-1** und **Tab. 5-3** sind für die beiden Richtungen die Halteanteile sowie bei Tempo 50 die Haltezeit an den einzelnen LSA in den verschiedenen Tageszeiten dargestellt. Es zeigt sich, dass die Werte sowohl zwischen den Kreuzungsbereichen als auch zu den verschiedenen Tageszeiten z. T. stark schwanken. Wie in Kapitel 4 beschrieben, wurden sowohl Halteanteil als auch Haltezeit der T50-Fahrten auf die T30-Fahrten übertragen.

In **Abb. 5-5** sind die Geschwindigkeits-Weg-Verläufe auf dem relativ kurze Abschnitt der Zeppelinstraße zwischen Breite Straße und Lennéstraße dargestellt. Dieser wurde separat ausgewertet, da er nicht in einem Zuge mit der Zeppelinstraße befahren, sondern in Südwest-Nordost-Richtung erst auf dem Rückweg der Messfahrtrunde nach Rechtsabbiegen von der Breiten Straße befahren wurde.

Für die Fahrkurven der Einzelabschnitte wurden mit PHEM¹ die PKW-Emissionsfaktoren für die verschiedenen Tageszeiten berechnet und mit einer Tagesganglinie des KFZ-Verkehrs gewichtet. Die Ganglinien wurden vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt und wurden in Höhe des Messcontainers an den Untersuchungstagen (2.-4. Juni 2015) erhoben (siehe **Abb. 5-1**).

¹ PHEM (Passenger car and Heavy duty Emission Model), Hausberger et.al., Technische Universität Graz, Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik

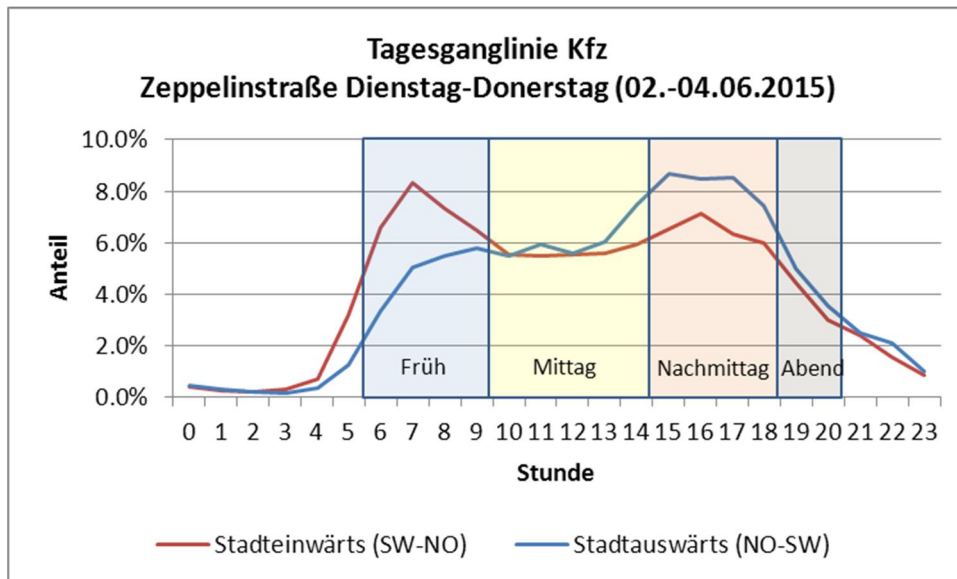


Abb. 5-1: Tagesganglinie Kfz Zeppelinstraße

In **Tab. 5-2**, **Tab. 5-4** und **Tab. 5-6** sind die PKW-NO_x-Emissionsfaktoren auf den verschiedenen Untersuchungsabschnitten richtungsgetreunt und nach Tageszeiten sowie als Tagesmittelwert dargestellt. Es zeigt sich, dass die NO_x-Emissionsfaktoren in längeren Abschnitten mit relativ hohen Konstantfahrtanteilen bei Tempo 30 bis zu 32 % höher liegen als bei Tempo 50. In den Kreuzungsbereichen ergeben sich hingegen Reduzierungen um bis 50 %.

Nach Wichtung der Emissionsfaktoren der Einzelabschnitte mit den jeweiligen Abschnittlängen ergibt sich auf der gesamten Strecke durch das T30 eine Reduzierung der PKW-NO_x-Emissionsfaktoren von 12 % in beiden Richtungen.

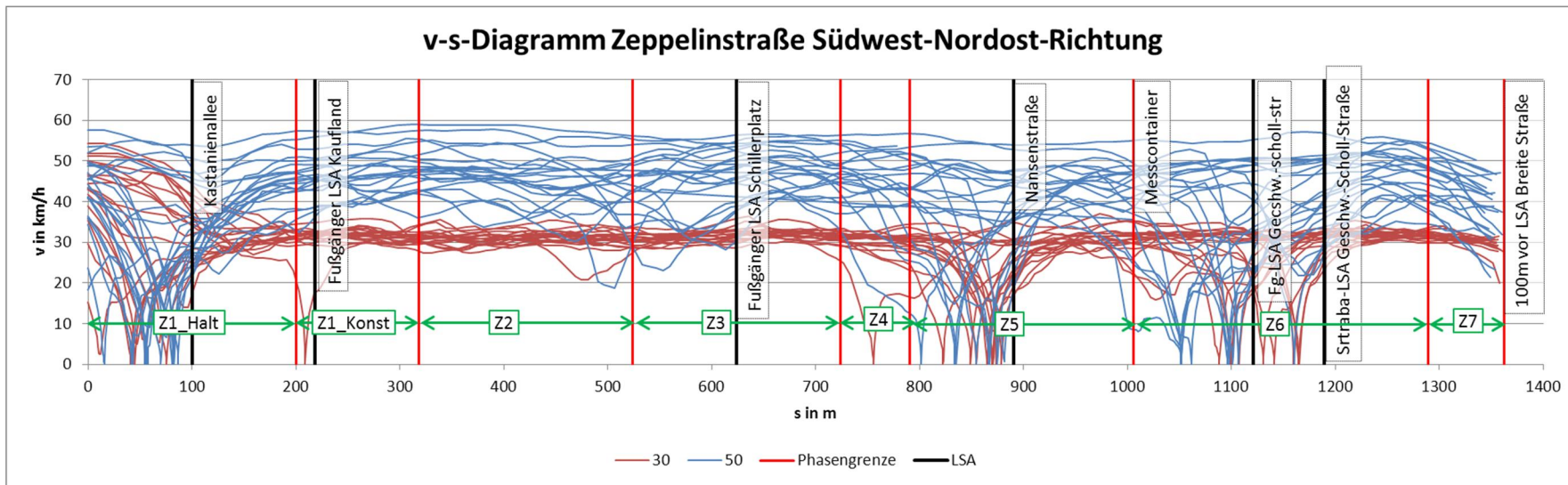


Abb. 5-2: v-s-Diagramm Zeppelinstraße Südwest-Nordost-Richtung

	Z1_Halt		Z1_Konst		Z2		Z3		Z4		Z5		Z6		Z7	
	T30	T50	T30	T50	T30	T50	T30	T50	T30	T50	T30	T50	T30	T50	T30	T50
Früh	2 / 5	6 / 4 / 15 sek.	0 / 5	0 / 3	0 / 5	0 / 3	0 / 5	0 / 4	0 / 5	0 / 5	2 / 5	0 / 4 / 0 sek.	4 / 5	1 / 4 / 11 sek.	0 / 5	0 / 4
Mittag	1 / 6	4 / 9 / 8 sek.	0 / 6	0 / 9	0 / 6	0 / 9	0 / 6	0 / 9	0 / 6	0 / 9	4 / 6	6 / 9 / 9 sek.	0 / 6	3 / 9 / 6 sek.	0 / 6	0 / 9
Nachmittag	0 / 6	2 / 6 / 12 sek.	1 / 6	0 / 6	0 / 7	0 / 6	0 / 7	0 / 5	1 / 7	0 / 5	4 / 7	2 / 5 / 12 sek.	5 / 7	4 / 6 / 8 sek.	0 / 7	0 / 5
Abend	0 / 1	0 / 2 / 0 sek.	0 / 1	0 / 2	0 / 1	0 / 2	0 / 1	0 / 2	0 / 1	0 / 2	0 / 1	0 / 2 / 0 sek.	0 / 1	2 / 3 / 9 sek.	0 / 1	0 / 3

Tab. 5-1: Halteanteil T30 (Fahrten mit Halt/Gesamtfahrten), Halteanteil, Haltezeit T50 (Fahrten mit Halt/Gesamtfahrten/Haltezeit)

	Z1_Halt		Z1_Konst		Z2		Z3		Z4		Z5		Z6		Z7		Gesamtabschnitt	
	T30	T50	T30	T50	T30	T50	T30	T50	T30	T50	T30	T50	T30	T50	T30	T50	T30	T50
Früh	0.56	0.89	0.24	0.45	0.24	0.17	0.24	0.25	0.25	0.37	0.24	0.27	0.26	0.27	0.23	0.35	0.29	0.37
Mittag	0.32	0.40	0.23	0.30	0.23	0.22	0.24	0.21	0.23	0.33	0.33	0.37	0.28	0.34	0.24	0.24	0.27	0.31
Nachmittag	0.30	0.35	0.24	0.38	0.24	0.23	0.23	0.26	0.26	0.28	0.30	0.38	0.28	0.31	0.24	0.22	0.27	0.31
Abend	0.24	0.20	0.24	0.23	0.23	0.17	0.26	0.19	0.25	0.18	0.24	0.22	0.29	0.33	0.23	0.25	0.25	0.23
Nacht	0.24	0.20	0.23	0.23	0.23	0.17	0.23	0.19	0.23	0.18	0.24	0.22	0.26	0.27	0.23	0.22	0.24	0.22
Tagesmittel	0.37	0.49	0.24	0.35	0.23	0.20	0.24	0.23	0.25	0.30	0.28	0.32	0.28	0.31	0.23	0.27	0.27	0.31
Länge in m	200		118		205		200		67		215		283		73		1362	
Reduktion T30/	-25%		-32%		16%		4%		-18%		-12%		-10%		-12%		-12%	

Tab. 5-2: Vergleich NO_x-Emissionsfaktoren PKW T30/T50 Zeppelinstraße Südwest-Nordost-Richtung

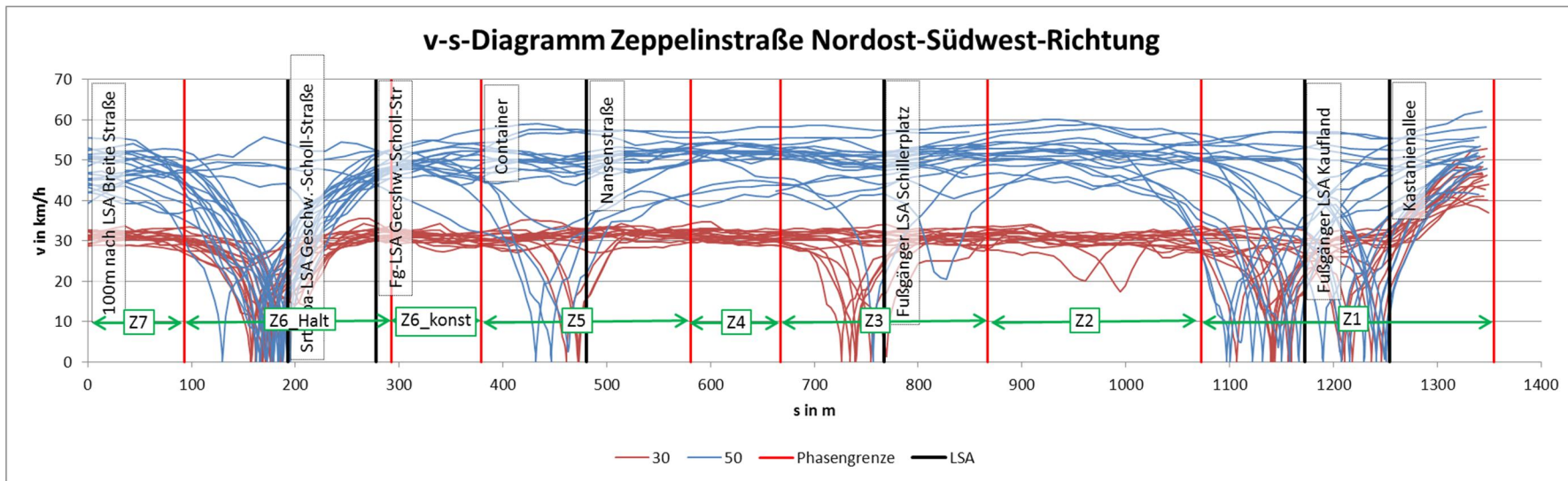


Abb. 5-3: v-s-Diagramm Zeppelinstraße Nordost-Südwest-Richtung

	Z7		Z6_Halt		Z6_Konst		Z5		Z4		Z3		Z2		Z1	
	T30	T50	T30	T50	T30	T50	T30	T50	T30	T50	T30	T50	T30	T50	T30	T50
Früh	0 / 5	0 / 4	4 / 5	3 / 4 / 12 sek.	0 / 5	0 / 4	2 / 5	0 / 4	0 / 5	0 / 4	1 / 5	1 / 4 / 2 sek.	0 / 5	0 / 3	2 / 5	3 / 4 / 11 sek.
Mittag	0 / 5	0 / 7	3 / 5	3 / 7 / 8 sek.	0 / 5	0 / 7	1 / 5	3 / 7	0 / 5	0 / 7	0 / 5	0 / 7 / 6 sek.	0 / 5	0 / 7	4 / 5	4 / 7 / 8 sek.
Nachmittag	0 / 5	0 / 6	4 / 5	6 / 6 / 10 sek.	0 / 6	0 / 6	0 / 6	0 / 6	0 / 6	0 / 6	4 / 6	0 / 6 / 0 sek.	0 / 5	0 / 5	5 / 5	8 / 5 / 9 sek.
Abend	0 / 1	0 / 3	1 / 1	2 / 3 / 4 sek.	0 / 1	0 / 2	0 / 1	0 / 2	0 / 1	0 / 2	0 / 1	0 / 3 / 0 sek.	0 / 1	0 / 3	1 / 1	1 / 3 / 12 sek.

Tab. 5-3: Halteanteil T30 (Fahrten mit Halt/Gesamtfahrten), Halteanteil, Haltezeit T50 (Fahrten mit Halt/Gesamtfahrten/Haltezeit)

	Z7		Z6_Halt		Z6_Konst		Z5		Z4		Z3		Z2		Z1		Gesamtabschnitt	
	T30	T50	T30	T50	T30	T50	T30	T50	T30	T50	T30	T50	T30	T50	T30	T50	T30	T50
Früh	0.24	0.31	0.38	0.54	0.24	0.60	0.23	0.20	0.25	0.26	0.27	0.28	0.23	0.18	0.44	0.42	0.31	0.34
Mittag	0.24	0.48	0.34	0.45	0.23	0.37	0.29	0.35	0.23	0.31	0.24	0.23	0.24	0.20	0.42	0.42	0.30	0.35
Nachmittag	0.24	0.33	0.36	0.60	0.24	0.48	0.23	0.21	0.24	0.26	0.24	0.24	0.28	0.19	0.65	0.78	0.35	0.42
Abend	0.24	0.40	0.34	0.40	0.24	0.56	0.24	0.19	0.25	0.43	0.22	0.19	0.25	0.19	0.44	0.30	0.29	0.30
Nacht	0.24	0.31	0.34	0.40	0.23	0.37	0.23	0.19	0.23	0.26	0.22	0.19	0.23	0.18	0.42	0.30	0.28	0.27
Tagesmittel	0.24	0.37	0.35	0.51	0.24	0.47	0.25	0.25	0.24	0.29	0.24	0.24	0.25	0.19	0.50	0.52	0.31	0.36
Länge in m	93		200		87		201		86		200		205		282		1354	
Reduktion T3	-37%		-30%		-50%		1%		-17%		2%		32%		-3%		-12%	

Tab. 5-4: Vergleich PKW-NO_x-Emissionsfaktoren in g/km T30/T50 Zeppelinstraße Nordost-Südwest-Richtung

Wie in Abschnitt 4.1 beschrieben, erfolgte die räumliche Gliederung der Untersuchungsabschnitte in der Form, dass zwischen Kreuzungsbereichen und Bereichen dazwischen unterschieden wurde. Ein Kreuzungsbereich reicht dabei von 100 m vor bis 100 m nach einer LSA. Der Messcontainer liegt ungefähr in der Mitte des Abschnitts zwischen den LSA Geschwister-Scholl-Straße und LSA Nansenstraße. Die Entfernung zwischen diesen beiden LSA beträgt ca. 200m, sodass die Lage des Messcontainers die Grenze zwischen den beiden Kreuzungsbereichen um die LSA Geschwister-Scholl-Straße bzw. LSA Nansenstraße darstellt. Die Änderungen der NO_x-Emissionsfaktoren sind in den beiden Bereichen (Z5 und Z6) jedoch sehr unterschiedlich. So kommt es in Südwest-Nordost-Richtung zu Reduzierungen von 12 % bzw. 10 %. In der Gegenrichtung ergeben sich geringfügige Erhöhungen von 1 % (Z5) sowie ca. 50 % geringere Emissionen (Z6).

Bei einer Gesamtbetrachtung der beiden, den Container begrenzenden Kreuzungsbereiche Z5 und Z6 ergibt sich eine Reduzierung des NO_x-Emissionsfaktors um 19 %. Der dabei betrachtete Bereich ist jedoch mit insgesamt fast 500 m relativ lang, da der Kreuzungsbereich an der Geschwister-Scholl-Straße (Z6) neben der Fußgänger-LSA auch die kurz darauffolgende Straßenbahn-LSA umfasst. Um Aussagen zur T30-Wirkung in unmittelbarer Nähe des Messcontainers treffen zu können, wurde gesondert der Abschnitt zwischen den beiden LSA Geschwister-Scholl-Straße und LSA Nansenstraße betrachtet, also ohne die Kreuzungsbereiche nordöstlich der LSA Geschwister-Scholl-Straße bzw. südwestlich der LSA Nansenstraße (siehe Abb. 5-4).

Es zeigt sich, dass es in nordöstlicher Richtung auf Grund der relativ hohen Halteanteile an der Fußgänger-LSA Geschwister-Scholl-Straße zu einer Reduzierung des NO_x-Emissionsfaktors von 12 % kommt. In südwestlicher Richtung hingegen funktioniert die Koordinierung an der LSA Nansenstraße relativ gut, sodass sich in dieser Richtung auf Grund des höheren Konstantfahrtanteils eine Emissionserhöhung von 2 % ergibt. Bei Betrachtung des Gesamtquerschnitts ergibt sich eine Minderung von 6 %.

Im Bereich des Messcontainers ergibt sich somit im Gesamtquerschnitt sowohl bei Betrachtung der kompletten Kreuzungsbereiche als auch im unmittelbaren Abschnitt zwischen den LSA eine Reduzierung der NO_x-Emissionsfaktoren.

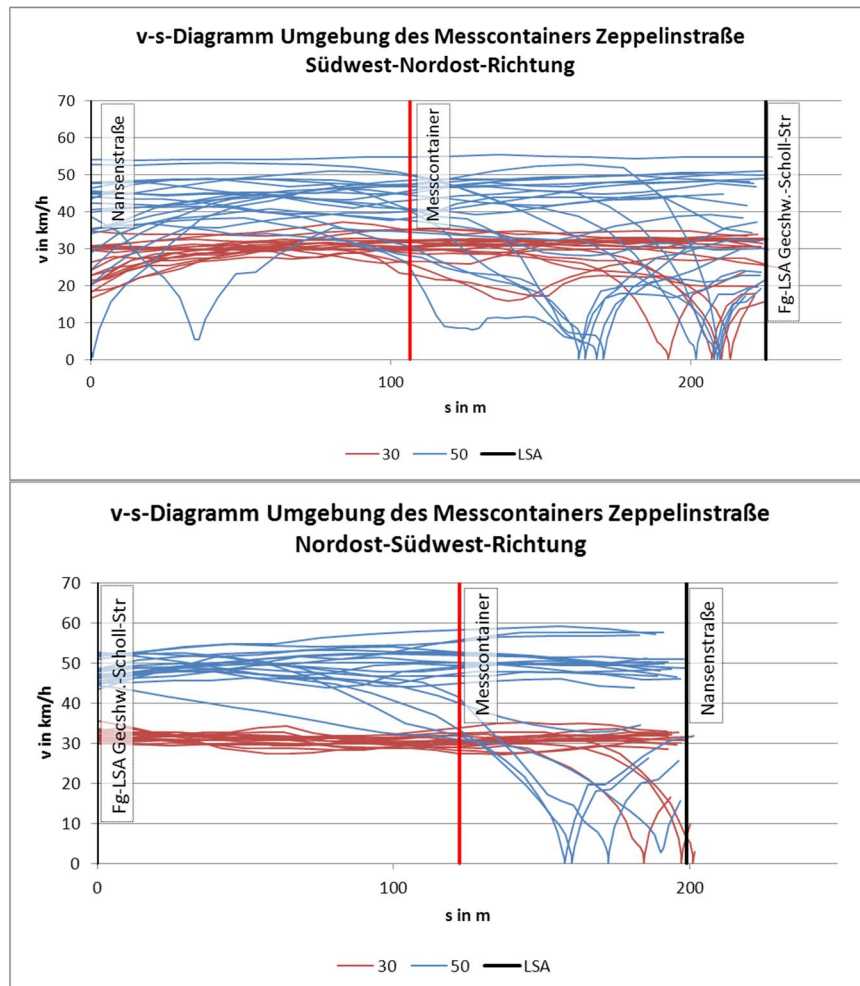


Abb. 5-4: v-s-Diagramm Zeppelinstraße zwischen LSA Nansenstraße und Fußgänger-LSA Geschwister-Scholl-Straße in Südwest-Nordost-Richtung (oben) und Nordost-Südwest-Richtung (unten)

	Südwest-Nordost-Rtg.		Nordost-Südwest-Rtg.		Gesamt	
	T30	T50	T30	T50	T30	T50
Früh	0.29	0.28	0.26	0.22	0.28	0.25
Mittag	0.27	0.30	0.24	0.26	0.26	0.28
Nachmittag	0.27	0.40	0.22	0.21	0.25	0.31
Abend	0.23	0.23	0.24	0.27	0.23	0.25
Nacht	0.23	0.23	0.22	0.21	0.23	0.22
Tagesmittel	0.27	0.31	0.24	0.23	0.25	0.27
Länge in m	231		202		216	
Reduktion T30/T50	-12%		2%		-6%	

Tab. 5-5: Vergleich PKW-NO_x-Emissionsfaktoren in g/km T30/T50 Zeppelinstraße zwischen LSA Nansenstraße und Fußgänger-LSA Geschwister-Scholl-Straße

Auf dem kurzen Abschnitt zwischen Lennéstraße und Breite Straße (ZL) ergibt sich durch T30 eine Reduzierung der NO_x-Emissionsfaktoren von 41 % und 50 %. Diese relativ hohe Reduzierung ist zum einen auf die geringen Abschnittslänge sowie der Kreuzungsnähe zurückzuführen. Dadurch kommen - zwar wenige, aber gegenüber den T30-Fahrten doch relativ hohe Beschleunigungen - emissionsseitig zum Tragen. Zum anderen ist das Geschwindigkeitsniveau der T50-Fahrten weitestgehend zwischen 40 km/h und 50 km/h, was auf Grund der in PHEm angenommenen Gangwahl mit hohen Motordrehzahlen und somit relativ hohen Emissionen verbunden ist.

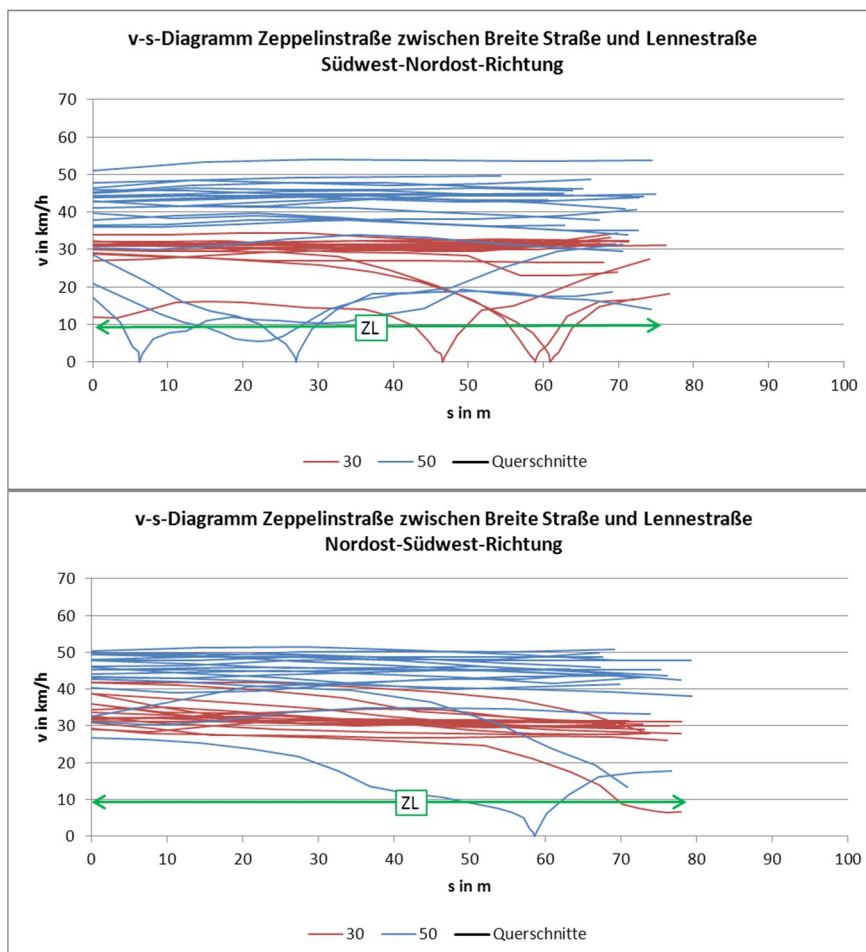


Abb. 5-5: v-s-Diagramm Zeppelinstraße zwischen Breite Straße und Lennéstraße in Südwest-Nordost-Richtung (oben) und Nordost-Südwest-Richtung (unten)

	ZL Südwest-Nordost-Rtg.		ZL Nordost-Südwest-Rtg.	
	T30	T50	T30	T50
Früh	0.29	0.44	0.22	0.49
Mittag	0.28	0.45	0.21	0.46
Nachmittag	0.22	0.43	0.23	0.39
Abend	0.26	0.46	0.19	0.38
Nacht	0.22	0.43	0.19	0.38
Tagesmittel	0.26	0.44	0.22	0.43
Länge in m	79		83	
Reduktion T30/T50	-41%		-50%	

Tab. 5-6: Vergleich PKW-NO_x-Emissionsfaktoren in g/km T30/T50 Zeppelinstraße zwischen Breite Straße und Lennéstraße

6 ERGEBNISSE FÜR DIE BREITE STRASSE

Im Folgenden werden die Fahrkurven sowie exemplarisch die NO_x-Emissionen detailliert für die Breite Straße aufgezeigt und diskutiert. Die motorbedingten PM10- und NO₂-Direktemissionen werden zusammenfassend im Kap. 8 behandelt.

Abb. 6-2 und **Abb. 6-3** zeigt die Geschwindigkeits-Weg-Verläufe auf der Breiten Straße vom Kreuzungsbereich Lange Brücke bis vor den Kreuzungsbereich Breite Straße/Zepelinstraße) in West-Ost- bzw. Ost-West-Richtung. Die darin grün markierten Abschnitte zeigen die Bereiche, für die die räumliche Gliederung vorgenommen wurde. Die schwarze Markierung zeigt die Lage der LSA im Streckenabschnitt.

Im Gegensatz zur West-Ost-Richtung, in der während des gesamten Tages keine wesentlichen Störungen des Verkehrsablaufs auftraten, kam es in der Gegenrichtung in den Nachmittagsstunden zu Stop&Go-Zuständen (siehe **Abb. 6-4**). Die Ursache hierfür liegt möglicherweise in einer baustellenbedingten Fahrspurreduzierung, die zu Rückstauwirkungen während der Nachmittagspitze geführt haben könnte. Die Fahrkurven dieser Fahrten wurden nicht abschnittsfein ausgewertet, weil keine wesentlichen Unterschiede im Fahrverlauf zwischen den Kreuzungsbereichen und den Bereichen dazwischen erkennbar waren. Die Emissionsfaktoren wurden deshalb für diese Fahrten für den gesamten Streckenzug berechnet.

Das Fahrverhalten in den Fahrkurven, die außerhalb dieser Stop&Go-Zeiten aufgezeichnet wurden, ähnelte dem auf der Zepelinstraße. Es kommt auch hier während des gesamten Tages zu keinen wesentlichen Störungen des Verkehrsablaufs. Halte treten nur im Bereich der LSA geregelten Kreuzungen auf. Dementsprechend ist auch das Fahrgeschwindigkeitsniveau bei Tempo50 erkennbar höher als bei den T30-Fahrten. Die Beschleunigen beim Wiederanfahren in den Kreuzungsbereichen sind bei den T50-Fahrten deutlich höher als bei den T30-Fahrten.

In **Tab. 6-1** und **Tab. 6-3** sind für die beiden Richtungen die Halteanteile sowie bei Tempo 50 die Haltezeit an den einzelnen LSA in den verschiedenen Tageszeiten dargestellt. Es zeigt sich, dass die Werte sowohl zwischen den Kreuzungsbereichen als auch zu den verschiedenen Tageszeiten z. T. stark schwanken. Wie in Kap. 4 beschrieben, wurden sowohl Halteanteil als auch Haltezeit der T50-Fahrten auf die T30-Fahrten übertragen.

Für die Fahrkurven der Einzelabschnitte wurden mit PHEm die PKW-Emissionsfaktoren für die verschiedenen Tageszeiten berechnet und mit einer Tagesganglinie des KFZ-Verkehrs

gewichtet. Da es in der Breiten Straße keine Dauerzählstelle gibt, wurden die Tagesganglinien der letzten verfügbaren Verkehrszählung verwendet. Die Ganglinien wurden vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt. Sie wurden analog zu den Messfahrttagen an einem Dienstag, Mittwoch und Donnerstag im September 2012 erhoben (siehe **Abb. 6-1**).

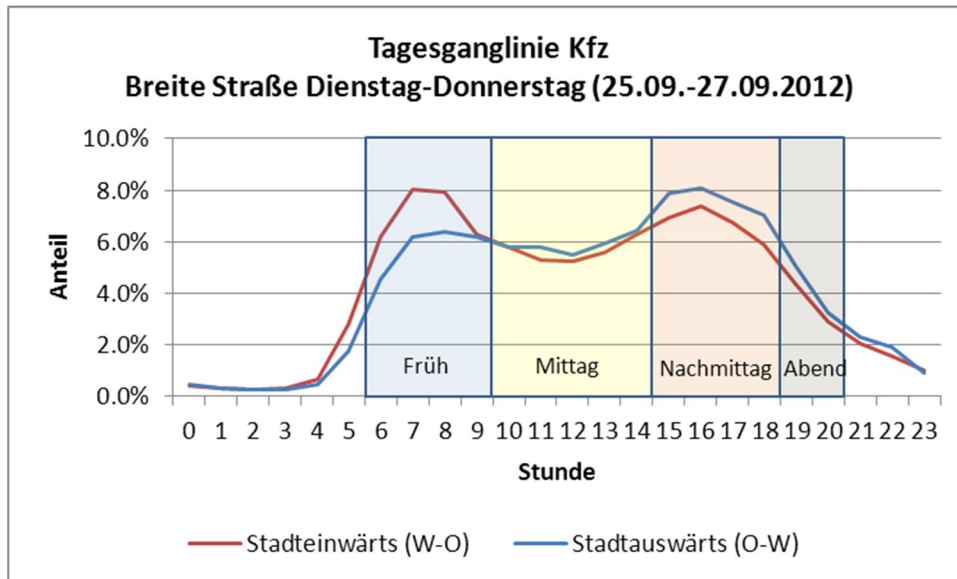


Abb. 6-1: Tagesganglinie Kfz Breite Straße

In **Tab. 6-2**, **Tab. 6-4** und **Tab. 6-5** sind die PKW-NO_x-Emissionsfaktoren auf den verschiedenen Untersuchungsabschnitten richtungsgetreunt und nach Tageszeiten sowie als Tagesmittelwert dargestellt. Es zeigt sich, dass es auf Grund der relativ geringen Knotenabstände zu keinen ausgeprägten Konstantfahrtphasen kommt und die Emissionen somit bei T30 in allen Abschnitten und in jeder Tageszeit nicht relevant steigen sondern um bis zu 37 % reduziert werden.

Nach Wichtung der Emissionsfaktoren der Einzelabschnitte mit den jeweiligen Abschnittslängen ergibt sich auf der gesamten Strecke eine Reduzierung der Emissionsfaktoren von 17 % in West-Ost-Richtung sowie unter Einbeziehung der Staufahrten eine Reduzierung von 16 % in Ost-West-Richtung.

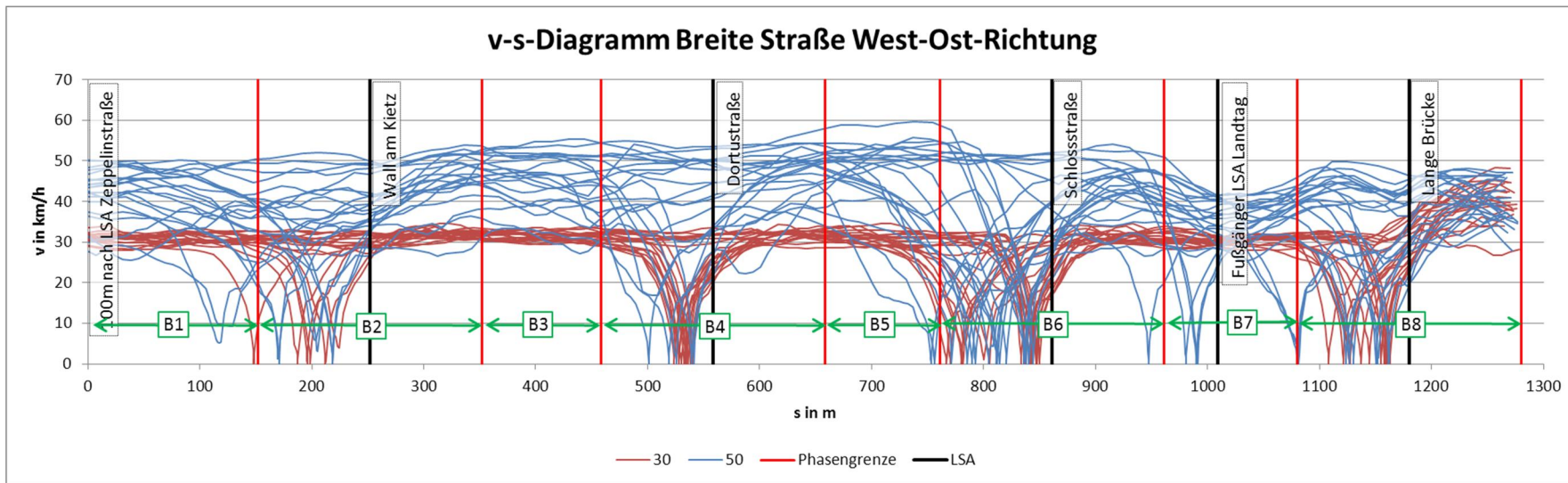


Abb. 6-2: v-s-Diagramm Breite Straße West-Ost-Richtung

	B1		B2		B3		B4		B5		B6		B7		B8	
	T30	T50	T30	T50	T30	T50	T30	T50	T30	T50	T30	T50	T30	T50	T30	T50
Früh	1 / 5	0 / 4	4 / 5	3 / 4 / 4 sek.	0 / 5	0 / 4	1 / 5	1 / 4 / 16 sek.	0 / 5	0 / 5	5 / 5	4 / 5 / 10 sek.	0 / 5	1 / 5	4 / 5	1 / 5 / 8 sek.
Mittag	0 / 6	0 / 9	0 / 6	0 / 9 / 0 sek.	0 / 6	0 / 9	3 / 6	3 / 9 / 15 sek.	0 / 6	0 / 9	4 / 6	8 / 9 / 7 sek.	0 / 6	0 / 9	5 / 6	5 / 9 / 8 sek.
Nachmittag	0 / 7	0 / 5	0 / 7	0 / 5 / 0 sek.	0 / 7	0 / 5	7 / 7	2 / 5 / 16 sek.	0 / 6	1 / 5	6 / 6	3 / 5 / 10 sek.	0 / 6	1 / 5	2 / 6	2 / 5 / 7 sek.
Abend	0 / 1	0 / 3	0 / 1	0 / 3 / 0 sek.	0 / 1	0 / 3	1 / 2	0 / 3 / 0 sek.	0 / 2	0 / 3	1 / 2	2 / 3 / 6 sek.	0 / 2	1 / 3	1 / 2	1 / 3 / 8 sek.

Tab. 6-1: Halteanteil T30 (Fahrten mit Halt/Gesamtfahrten), Halteanteil, Haltezeit T50 (Fahrten mit Halt/Gesamtfahrten/Haltezeit)

	B1		B2		B3		B4		B5		B6		B7		B8		Gesamtabschnitt	
	T30	T50	T30	T50	T30	T50	T30	T50	T30	T50	T30	T50	T30	T50	T30	T50	T30	T50
Früh	0.23	0.27	0.36	0.55	0.25	0.32	0.27	0.26	0.20	0.36	0.37	0.42	0.23	0.33	0.30	0.30	0.29	0.36
Mittag	0.23	0.22	0.24	0.29	0.24	0.29	0.28	0.39	0.22	0.36	0.35	0.36	0.24	0.29	0.37	0.35	0.28	0.33
Nachmittag	0.23	0.30	0.24	0.27	0.23	0.31	0.29	0.37	0.23	0.31	0.34	0.47	0.24	0.28	0.35	0.35	0.28	0.34
Abend	0.22	0.21	0.25	0.31	0.23	0.46	0.25	0.29	0.23	0.29	0.32	0.34	0.25	0.30	0.32	0.34	0.26	0.31
Nacht	0.22	0.21	0.24	0.27	0.23	0.29	0.25	0.26	0.20	0.29	0.32	0.34	0.23	0.28	0.30	0.30	0.26	0.28
Tagesmittel	0.23	0.25	0.27	0.36	0.24	0.32	0.27	0.33	0.21	0.34	0.35	0.41	0.24	0.30	0.33	0.33	0.28	0.33
Länge in m	152		200		106		200		103		200		120		200		1280	
Reduktion T3	-10%		-24%		-25%		-17%		-37%		-14%		-20%		0%		-17%	

Tab. 6-2: Vergleich PKW-NO_x-Emissionsfaktoren in g/km T30/T50 Breite Straße West-Ost-Richtung

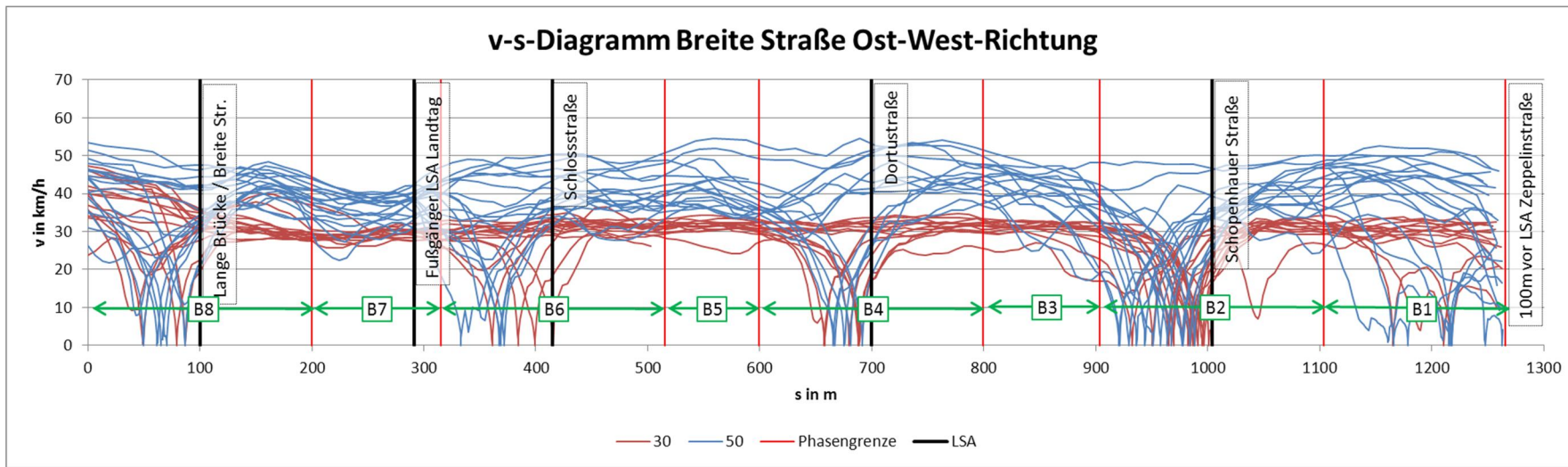


Abb. 6-3: v-s-Diagramm Breite Straße Ost-West-Richtung

	B8		B7		B6		B5		B4		B3		B2		B1	
	T30	T50	T30	T50	T30	T50	T30	T50	T30	T50	T30	T50	T30	T50	T30	T50
Früh	0 / 5	1 / 5 / 4 sek.	0 / 4	0 / 5	3 / 5	0 / 5 / 0 sek.	0 / 4	0 / 5	0 / 4	2 / 5 / 15 sek.	0 / 4	0 / 5	4 / 4	2 / 5 / 12 sek.	0 / 5	0 / 5
Mittag	0 / 6	3 / 7 / 8 sek.	0 / 6	0 / 7	1 / 6	1 / 6 / 1 sek.	0 / 6	0 / 6	5 / 6	2 / 5 / 16 sek.	0 / 6	0 / 6	8 / 6	6 / 6 / 13 sek.	2 / 5	6 / 7
Nachmittag	2 / 3	0 / 3 / 0 sek.	0 / 2	0 / 3	0 / 3	3 / 3 / 10 sek.	0 / 3	0 / 2	0 / 3	0 / 1 / 0 sek.	0 / 3	0 / 2	3 / 3	2 / 2 / 21 sek.	1 / 3	4 / 4
Abend	0 / 1	1 / 3 / 4 sek.	0 / 1	0 / 3	0 / 1	0 / 3 / 0 sek.	0 / 1	0 / 3	1 / 1	1 / 3 / 22 sek.	0 / 1	0 / 3	1 / 1	3 / 3 / 12 sek.	0 / 1	0 / 3

Tab. 6-3: Halteanteil T30 (Fahrten mit Halt/Gesamtfahrten), Halteanteil, Haltezeit T50 (Fahrten mit Halt/Gesamtfahrten/Haltezeit)

	B8		B7		B6		B5		B4		B3		B2		B1		Gesamtabschnitt	
	T30	T50	T30	T50	T30	T50	T30	T50	T30	T50	T30	T50	T30	T50	T30	T50	T30	T50
Früh	0.26	0.33	0.25	0.35	0.29	0.25	0.24	0.38	0.28	0.39	0.23	0.28	0.39	0.52	0.24	0.22	0.28	0.34
Mittag	0.32	0.37	0.23	0.27	0.27	0.28	0.24	0.32	0.29	0.33	0.24	0.24	0.43	0.46	0.44	0.40	0.32	0.35
Nachmittag	0.22	0.19	0.30	0.28	0.39	0.45	0.22	0.27	0.25	0.33	0.23	0.31	0.39	0.60	0.51	0.58	0.32	0.39
Nachmittag Stau																	0.43	0.48
Abend	0.27	0.36	0.25	0.27	0.23	0.32	0.24	0.40	0.29	0.35	0.23	0.27	0.35	0.51	0.23	0.21	0.27	0.34
Nacht	0.22	0.19	0.23	0.27	0.23	0.25	0.22	0.27	0.25	0.33	0.23	0.24	0.35	0.46	0.23	0.21	0.25	0.28
Tagesmittel	0.26	0.29	0.26	0.29	0.30	0.32	0.23	0.32	0.28	0.34	0.23	0.27	0.39	0.52	0.38	0.38	0.30	0.35
Länge in m	200		115		200		85		200		104		200		162		1266	
Reduktion T30/T5	-10%		-12%		-7%		-28%		-20%		-14%		-25%		0%		-15%	

Tab. 6-4: Vergleich PKW-NO_x-Emissionsfaktoren in g/km T30/T50 Breite Straße Ost-West-Richtung

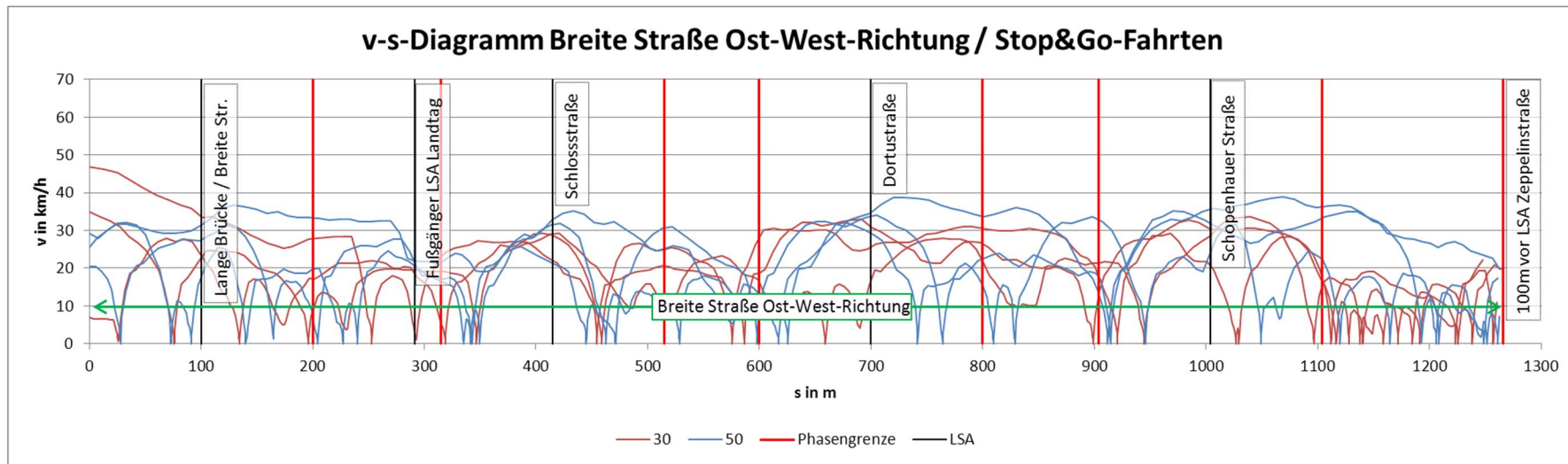


Abb. 6-4: v-s-Diagramm Breite Straße Ost-West-Richtung/Stop&Go-Fahrten Nachmittag

	Breite Straße Ost-West-Richtung	
	T30	T50
Nachmittag	0.43	0.48
Länge in m	1266	
Reduktion T30/T50	-9%	

Tab. 6-5: Vergleich PKW-NO_x-Emissionsfaktoren in g/km T30/T50 Breite Straße Ost-West-Richtung/Stop&Go-Fahrten Nachmittag

7 KREUZUNGSBEREICH BREITE STRASSE / ZEPPELINSTRASSE

Im Folgenden werden die Fahrkurven sowie exemplarisch die NO_x -Emissionen detailliert für den Kreuzungsbereich Breite Straße mit Zeppelinstraße aufgezeigt und diskutiert. Darstellung für die motorbedingten PM_{10} - und NO_2 -Direktemissionen werden zusammenfassend im Kap. 8 behandelt.

Der Kreuzungsbereich Breite Straße/Zeppelinstraße wurde separat betrachtet, da hier im Gegensatz zu den übrigen betrachteten Kreuzungsbereichen auf der Zeppelinstraße und auf der Breiten Straße zwei relativ starke Verkehrsströme aufeinander treffen. Dies führt dazu, dass Halteanteil und Haltezeit im Kreuzungsbereich Breite Straße/Zeppelinstraße z. T. deutlich höher sind als in den übrigen Kreuzungsbereichen.

Abb. 7-1 zeigt die Geschwindigkeits-Weg-Diagramm im Kreuzungsbereich für die drei befahrenen Abbiegebeziehungen. Es zeigt sich auch hier, dass die Beschleunigen beim Wiederauffahren bei den T50-Fahrten deutlich höher sind als bei den T30-Fahrten.

In **Tab. 7-1** sind für die drei Abbiegebeziehungen die Halteanteile sowie bei Tempo 50 die Haltezeit an den einzelnen LSA in den verschiedenen Tageszeiten dargestellt. Es zeigt sich, dass die Werte sowohl zwischen den Abbiegebeziehungen als auch zu den verschiedenen Tageszeiten z. T. stark schwanken. Wie in Kap. 4 beschrieben, wurden auch hier sowohl Halteanteil als auch Haltezeit der T50-Fahrten auf die T30-Fahrten übertragen.

In **Tab. 7-2** sind die PKW- NO_x -Emissionsfaktoren für die drei Abbiegebeziehungen nach Tageszeiten sowie als Tagesmittelwert dargestellt. Es zeigt sich, dass es auf Grund der ausnahmslos höheren Beschleunigungen in Abhängigkeit von Halteanteil und -zeit zu Emissionsreduzierungen von 15 % bis 34 % kommt.

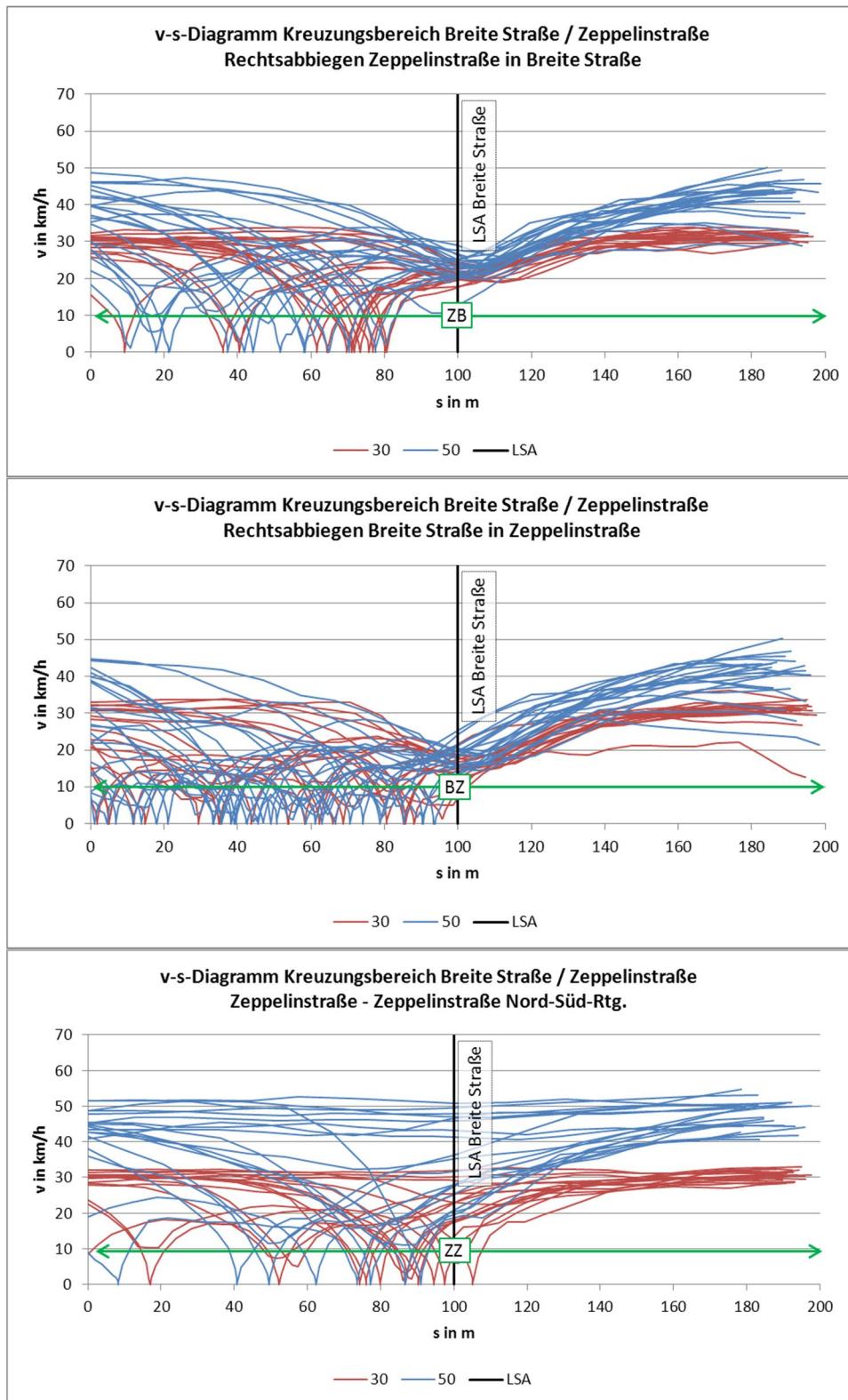


Abb. 7-1: v-s-Diagramme der befahrenen Abbiegebeziehungen im Kreuzungsbereich Breite Straße/Zeppelinstraße

	ZB		ZZ		BZ	
	T30	T50	T30	T50	T30	T50
Früh	5 / 5	1 / 5 / 15 sek.	2 / 5	0 / 4 / 0 sek.	2 / 5	2 / 5 / 3 sek.
Mittag	2 / 6	4 / 9 / 17 sek.	3 / 5	3 / 7 / 12 sek.	6 / 5	12 / 7 / 18 sek.
Nachmittag	7 / 7	4 / 5 / 12 sek.	4 / 5	5 / 6 / 30 sek.	10 / 6	14 / 6 / 13 sek.
Abend	0 / 1	2 / 3 / 10 sek.	0 / 1	0 / 2 / 0 sek.	1 / 1	2 / 3 / 4 sek.

Tab. 7-1: Halteanteil T30 (Fahrten mit Halt/Gesamtfahrten), Halteanteil, Haltezeit T50 (Fahrten mit Halt/Gesamtfahrten/Haltezeit) der befahrenen Abbiegebeziehungen im Kreuzungsbereich Breite Straße/Zepelinstraße

	ZB		ZZ		BZ	
	T30	T50	T30	T50	T30	T50
Früh	0.31	0.45	0.28	0.25	0.31	0.49
Mittag	0.34	0.51	0.33	0.38	0.88	1.05
Nachmittag	0.37	0.58	0.47	0.64	1.16	1.52
Abend	0.35	0.52	0.31	0.31	0.33	0.55
Nacht	0.31	0.45	0.28	0.25	0.31	0.49
Tagesmittel	0.34	0.51	0.36	0.42	0.74	0.97
Länge in m	200		200		200	
Reduktion T30/T50	-34%		-15%		-24%	

Tab. 7-2: Vergleich PKW-NO_x-Emissionsfaktoren in g/km T30/T50 der befahrenen Abbiegebeziehungen im Kreuzungsbereich Breite Straße/Zepelinstraße

8 GESAMTBEWERTUNG

Wie die Ergebnisse der Auswertungen in den vorherigen Kapiteln gezeigt haben, wirkt sich das Tempolimit in den Einzelabschnitten in Abhängigkeit vom Fahrverhalten unterschiedlich aus. Die Darstellungen in **Abb. 8-1** bis **Abb. 8-3** zeigen zusammenfassend die Unterschiede in den PKW-Emissionsfaktoren für NO_x, direktes NO₂ sowie motorbedingtes PM10 auf den beiden Streckenzügen Zeppelinstraße und Breite Straße.

Danach zeigt sich für die Stickoxid-Emissionsfaktoren eine Reduzierung auf den Gesamtstrecken von 12 % auf der Zeppelinstraße sowie 16 % auf der Breiten Straße. Im Kreuzungsbereich Zeppelinstraße / Breite Straße beträgt die Reduzierung der Emissionsfaktoren in Abhängigkeit von Halteanteil und -zeit der einzelnen Abbiegebeziehungen zwischen 15 % und 34 %.

Bei den motorbedingten PM10-Emissionsfaktoren wird durch das Tempolimits auf der Breiten Straße im Gesamtabschnitt nahezu keine Wirkung erzielt. Auf der Zeppelinstraße kommt es im Gesamtquerschnitt mit ca. 4 % sogar zu einer leichten Emissionserhöhung. Diese geringfügigen Änderungen der motorbedingten Emissionen sind jedoch bzgl. der Gesamt-PM10-Emissionen irrelevant, da dort der überwiegende Teil durch Abriebs- und Aufwirbelungsprozessen verursacht wird. Auf diesen Teil der PM10-Emissionen wirkt sich ein Tempolimit jedoch emissionsmindernd², sodass sich T30 hier in der Summe auf die PM10-Gesamtemissionen positiv auswirken wird. Im Kreuzungsbereich Zeppelinstraße / Breite Straße beträgt die Reduzierung der Emissionsfaktoren in Abhängigkeit von Halteanteil und -zeit der einzelnen Abbiegebeziehungen zwischen 2 % und 20 %.

² BAST (2010): Einfluss von verkehrsberuhigenden Maßnahmen auf die PM10-Belastung an Straßen (Düring, I., Lohmeyer, A., Pöschke, F., Ahrens, G.-A., Bartz, C., Wittwer, R., Becker U.J., Richter, F., Schmidt, W., Kupiainen, K., Pirjola, L., Stojiljkovic, A., Malinen, A., Portin, H.). Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrstechnik, Heft V189, ISBN 978-3-86509-985-3, Bergisch Gladbach, Januar 2010.

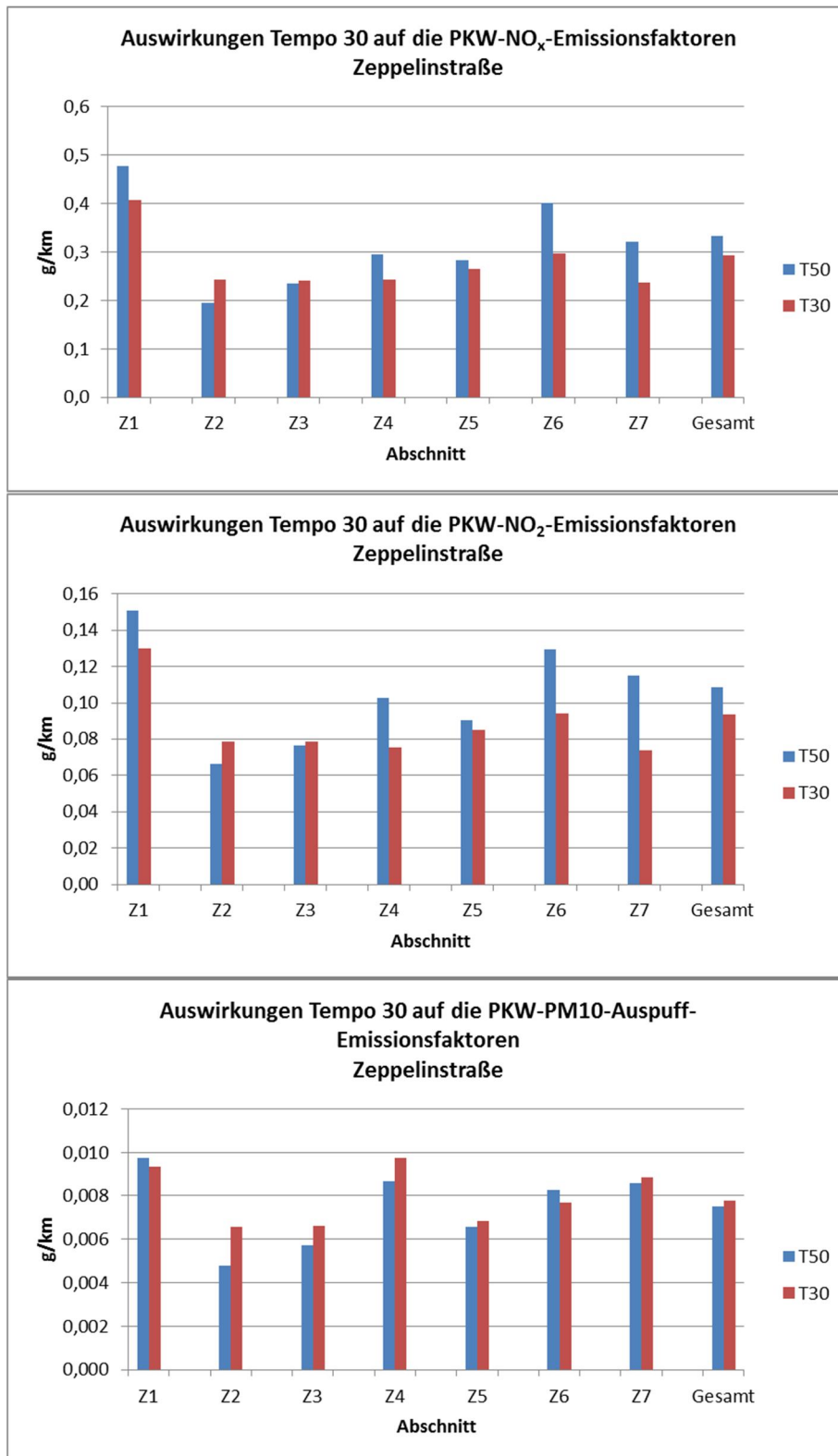


Abb. 8-1: Zeppelinstraße: Auswirkungen Tempo 30 auf die PKW-Emissionsfaktoren NO_x (oben), direktes NO₂ (Mitte) und motorbedingtes PM10 (unten)

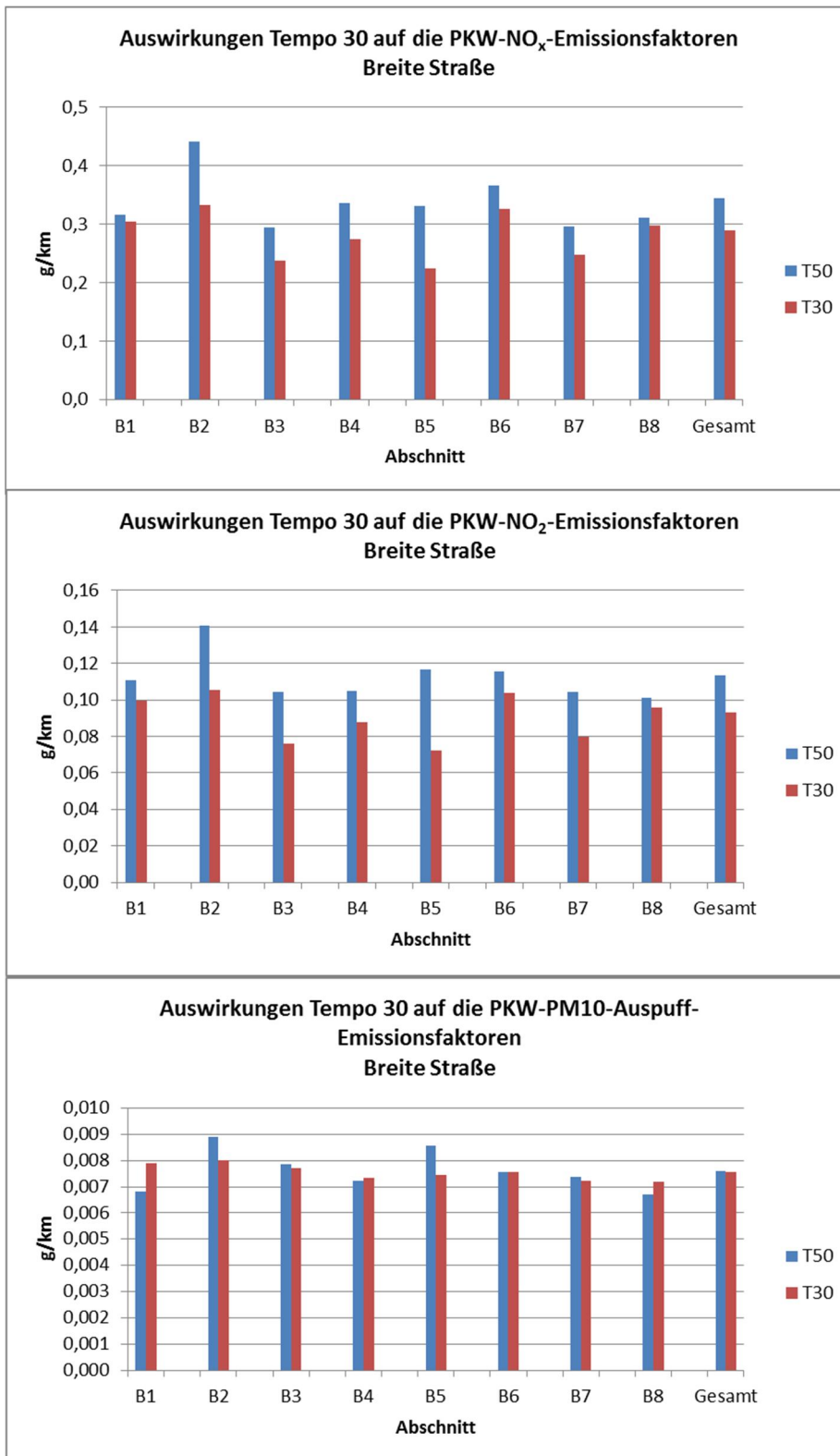


Abb. 8-2: Breite Straße: Auswirkungen Tempo 30 auf die PKW-Emissionsfaktoren NO_x (oben), NO₂ (Mitte) und motorbedingtes PM10 (unten)

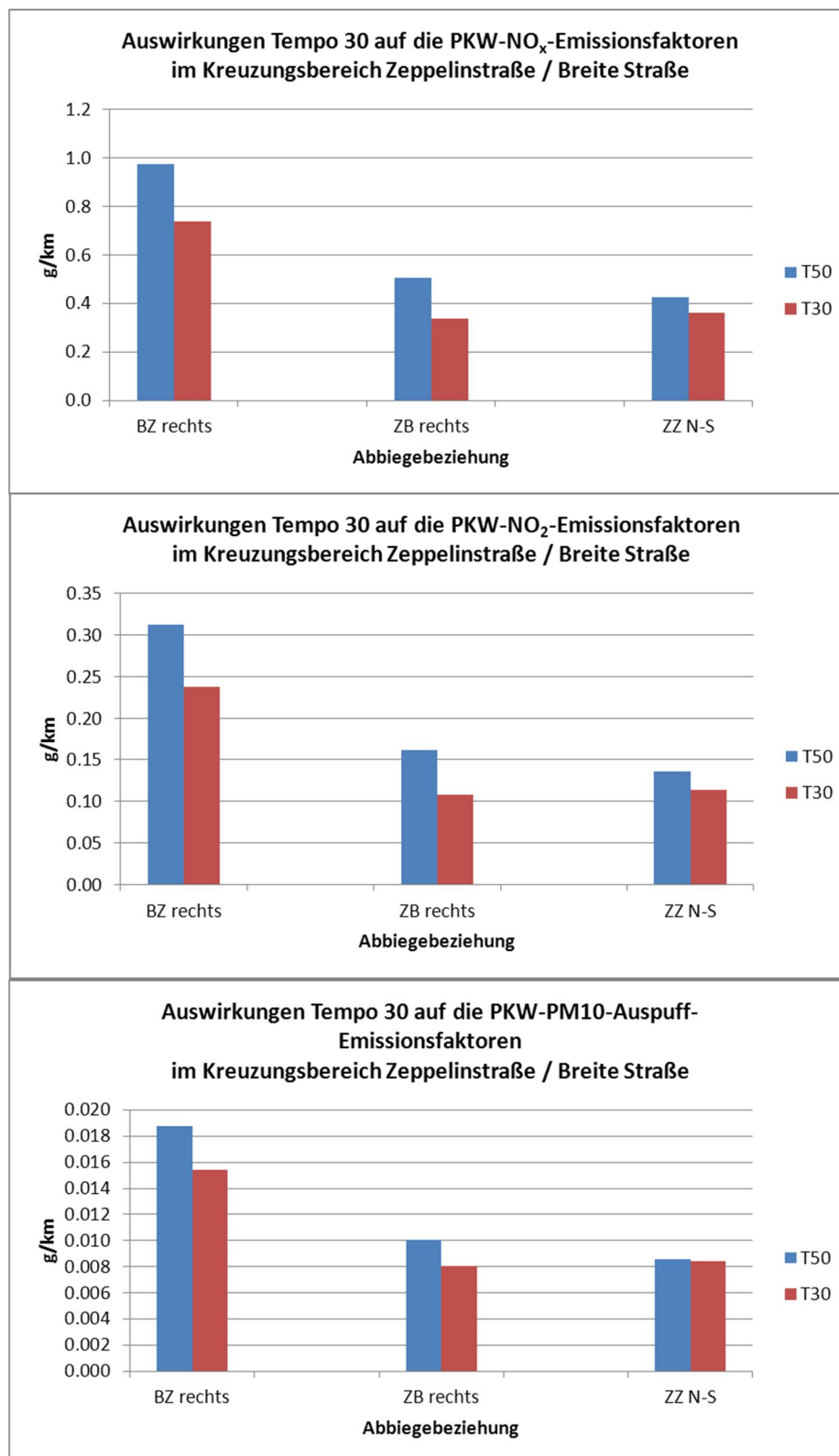


Abb. 8-3: Kreuzungsbereich Breite Straße/Zeppelinstraße: Auswirkungen Tempo 30 auf die PKW-Emissionsfaktoren NO_x (oben), NO₂ (Mitte) und motorbedingtes PM10 (unten)

Die ermittelten Emissionsminderungen ergeben sich im Wesentlichen aus den geringeren Emissionen beim Beschleunigen nach Haltevorgängen auf eine Zielgeschwindigkeit von 30 km/h. Diese Reduktion tritt allerdings nur ein, wenn gewährleistet wird, dass nach der Einführung eines Tempolimits die Geschwindigkeit auch tatsächlich in diesem Bereich liegt.

In **Abb. 8-4** ist das Fahrverhalten im Kreuzungsbereich Zeppelinstraße/Geschwister-Scholl-Straße in Nordost-Südwest-Richtung für die T30-Musterfahrten sowie für die T50-Verfolgungsfahrten dargestellt. Dabei zeigen sich auf Grund der höheren Zielgeschwindigkeit die deutlich stärkeren Beschleunigungen bei den Tempo 50-Fahrten.

Ergänzend dazu ist das Fahrverhalten im Kreuzungsbereich Leipziger Straße/Templiner Straße, der bei den Messfahrten zur Wende befahren wurde, dargestellt. Dieser Abschnitt der Leipziger Straße ist nach dem Kreuzungsbereich auf T30 limitiert, eine Überwachung des Tempolimits erfolgt dort nicht. Die Beschleunigungen bzw. Zielgeschwindigkeiten liegen zwischen denen der T30-Musterfahrten und der T50-Verfolgungsfahrten. Die Fahrkurven sind zwar nicht genau vergleichbar, da das tatsächliche Fahrverhalten zwar maßgeblich vom Tempolimit jedoch auch von einer Vielzahl anderer Gegebenheiten wie Fahrbahnbreite, Anbausituation oder Fahrspuranzahl abhängt. Ein überschlägiger Vergleich ist jedoch möglich.

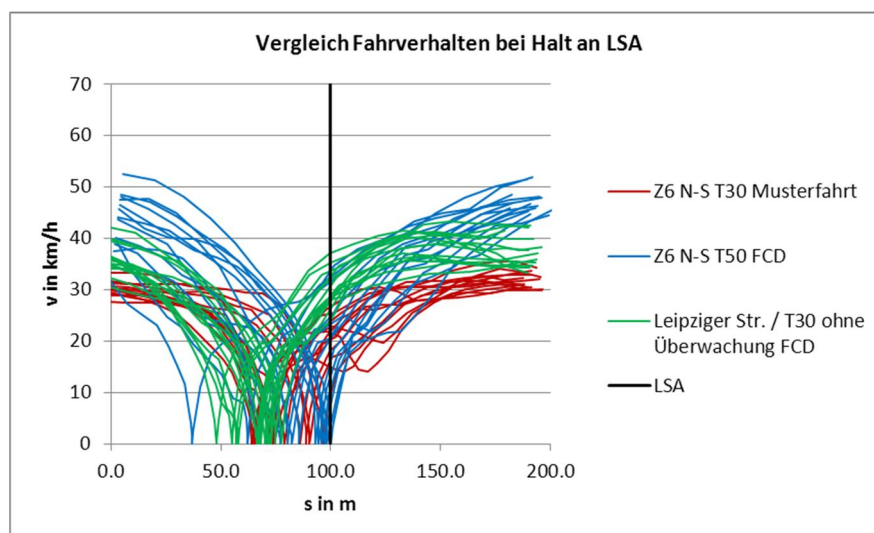


Abb. 8-4: Vergleich des Fahrverhaltens in einer LSA bei T50, T30 Musterfahrten und T30 real ohne Geschwindigkeitsüberwachung

Für einen emissionsseitigen Vergleich wurde die Haltezeit pro Halt bei allen drei Fahrten mit 10 Sekunden angenommen. In **Abb. 8-5** ist der Vergleich der PKW-NO_x-Emissionsfaktoren für die verschiedenen Fahrverhalten dargestellt. Danach liegt das Emissionsniveau bei den Verfolgungsfahrten T30 ohne Überwachung zwar über dem der T30-Musterfahrten, aber immer noch unter dem der T50-Fahrten. Sollte im weiteren Fahrtverlauf nach dem Kreuz-

zungsbereich eine ausgeprägte Konstantfahrtphase eintreten, wäre der dort beobachtete emissionserhöhende Effekt der T30-Musterfahrten auf Grund der leicht höheren Geschwindigkeiten bei T30 ohne Geschwindigkeitsüberwachung geringer.

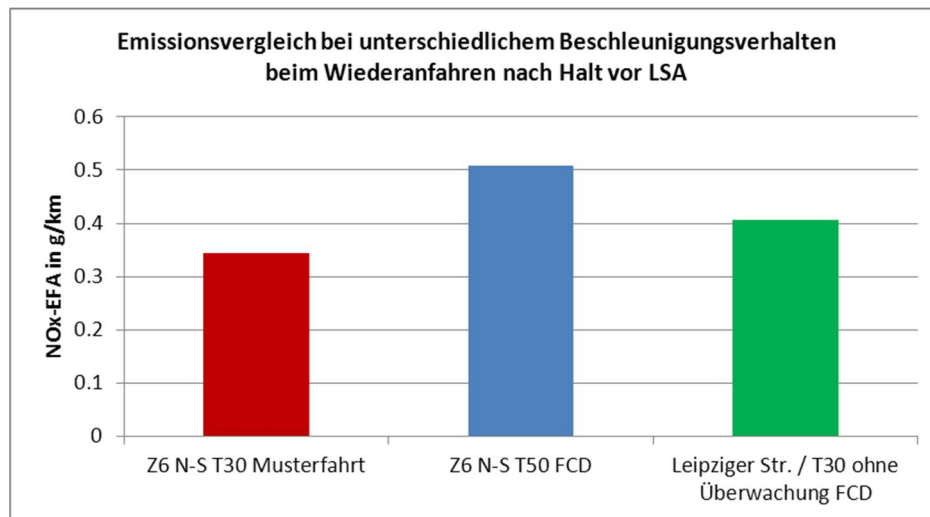


Abb. 8-5: Vergleich der PKW-NO_x-Emissionsfaktoren bei unterschiedlichem Fahrverhalten an einer LSA bei T50, T30 Musterfahrten und T30 real ohne Geschwindigkeitsüberwachung

Als Fazit kann Folgendes festgehalten werden: Ein Tempolimit auf 30 km/h kann sowohl in der Zeppelinstraße als auch in der Breiten Straße zu Reduzierungen der NO_x- und PM₁₀-Emissionen führen. Dies gilt sowohl in der Bilanz des gesamten Straßenzuges als auch für die Mehrzahl der Straßenabschnitte.

Im Bereich des Messcontainers sind als Mittelwert über beide Richtungen sowohl bei Betrachtung der kompletten Kreuzungsbereiche als auch im unmittelbaren Abschnitt zwischen den LSA Minderungen der PKW-NO_x-Emissionsfaktoren von 19 % bzw. 6 % ermittelt worden. Die abgeleiteten Minderungspotenziale gelten unter den Bedingungen, dass das Tempolimit von 30 km/h 100%ig eingehalten wird. Dies bedeutet eine dauerhafte Geschwindigkeitsüberwachung. Ansonsten werden die Minderungseffekte kleiner sein.

Weiterhin muss eine Anpassung der LSA-Koordinierungsgeschwindigkeit an das Tempolimit von 30 km/h erfolgen. Die abgeleiteten Minderungspotenziale gelten unter den Bedingungen, dass die „Grüne Welle“ bei T30 genauso funktioniert wie derzeit bei T50.

Die abgeleiteten Minderungspotenziale gelten für die PKW-Emissionen. Unter Berücksichtigung des Schwerverkehrs werden die Minderungspotenziale tendenziell höher sein.

Aus Sicht der Luftschadstoffemissionen ist diese Maßnahme positiv zu bewerten.

9 LITERATUR

Heusch/Boesefeldt (1993): Untersuchungen des repräsentativen Fahrverhaltens von PKW auf Stadt- und Landstraßen; Heusch/Boesefeldt Beratende Ingenieure für Verkehrstechnik und Datenverarbeitung GmbH, Aachen und TÜV Rheinland, Köln; im Auftrag des Umweltbundesamtes, Berlin, 1993

LUBW (2012): Ersteinschätzung der Wirkung von Tempo 30 auf Hauptverkehrsstraßen auf die NO_x- und PM10-Emissionen. Hrsg.: Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe

UBA (2014): Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 3.2/Januar 2010. Dokumentation zur Version Deutschland erarbeitet durch INFRAS AG Bern/Schweiz in Zusammenarbeit mit IFEU Heidelberg. Hrsg.: Umweltbundesamt Berlin.
<http://www.hbefa.net/d/start.html>.