

Spotmessungen ab dem Jahr 2016

 Aktualisierung der Prioritätenliste



Spotmessungen ab dem Jahr 2016

➤ Aktualisierung der Prioritätenliste



HERAUSGEBER	LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg Postfach 100163, 76231 Karlsruhe, www.lubw.baden-wuerttemberg.de
BEARBEITUNG	AVISO GmbH Am Hasselholz 15, 52074 Aachen Dipl.-Ing. Arnold Niederau, Anna Reim M.A., Michael Nacken Ingenieurbüro Rau Bottwarbahnstraße 4, 74081 Heilbronn Dipl.-Ing. Matthias Rau
REDAKTION	LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg Postfach 100163, 76231 Karlsruhe Referat 33 – Luftqualität
STAND	Dezember 2015
BERICHTSUMFANG	60 Seiten



Nachdruck – auch auszugsweise – ist nur mit Zustimmung der LUBW unter Quellenangabe und Überlassung von Belegexemplaren gestattet.

ZUSAMMENFASSUNG	7
1 EINLEITUNG	9
2 UNTERSUCHTE STRABENABSCHNITTE	10
3 ERMITTLUNG DER RELEVANTEN VERKEHRSDATEN	13
3.1 Durchführung der Verkehrszählungen	13
3.2 Hochrechnung der Zählwerte	16
4 GRUNDLAGEN DER EMISSIONSBERECHNUNGEN	18
4.1 Emissionsberechnungsmodell <i>roadTEIM</i>	18
4.2 Ableitung der Emissionsfaktoren	18
4.2.1 Flottenzusammensetzung 2014	19
4.2.2 Besonderheiten bei der Ableitung der Emissionsfaktoren	19
5 EMISSIONEN	21
6 GRUNDLAGEN DER IMMISSIONSBERECHNUNGEN	22
6.1 Screening-Modell	22
6.1.1 Grundsätzliches zu einem ScreeningModell	22
6.1.2 Möglichkeiten und Grenzen des ScreeningModells	23
6.2 Vorgehen im konkreten Fall	24
6.2.1 Festlegung der Bebauungsstrukturen	24
6.2.2 Ermittlung von Transmissionskoeffizienten	25
6.3 Ermittlung der Jahresmittelwerte	26
6.3.1 Windstatistik	26
6.3.2 Hintergrundbelastung	26
6.3.3 Ermittlung der Jahresmittelwerte der Gesamtbelastung	26
7 ERGEBNISSE DER IMMISSIONSBERECHNUNGEN	28
7.1 Variation bei etwas anderer Einstufung der Bebauungssituation	29
7.1.1 Andere Einschätzung der Straßengeometrie	29
7.1.2 Andere Einschätzung der Bebauungsstruktur	29
7.1.3 Überprüfung durch orientierende Messungen mit Passivsammlern	34

7.2	Vorgaben der 39. BImSchV	34
7.3	Überarbeitete Prioritätenliste	35
LITERATUR		36
ANHANG		38

Zusammenfassung

Die LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg führt auf Grundlage der 39. BImSchV (39. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes – Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen) seit dem Jahr 2004 Spotmessungen zur Erfassung der verkehrsnahen Luftverunreinigungen durch. Im Rahmen dieser Spotmessungen werden landesweit an stark befahrenen innerstädtischen Straßen die Konzentrationen von Partikel PM_{10} (Feinstaub) und Stickstoffdioxid (NO_2) gemessen.

Die Auswahl der Straßenabschnitte basiert auf einer Prioritätenliste von 105 Straßenabschnitten, die 2006 auf der Basis von orientierenden Messungen der Rußkonzentration erstellt wurde [LUBW 2006] und entsprechend der Messkapazität nach und nach abgearbeitet wird. Ruß diente hierbei als Indikator für die Partikel PM_{10} -Belastung. Diese Prioritätenliste bedarf einer Neubewertung, da in den letzten Jahren überwiegend der Immissionsgrenzwert für Stickstoffdioxid überschritten wurde, während die Grenzwerte für Feinstaub meist eingehalten wurden. Zudem hat sich an manchen Straßenabschnitten die Emissions- und Immissionssituation durch bauliche und verkehrliche Maßnahmen verändert.

Auf Basis der Stickstoffdioxidkonzentrationen, die im Rahmen von Voruntersuchungen 2006 ermittelt wurden, wurden aus den ursprünglich 105 Straßenabschnitten insgesamt 20 zu untersuchende Straßenabschnitte festgelegt. Für diese 20 Straßenabschnitte wurden Verkehrszählungen mit automatischen Erfassungsgeräten einschließlich Auswertung durchgeführt. Die ermittelten Verkehrsdaten bildeten die Grundlage für die Emissionsberechnungen.

Die Immissionsbestimmung erfolgte mit dem Screeningmodell ISIS. Hierfür wurden für die 20 Straßenabschnitte die Straßengeometrien sowie Bebauungsstrukturen bewertet. Zur Ermittlung der Jahresmittelwerte für NO_2 und PM_{10} wurden synthetische Windrosen verwendet, die für das Land Baden-Württemberg in einem Raster von $500 \times 500 \text{ m}^2$ vorliegen. Die Berechnungen mit dem Screeningmodell liefern als Ergebnis die durch die Verkehrsemissionen verursachten Immissionszusatzbelastungen. Die Immissionsgesamtbelastungen ergeben sich durch Überlagerung der berechneten Zusatzbelastung mit der großflächigen Hintergrundbelastung, die durch Gewerbe, Hausbrand und Industrie sowie die Verkehrsimmissionen außerhalb des eigentlichen Untersuchungsgebietes bestimmt wird. Als Hintergrundbelastung der einzelnen Straßenabschnitte wurden die flächendeckend in einem Raster von $500 \times 500 \text{ m}^2$ vorliegenden Immissionsvorbelastungen der LUBW verwendet.

Die Straßenabschnitte wurden absteigend nach den für sie berechneten Jahresmittelwerten für NO_2 sortiert. Für den Messpunkt in Markdorf waren die Modellierungsergebnisse nicht eindeutig, so dass hier zusätzlich orientierende Messungen auf Stickstoffdioxid durchgeführt wurden. Die Straßenabschnitte in Bad Wimpfen und Haslach hielten die Standortkriterien gemäß Anlage 3 der 39. BImSchV nicht vollständig ein, so dass sie in der neuen Liste nicht berücksichtigt wurden.

Die resultierende Prioritätenliste dient als Grundlage für die weitere Messplanung der LUBW (siehe nachfolgende Tabelle).

Rang	Messpunkt (Standort)	NO ₂ -Immissionen [µg/m ³]	PM ₁₀ -Immissionen [µg/m ³]	Straßenseite des Maximums
1	Leinfelden-Echterdingen Echterdingen Hauptstraße 81	62,1	27,9	L
2	Esslingen am Neckar Grabbrunnenstraße 20	61,6	28,5	R
3	Backnang Eugen-Adolf-Strasse 53	59,8	27,0	R
4	Kuchen Hauptstraße 125	59,1	29,0	L
5	Friedrichshafen Maybachstraße 6	55,6	28,3	L
6	Konstanz Theodor-Heuss-Straße 8	53,0	27,7	L
7	Lichtenstein Unterhausen Wilhelmstraße 53	52,9	25,7	L
8	Weil am Rhein Freiburger Straße 83	51,3	26,1	R
9	Sindelfingen Hanns-Martin-Schleyer-Straße 16	48,3	25,0	L
10	Markdorf Ravensburger Straße 17	48,0	-	-
11	Östringen Hauptstraße 98	44,7	26,5	R
12	Öhringen Schillerstraße ggü. 45	44,7	26,0	L
13	Rastatt Kapellenstraße 14	41,9	24,2	R
14	Freudenstadt Stuttgarter Straße 5	38,4	18,9	L
15	Schömburg Rottweiler Straße 4	36,9	19,9	R
16	Marbach am Neckar Schillerstraße 4	35,4	24,6	L
17	Göppingen Lorcher Straße ggü. 28	35,1	22,7	R
18	Ravensburg Schussenstraße 5	28,2	20,6	R

1 Einleitung

Die LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg führt auf Grundlage der 39. BImSchV (39. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes – Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen) seit dem Jahr 2004 Spotmessungen zur Erfassung der verkehrsnahen Luftverunreinigungen durch. Im Rahmen dieser Spotmessungen werden landesweit an stark befahrenen innerstädtischen Verkehrswegen die Konzentrationen von Partikel PM₁₀ (Feinstaub) und Stickstoffdioxid (NO₂) gemessen.

Die Auswahl der Straßenabschnitte basiert auf einer Prioritätenliste von 105 Straßenabschnitten, die 2006 auf der Basis von orientierenden Messungen der Rußkonzentration erstellt wurde [LUBW 2006] und entsprechend der Messkapazität nach und nach abgearbeitet wird. Ruß diente hierbei als Indikator für die Partikel PM₁₀-Belastung.

Die Prioritätenliste bedarf aus folgenden Gründen einer Neubewertung:

- Die Messergebnisse der Spotmessungen aus den letzten Jahren zeigen, dass die Partikel PM₁₀-Belastung an allen Messpunkten rückläufig ist und der Immissionsgrenzwert von 50 µg/m³ für Partikel PM₁₀ nur noch an wenigen Messpunkten überschritten wird. Aufgrund des technischen Fortschritts (flächendeckende Einführung von Dieselpartikelfiltern) ist zu erwarten, dass sich diese Entwicklung weiter fortsetzt. Demgegenüber wird der seit 2010 geltende Immissionsgrenzwert für Stickstoffdioxid weiterhin an nahezu allen Spotmesspunkten in Baden-Württemberg überschritten. Die Prioritätenliste muss dieser veränderten Immissionssituation Rechnung tragen, indem die Sortierung der Prioritätenliste nach Rußkonzentrationen durch eine Sortierung nach Stickstoffdioxidkonzentrationen ersetzt wird.
- An einzelnen im Jahr 2006 bewerteten Straßenabschnitten haben sich durch verschiedene bauliche und verkehrliche Maßnahmen, z. B. durch den Bau von Umgehungsstraßen, die damaligen Verkehrsverhältnisse verändert. Aufgrund der veränderten lokalen Verkehrsverhältnisse ist davon auszugehen, dass an diesen Abschnitten auch die verkehrsbedingten Schadstoffimmissionen stark zurückgegangen sind. Diese Straßenabschnitte können demnach aus der Prioritätenliste herausgenommen werden.

Für die Neubewertung der Prioritätenliste wurde wie folgt vorgegangen:

1. Neusortierung der geplanten Spotmessstellen nach den im Rahmen der Voruntersuchungen 2006 ebenfalls ermittelten Stickstoffdioxidkonzentrationen
2. Verkehrszählungen mit automatischen Erfassungsgeräten einschließlich Auswertung und Hochrechnung an den 20 Stellen mit der höchsten Stickstoffdioxidbelastung
3. Emissionsberechnungen auf Basis der Verkehrszählungen
4. Immissionsberechnungen auf Basis der Emissionsberechnungen mittels eines Screeningverfahrens
5. Neusortierung der Straßenabschnitte anhand der Immissionsberechnungen

Die Berechnungen wurden für das Bezugsjahr 2014 durchgeführt und sind nachfolgend dokumentiert.

2 Untersuchte Straßenabschnitte

Gemäß dem im vorigen Kapitel umrissenen Vorgehen wurde die bisherige Prioritätenliste zunächst nach den in den Voruntersuchungen 2006 ermittelten NO₂-Konzentrationen sortiert (Tabelle 2-1).

Tabelle 2-1: Nach den NO₂-Immissionen aus den Voruntersuchungen [LUBW 2006] neu sortierte Prioritätenliste

Nr.	Rang bisher	Messpunkt (Standort)	Ruß [µg/m ³]	NO ₂ [µg/m ³]	Hinweise
1	1	Stuttgart Hauptstätter Straße 144	10,0	98	1)
2	4	Schramberg Oberndorfer Straße 92	7,8	74	2)
3	3	Markgröningen Grabenstraße 37	8,4	72	2)
4	6	Heidenheim an der Brenz Wilhelmstraße 1	7,3	72	2)
5	2	Wiesloch Baiertaler Straße 53	8,5	69	3)
6	27	Leinfelden-Echterdingen Echterdingen Hauptstraße 81	5,5	69	
7	47	Reutlingen Karlstraße 20	4,8	68	1)
8	8	Herrenberg Horber Straße 4	6,9	67	1)
9	26	Weil am Rhein Freiburger Straße 83	5,6	66	
10	30	Sindelfingen Hanns-Martin-Schleyer-Straße 16	5,4	66	
11	5	Walzbachtal Jöhlingen Bahnhofstraße 3	7,7	65	2)
12	12	Stuttgart Heilbronner Straße 86	6,1	65	1)
13	32	Kuchen Hauptstraße 125	5,2	65	
14	37	Ulm Karlstraße 24	5,1	65	2)
15	7	Pfingztal Berghausen Brückstraße 3	7,1	64	2)
16	16	Fellbach Höhenstraße 6	5,9	64	3)
17	33	Markdorf Ravensburger Straße 17	5,2	64	
18	23	Esslingen am Neckar Grabbrunnenstraße 20	5,7	63	
19	24	Marbach am Neckar Schillerstraße 4	5,7	63	
20	28	Göppingen Lorcher Straße ggü. 28	5,5	61	
21	9	Ingersheim Tiefengasse 9	6,7	60	2)
22	13	Mögglingen Hauptstraße 40	6,1	60	2)
23	34	Lichtenstein Unterhausen Wilhelmstraße 53	5,2	60	
24	49	Friedrichshafen Maybachstraße 6	4,7	60	
25	11	Murg Hauptstraße 40	6,2	59	2)
26	35	Bietigheim-Bissingen Stuttgarter Straße 48	5,2	59	4)
27	15	Crailsheim Ellwanger Straße 18	6,0	58	3)
28	31	Östringen Hauptstraße 98	5,4	58	
29	17	Horb am Neckar Neckarstraße 13	5,9	57	2)
30	62	Freudenstadt Stuttgarter Straße 5	4,3	57	
31	20	Schömburg Rottweiler Straße 4	5,8	56	
32	43	Öhringen Schillerstraße ggü. 45	4,9	56	
33	10	Urbach Hauptstraße 28	6,4	55	2)
34	36	Freiburg am Neckar Ludwigsburger Straße 5	5,2	55	1)
35	38	Balingen Endingen Schömburger Straße 44	5,1	55	4)
36	41	Remseck am Neckar Hochberg Hauptstraße 30	5,0	55	4)
37	44	Bad Wimpfen Neuer Weg 6	4,9	55	
38	50	Rastatt Kapellenstraße 14	4,7	55	
39	75	Konstanz Theodor-Heuss-Straße 8	3,9	55	
40	14	Lahr/Schwarzwald Reichenbacher Hauptstraße 12	6,1	54	2)
41	18	Baiersfurt Waldseer Straße 11	5,9	54	4)
42	25	Backnang Eugen-Adolf-Str. 53	5,7	54	
43	39	Bad Krozingen Basler Straße 12	5,1	54	5)
44	45	Haslach im Kinzigtal Schwarzwaldstraße 14	4,9	54	
45	48	Göppingen Holzheim Schlater Straße 12	4,8	54	
46	88	Leinfelden-Echterdingen Echterdingen Hauptstraße 28	3,5	54	
47	51	Wendlingen am Neckar Stuttgarter Straße 4	4,7	53	4) (nur PM10)
48	53	Bad Säckingen Schaffhauser Straße 64	4,6	53	
49	60	Eppelheim Hauptstraße 33	4,4	53	
50	70	Offenau Hauptstraße 19-1	4,1	53	

Tabelle 2-1 (Fortsetzung)

Nr.	Rang bisher	Messpunkt (Standort)	Ruß [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	NO ₂ [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Hinweise
51	82	Böblingen Poststraße 10	3,7	53	
52	52	Filderstadt Bernhausen Diepoldstraße 15	4,7	52	
53	63	Möglingen Ludwigsburger Straße 2	4,3	52	4)
54	74	Waiblingen Neckarstraße 34	4,0	52	
55	21	Kirchheim am Neckar Lauffener Straße 9	5,8	51	
56	54	Tuttlingen Neuhauser Straße 57	4,6	51	
57	71	Süßen Heidenheimer Straße 60	4,1	51	
58	42	Sinsheim Hauptstraße 37	5,0	50	
59	67	Neckarsulm Friedrich-Ebert-Straße ggü. 69	4,2	50	
60	29	Herbertingen Bahnhofstraße 2	5,5	49	
61	46	Oppenweiler Hauptstraße 20	4,9	49	
62	58	Asperg Eglosheimer Straße 13	4,5	49	
63	80	Baden-Baden Rheinstraße 31	3,8	49	
64	83	Geislingen an der Steige Stuttgarter Straße 39/41	3,7	49	
65	19	Untermünkheim Hohenloher Straße 40	5,9	48	2)
66	64	Freudenberg Hauptstraße 97	4,3	48	
67	76	Karlsruhe Neureuter Straße 23a	3,9	48	1)
68	81	Waghäusel Kirrlach Waghäuseler Straße 32	3,8	48	
69	84	Königsbronn Aalener Straße 11	3,7	48	
70	22	Bruchsal Württemberger Straße 11	5,8	47	
71	61	Köngen Kirchheimer Straße 30	4,4	47	
72	68	Lörrach Freiburger Straße 307	4,2	47	
73	72	Altbach Esslinger Straße 38	4,1	47	
74	86	Denkendorf Deizisauer Straße 17	3,6	47	
75	55	Hardheim Wertheimer Straße 1	4,6	46	
76	65	Nürtingen Steinengrabenstraße 14	4,3	46	
77	77	Laupheim Ulmer Straße 45	3,9	46	
78	40	Mosbach Odenwaldstraße, Höhe „An der Bachmühle“	5,1	45	
79	89	Gerlingen Hauptstraße 52	3,5	45	
80	90	Kirchheim unter Teck Dettinger Straße 85	3,5	45	
81	93	Korntal Münchingen Zuffenhausener Straße 59	3,4	45	
82	85	Biberach an der Riß Waldseer Straße 59	3,7	44	
83	94	Hirschberg an der Bergstraße Großsachsen Landstraße 21	3,3	44	
84	59	Ammerbuch Herrenberger Straße 4	4,5	43	
85	87	Biberach an der Riß Kolpingstraße 42	3,6	43	
86	56	Lenningen Unterlenningen Kirchheimer Straße 53	4,6	42	
87	78	Lörrach Grether Straße 15	3,9	42	
88	98	Weinheim Bergstraße 24	3,2	41	
89	104	Esslingen am Neckar Hedelfingerstraße 48	2,6	41	
90	73	Kuppenheim Friedrichstraße 57	4,1	40	
91	79	Binzen Hauptstraße 53	3,9	40	
92	91	Merzhausen Hexentalstraße 2	3,5	40	
93	95	Lahr/Schwarzwald Offenburger Straße 21	3,3	39	
94	101	Kirchentellinsfurt Wannweiler Straße 12	2,9	39	
95	57	Kippenheim Obere Hauptstraße 21	4,6	38	
96	92	Vaihingen an der Enz Enzweihingen An der Reichsstraße 2	3,5	38	
97	99	Offenburg Hauptstraße 114	3,2	38	
98	66	Winden im Elztal Oberwinden Hauptstraße 5	4,3	37	
99	69	Zell am Harmersbach Hauptstraße 17	4,2	36	
100	100	Radolfzell am Bodensee Schützenstraße 93	3,2	36	
101	102	Singen (Hohentwiel) Rielasinger Straße 25	2,9	36	
102	96	Ellwangen (Jagst) Konrad-Adenauer-Straße 7	3,3	35	
103	97	Hagnau am Bodensee Hauptstraße 39	3,3	33	
104	103	Konstanz Radolfzeller Straße 53	2,9	32	
105	105	Marbach am Neckar Eichgraben 44	2,5	26	

1) ein vergleichbarer Messpunkt in dieser Kommune wird/wurde bereits beprobt

2) Messpunkt wird/wurde bereits beprobt

3) Standort erfüllt die Vorgaben der 39. BImSchV bezüglich Repräsentativität und Betroffenheit der Bevölkerung nicht (mehr)

4) Messpunkt wird/wurde bereits im Auftrag der Kommune beprobt

5) starke Verkehrsabnahme seit 2006; keine Grenzwertüberschreitungen zu erwarten

Ein Teil der Straßenabschnitte wurde seit 2006 im Rahmen der Spotmessungen oder auf Eigeninitiative der Kommune beprobt oder eine Vorortbegehung ergab, dass der vorgesehene Messpunkt nicht den Vorgaben der 39. BImSchV entspricht. Von den 105 Straßenabschnitten in Tabelle 2-1 wurden deshalb 29 Abschnitte nicht weiter berücksichtigt. Die Gründe dafür finden sich in der Spalte „Hinweise“ in Tabelle 2-1. Die 19 höchstplatzierten verbliebenen Straßenabschnitte wurden für die im Nachfolgenden beschriebene detaillierte Untersuchung ausgewählt. Zusätzlich wurde der Straßenabschnitt Ravensburg Schussenstraße untersucht und neu in die Prioritätenliste aufgenommen. Die somit 20 untersuchten Straßenabschnitte sind in Abbildung 2-1 in Bezug auf ihre räumliche Lage dargestellt.

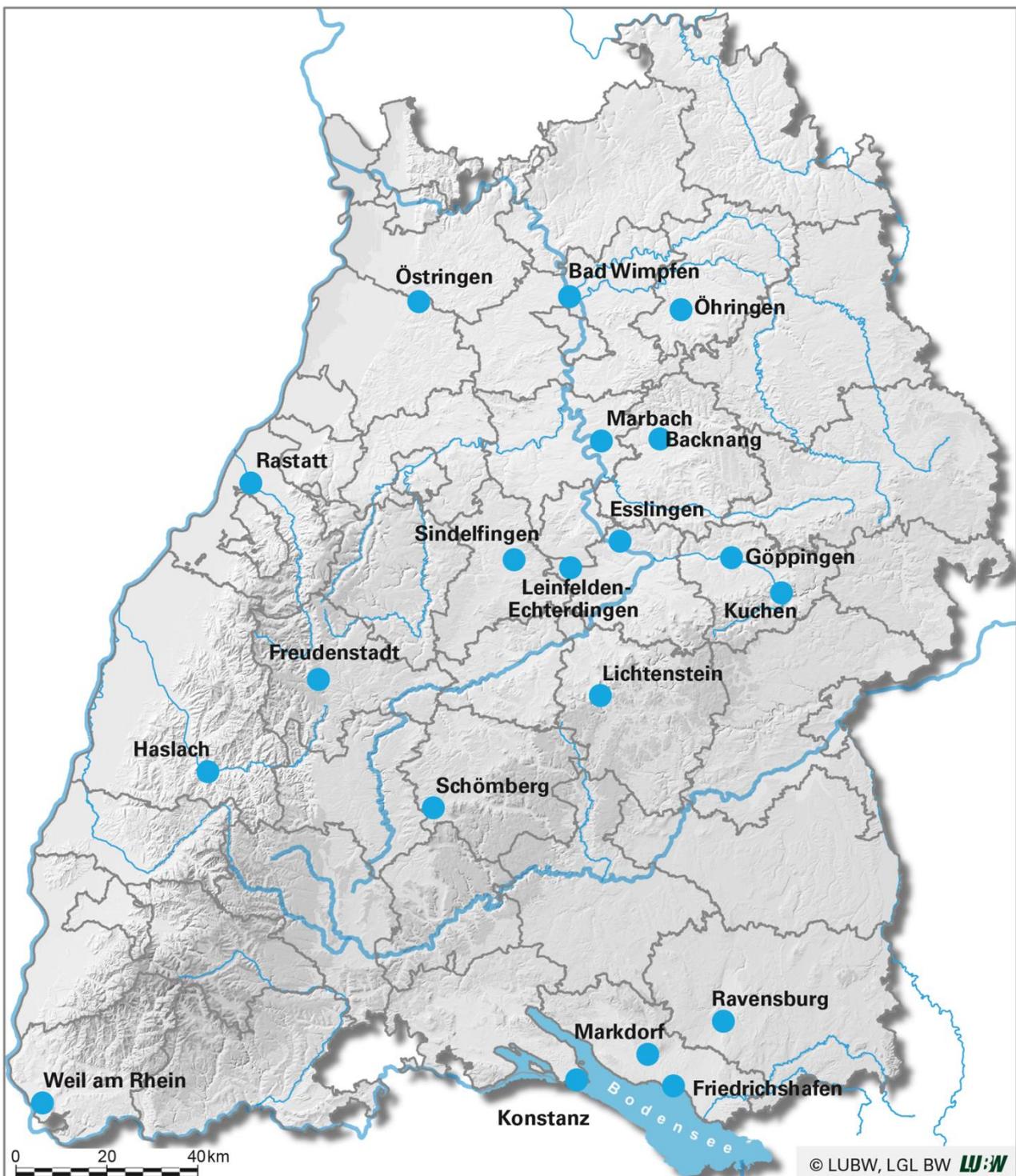


Abbildung 2-1: Lage der untersuchten Straßenabschnitte in Baden-Württemberg

3 Ermittlung der relevanten Verkehrsdaten

3.1 DURCHFÜHRUNG DER VERKEHRSZÄHLUNGEN

Die Verkehrserhebungen wurden mit Hilfe von automatischen Erfassungsgeräten durchgeführt. Hierzu wurden Seitenradargeräte (SDR, engl. für *side detection radar*) sowie die Videoerfassung eingesetzt. Mit den SDR können zusätzlich zur Aufteilung der Fahrzeuge nach Längenklassen auch Geschwindigkeiten erfasst werden, bei der Videoerfassung nur Fahrzeugarten, so dass grundsätzlich eine Einteilung der Fahrzeuge nach Krafrädern (Krädern), Personenkraftwagen (Pkw), Bussen, leichten Nutzfahrzeugen (lNfz; zulässiges Gesamtgewicht bis 3,5 t) und schweren Nutzfahrzeugen (sNfz; zulässiges Gesamtgewicht größer als 3,5 t) möglich ist. Bei den schweren Nutzfahrzeugen können ferner Lastkraftwagen (d. h. ohne Anhänger) und Lastzüge bzw. Sattelzüge (d. h. mit Anhänger) unterschieden werden. Daneben kann auch der lokale Verkehrsablauf analysiert werden, bei SDR erfolgt dies numerisch, bei Video visuell. Das SDR-System hat den Vorteil, dass mit einem Gerät in der Regel zwei Fahrstreifen im Gegenverkehr erfasst werden können und eine aufwändige Montage auf der Fahrbahn entfällt. Bei Querschnitten ab zwei Fahrstreifen je Richtung sind jedoch genauso viele SDR-Geräte wie Fahrstreifen notwendig, wobei die Montage zunehmend schwieriger wird. Die Entscheidung für das eine oder andere System hängt somit stark von den lokalen Randbedingungen ab.

Das Zählkonzept sah deshalb vor, bei den zweistreifigen Querschnitten SDR und bei den mehr als zweistreifigen Querschnitten Videoerfassung einzusetzen. Hierzu wurden zwei Firmen im Unterauftrag eingesetzt (SDR: Fa. Datacollect, Kerpen; Video: Fa. Schuh & Co, Germering) und durch die AVISO GmbH vor Ort begleitet. Die Zählungen je Querschnitt wurden an Werktagen im November 2014 sowie im März und Mai 2015 durchgeführt (Tabelle 3-1). In Friedrichshafen musste an der Maybachstraße die Zählung vom November 2014 aufgrund einer im Nachhinein festgestellten Beeinflussung durch Baustellentätigkeit im Norden der Stadt im März 2015 wiederholt werden. In Bad Wimpfen konnten aufgrund andauernder Baustellentätigkeiten keine sinnvollen Erhebungen während der Projektlaufzeit durchgeführt werden.

Tabelle 3-1: *Untersuchte Straßenabschnitte*

Nr.	Straßenklasse und Nr.	Messpunkt (Standort)	Technik ¹⁾	Messzeitraum
1	L 1208	Leinfelden-Echterdingen Echterdingen Hauptstraße 81	SDR	12.-13. Nov. 2014
2	B 3	Weil am Rhein Freiburger Straße 83	SDR	23.-27. März 2015
3	L 1183	Sindelfingen Hanns-Martin-Schleyer-Straße 16	Video	11. Nov. 2014
4	B 10/466	Kuchen Hauptstraße 125	SDR	12.-13. Nov. 2014
5	B 33	Markdorf Ravensburger Straße 17	SDR	12.-13. Nov. 2014
6	L 1199	Esslingen am Neckar Grabbrunnenstraße 20	Video	10. März 2015
7	L 1124	Marbach am Neckar Schillerstraße 4	SDR	12.-13. Nov. 2015
8	B 297	Göppingen Lorcher Straße ggü. 28	SDR	12.-13. Nov. 2014
9	B 312/313	Lichtenstein Unterhausen Wilhelmstraße 53	SDR	23.-27. März 2015
10	B 31	Friedrichshafen Maybachstraße 6	Video	13. Nov. 14 / 10. März 15
11	B 292	Östringen Hauptstraße 98	SDR	12.-13. Nov. 2014
12	B 28	Freudenstadt Stuttgarter Straße 5	Video	11. Nov. 2014
13	B 27	Schömberg Rottweiler Straße 4	SDR	12.-13. Nov. 2014
14	L 1036	Öhringen Schillerstraße ggü. 45	SDR	23.-27. März 2015
15	L 530	<i>Bad Wimpfen Neuer Weg 6</i>	<i>keine Zählung²⁾</i>	--
16	B 3/36	Rastatt Kapellenstraße 14	Video	12. Mai 2015
17	L 220	Konstanz Theodor-Heuss-Straße 8	Video	13. Nov. 2014
18	K 1917	Backnang Eugen-Adolf-Straße 53	SDR	12.-13. Nov. 2014
19	B 33	Haslach im Kinzigtal Schwarzwaldstraße 14	SDR	12.-13. Nov. 2014
20	B 32	Ravensburg Schussenstraße 5	Video	13. Nov. 2014

¹⁾ SDR = Seitenradar; Video = Videoerfassungssystem

²⁾ aufgrund anhaltender Bautätigkeiten keine Zählungen während der Projektbearbeitung möglich

Folgende Tabelle 3-2 zeigt die Zählergebnisse für die einzelnen Spotmessstellen. Darüber hinaus sind die Zählergebnisse im Einzelnen im Anhang dokumentiert. Die gemessenen Geschwindigkeiten (SDR) wurden im Weiteren zur Einschätzung der Verkehrssituationen bzw. Störungsgrade nach dem Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs (HBEFA 3.2) herangezogen. Für die Straßenabschnitte mit Videoerfassung wurden die Verkehrssituationen mittels historischer Daten zur Verkehrslage aus Google Maps zugeordnet.

Tabelle 3-2: Zählergebnisse für die auswertbaren Erhebungstage (Werktage) in Kfz/24h

Nr.	Ort	Datum	Tagesverkehr (Normalwerktage) in Kfz/24h *						
			Pkw	Kräder	Pkw	Bus	INfz	Lkw	LzSz
1	Leinfelden-Echterdingen	12.11.2014	18 234	449	14 457	234	2 360	363	371
2	Weil am Rhein	24.03.2015	21 750	254	18 959	511	975	811	240
2	Weil am Rhein	25.03.2015	21 795	255	18 897	543	977	860	263
2	Weil am Rhein	26.03.2015	22 109	259	19 247	531	991	843	238
3	Sindelfingen	11.11.2014	36 839	186	34 545	253	1 061	651	143
4	Kuchen	12.11.2014	22 772	719	17 283	117	2 353	1 164	1 136
5	Markdorf	13.11.2014	21 274	926	15 701	172	2 185	1 172	1 118
6	Esslingen	10.03.2015	25 999	304	23 709	357	1 165	415	49
7	Marbach	12.11.2014	18 355	352	12 803	143	3 652	928	477
8	Göppingen	12.11.2014	16 300	743	12 257	141	1 625	659	875
9	Lichtenstein	25.03.2015	18 436	216	15 365	259	826	831	939
10	Friedrichshafen	10.03.2015	17 605	184	13 607	36	772	648	2 358
11	Östringen	12.11.2014	15 105	1 570	10 813	312	1 626	277	507
12	Freudenstadt	11.11.2014	13 602	45	11 415	283	673	575	611
13	Schömberg	13.11.2014	13 720	233	10 180	95	1 186	940	1 086
14	Öhringen	25.03.2015	14 321	167	12 516	118	642	378	500
15	<i>Bad Wimpfen</i>		<i>keine Verkehrszählung</i>						
16	Rastatt	12.05.2015	16 018	331	13 873	353	875	495	91
17	Konstanz	13.11.2014	10 882	375	9 211	819	383	90	4
18	Backnang	12.11.2014	20 090	272	15 736	283	3 017	537	245
19	Haslach	13.11.2014	21 366	1 720	13 570	238	2 053	1 291	2 494
20	Ravensburg	13.11.2014	27 269	127	23 443	849	1 377	877	596

* Kfz = Kraftfahrzeuge, Kräder = Krafträder, Pkw = Personenkraftwagen, INfz = leichte Nutzfahrzeuge (bis 3,5 t zulässiges Gesamtgewicht), Lkw = Lastkraftwagen (über 3,5 t zulässiges Gesamtgewicht, ohne Anhänger), LzSz = Lastzug/Sattelzug (über 3,5 t zulässiges Gesamtgewicht, mit Anhänger)

3.2 HOCHRECHNUNG DER ZÄHLWERTE

Die dargestellten Zählergebnisse repräsentieren den jeweiligen Tagesverkehr Q_z am Zähltag Z. Um die erforderlichen jahresmittleren täglichen Verkehrsstärken (durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke, DTV) zu berechnen, müssen die Tagesverkehrsstärken entsprechend hochgerechnet werden. Hierbei wurde ausgenutzt, dass das Verhältnis der DTV an Sonn- und Feiertagen zur DTV an Werktagen im Rahmen der bundesweiten Straßenverkehrszählungen ermittelt wurde [BAST 2013]. Auch das Verhältnis der DTV an Werktagen in der Ferienzeit zur DTV an normalen Werktagen liegt bundesweit für zahlreiche Zählstellen vor. Diese beiden Faktoren wurden in der vorliegenden Untersuchung verwendet, um die Verhältnisse an Sonn- und Feiertagen sowie während der Ferienzeit aus den Tageswerten Q_z zu berechnen. Hierfür wurden die entsprechenden Faktoren von benachbarten Zählstellen aus der bundesweiten Straßenverkehrszählung 2010 den hier zu untersuchenden 20 Messpunkten zugeordnet. Die Faktoren sind in Tabelle 3-3 zusammengestellt.

Tabelle 3-3: Hochrechnungsfaktoren für die Berechnung der DTV an den 20 untersuchten Straßenabschnitten

Nr.	Ort	Faktoren*					
		Kfz		Pkw		sNfz und Busse	
		Sonntag	Ferien	Sonntag	Ferien	Sonntag	Ferien
1	Leinfelden-Echterdingen	0,376	0,970	0,378	0,970	0,058	0,923
2	Weil am Rhein	0,639	1,030	0,663	1,039	0,073	0,785
3	Sindelfingen	0,400	0,801	0,407	0,802	0,141	0,759
4	Kuchen	0,749	1,039	0,780	1,033	0,085	1,188
5	Markdorf	0,681	0,960	0,725	0,979	0,069	0,796
6	Esslingen	0,545	0,999	0,552	0,990	0,116	1,068
7	Marbach	0,665	0,996	0,688	0,990	0,062	0,975
8	Göppingen	0,594	0,950	0,625	0,950	0,051	0,957
9	Lichtenstein	0,745	0,997	0,778	1,006	0,087	0,839
10	Friedrichshafen	0,919	1,087	1,032	1,123	0,110	0,866
11	Östringen	0,623	1,030	0,645	1,023	0,148	1,038
12	Freudenstadt	0,580	0,944	0,602	0,940	0,100	0,952
13	Schömberg	0,684	0,936	0,730	0,951	0,032	0,796
14	Öhringen	0,514	0,930	0,545	0,937	0,085	0,825
15	Bad Wimpfen	Keine Angabe					
16	Rastatt	0,753	0,732	0,793	0,737	0,103	0,646
17	Konstanz	0,799	1,120	0,819	1,150	0,463	1,005
18	Backnang	0,702	0,970	0,741	0,970	0,102	1,028
19	Haslach	0,730	0,830	0,794	0,840	0,101	0,678
20	Ravensburg	0,575	1,020	0,615	1,036	0,138	0,858

*Kfz = Kraftfahrzeuge, Pkw = Personenkraftwagen, sNfz = schwere Nutzfahrzeuge (über 3,5 t zulässiges Gesamtgewicht)

In Tabelle 3-4 sind die Hochrechnungsergebnisse für die einzelnen Fahrzeuggruppen zusammengefasst. Dargestellt sind hier die durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärken, d. h. bezogen auf das ganze Jahr. Bei der Hochrechnung wurden die lNfz wie die Pkw behandelt.

Tabelle 3-4: Hochrechnungsergebnisse DTV in Kfz/24h für die 20 untersuchten Straßenabschnitte

Nr.	Ort	DTV in Kfz/24h*						
		Kfz	Kräder	Pkw	Bus	INfz	Lkw	LzSz
1	Leinfelden-Echterdingen	16 036	357	13 064	190	1 850	285	291
2	Weil am Rhein	19 693	306	17 254	475	787	673	198
3	Sindelfingen	27 944	142	26 266	171	781	479	105
4	Kuchen	21 981	730	17 429	116	1 874	927	905
5	Markdorf	18 642	877	14 371	162	1 578	847	808
6	Esslingen	23 408	330	21 461	314	932	332	39
7	Marbach	16 375	326	11 957	126	2 864	728	374
8	Göppingen	14 414	689	11 127	121	1 274	517	686
9	Lichtenstein	17 410	293	14 740	243	979	683	772
10	Friedrichshafen	18 097	243	14 786	44	618	519	1 887
11	Östringen	13 987	1 455	10 345	288	1 382	218	400
12	Freudenstadt	11 689	37	9 993	241	514	439	466
13	Schömberg	11 857	221	9 228	89	857	679	784
14	Öhringen	12 477	207	10 922	99	528	311	411
15	<i>Bad Wimpfen</i>	<i>Keine Angabe</i>						
16	Rastatt	13 578	258	12 011	301	604	342	63
17	Konstanz	11 878	361	10 179	935	324	76	3
18	Backnang	18 366	276	14 828	267	2 378	423	193
19	Haslach	16 920	1 656	10 853	193	1 483	932	1 801
20	Ravensburg	24 436	120	21 501	757	995	633	430

* Kfz = Kraftfahrzeuge, Kräder = Krafräder, Pkw = Personenkraftwagen, INfz = leichte Nutzfahrzeuge (bis 3,5 t zulässiges Gesamtgewicht), Lkw = Lastkraftwagen (über 3,5 t zulässiges Gesamtgewicht, ohne Anhänger), LzSz = Lastzug/Sattelzug (über 3,5 t zulässiges Gesamtgewicht, mit Anhänger)

4 Grundlagen der Emissionsberechnungen

4.1 EMISSIONSBERECHNUNGSMODELL *roadTEIM*

Zur Ermittlung der Emissionen pro Straßenabschnitt wurde das Emissionsberechnungsmodell *roadTEIM* eingesetzt. Das Modell besteht aus den folgenden drei Hauptmodulen:

1. Das Emissionsfaktorenmodul basiert im Wesentlichen auf den Daten der HBEFA-Emissionsfaktorendatenbank (auf Fahrzeugschichtebene). Zur Ermittlung der charakteristischen Emissionsfaktoren pro Fahrzeugart, insbesondere für die Pkw und INfz, wird die regionale Flottenzusammensetzung berücksichtigt. Die Emissionsfaktoren werden pro Fahrzeugart für alle relevanten Verkehrssituationen und Verkehrszustände (Level of Service) berechnet. Dabei wird ein Kaltstarteinfluss auf die Emissionshöhe berücksichtigt (in Abhängigkeit von typischen Fahrtwietenverteilungen, Außentemperatur und Motortemperatur bzw. Abstellzeit).
2. Im Verkehrsmodul werden pro Straßenabschnitt die zeitlich aufgelösten Daten der Verkehrsstärken (differenziert nach Fahrzeugarten, vgl. voriges Kapitel) und des Verkehrsablaufs (Geschwindigkeit und Verkehrsablaufbedingungen in Abhängigkeit vom Störungsgrad von frei fließend bis „Stop-and-go“) ermittelt. Standardmäßig werden Stundenwerte für die Tagesgruppen Mo-Fr, Sa und So berechnet. Auf Basis dieser Daten werden pro Straßenabschnitt die charakteristischen Verkehrssituationen gemäß der Definition in HBEFA für jede Tagesstunde abgeleitet.
3. Im Emissionsmodul werden die Emissionen pro Straßenabschnitt und Fahrzeugart auf Basis der Ergebnisse des Verkehrsmoduls und des Emissionsfaktorenmoduls berechnet. Die Ergebnisse liegen stundenfein vor und werden zusätzlich zu Jahreswerten aggregiert. Die Daten können im Weiteren u. A. als Eingangsdaten für Immissionsberechnungen verwendet werden.

Die verkehrlichen Eingangsdaten für die Emissionsberechnung sind in Kap. 3 erläutert. Die Beschreibung der Eingangsdaten zur Ermittlung der Emissionsfaktoren findet sich im Folgenden.

4.2 ABLEITUNG DER EMISSIONSFAKTOREN

Wesentliche Datengrundlage zur Ermittlung der Emissionsfaktoren stellt das Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs aktuell in der Version 3.2 (HBEFA3.2) dar [HBEFA 2014]. Die HBEFA-Datenbank enthält pro Fahrzeugart für jede einzelne Fahrzeugschicht (unterschieden nach Motorkonzept, Euronormstufe, Hubraum, Gewichtsklasse usw.) pro Verkehrssituation sogenannte Schichtemissionsfaktoren für verschiedene Abgaskomponenten. Die Schichtemissionsfaktoren geben die charakteristischen spezifischen Abgasemissionen für die betrachtete Verkehrssituation in Gramm pro Fahrzeug und Kilometer ($g/(Fzg \cdot km)$) an. Diese wurden im Rahmen umfangreicher europäischer Projekte ermittelt, wobei zunächst typische Real-World-Fahrzyklen definiert und daraus die sogenannten Verkehrssituationen abgeleitet worden waren.

In HBEFA sind zur Ermittlung der Emissionsfaktoren je Fahrzeugart typische bundesmittlere Flottenzusammensetzungen für Autobahnen, Außerortsstraßen oder Innerortsstraßen hinterlegt. Da sich aber die Flottenzusammensetzung regional, insbesondere für die Pkw und INfz, durchaus von der bundesmittleren Flottenzu-

sammensetzung unterscheiden kann, wurden für die Pkw und INfz im Rahmen der vorliegenden Untersuchung (analog zum Vorgehen für das landesweite Emissionskataster Kfz-Verkehr [AVISO 2013]) regionale Flottenzusammensetzungen auf Zulassungsbezirksebene berücksichtigt.

Berechnet werden die NO_x- und PM₁₀-Gesamtemissionen.

4.2.1 FLOTTENZUSAMMENSETZUNG 2014

Die charakteristische Bestandszusammensetzung für ein Untersuchungsgebiet wird aus der Zusammensetzung des gemeldeten Kfz-Bestands abgeleitet, wobei einzelne sogenannte Fahrzeugschichten differenziert werden, die sich aufgrund der Antriebsart, des eingesetzten Schadstoffminderungskonzepts, der Hubraumklasse bzw. Gewichtsklasse sowie des Zulassungsjahres unterscheiden.

Um den für die untersuchten Straßenabschnitte jeweils repräsentativen statischen Kfz-Bestand entsprechend der Bestandsschichtung der vorhandenen Schichtemissionsfaktoren einteilen zu können, wurden in [AVISO 2013] die Bestandsdaten aus einer Sonderauswertung zum 01.01.2012 des Kraftfahrtbundesamtes (KBA), gegliedert nach Fahrzeugart, Antriebsart, Emissionsschlüssel, Hubraum, Gewichtsklasse und Jahr der Erstzulassung, für das Land Baden-Württemberg (auf Kreisebene) herangezogen. Die standardmäßig vom KBA veröffentlichten Daten enthalten diese Informationen zum größten Teil nicht.

Die relevanten Flottenzusammensetzungen für Pkw und INfz wurden auf Basis dieser regionalen Bestandsdaten ermittelt, die letztmalig zum Stand 01.01.2012 detailliert vom KBA für Baden-Württemberg (im Rahmen der Aktualisierung des Landesemissionskatasters) beschafft worden waren.

Die für 2013 aus den detaillierten Daten für 2012 prognostizierten Bestände pro Zulassungsbezirk [AVISO 2013] wurden im Rahmen der vorliegenden Untersuchung für die Pkw anhand der vom KBA regelmäßig veröffentlichten Statistiken überprüft und für 2014 angepasst [KBA 2014]. Dies war nur für die Pkw möglich, da nur für diese die regelmäßig veröffentlichten Daten des KBA differenziert nach den Euro-Normstufen vorliegen.

4.2.2 BESONDERHEITEN BEI DER ABLEITUNG DER EMISSIONSFAKTOREN

Emissionsfaktoren PM₁₀ durch Aufwirbelung und Abrieb

Bezüglich der Emissionsfaktoren zur Ermittlung der PM₁₀-Emissionen durch Aufwirbelung und Abrieb wurden die auf HBEFA3.1 angepassten Daten aus [LfULG 2011], die auch noch im Zusammenhang mit HBEFA3.2 Gültigkeit haben, verwendet (vgl. Tabelle 4-1).

T30 Lichtenstein

Am untersuchten Straßenabschnitt in Lichtenstein (Messpunkt Nr. 9) ist die zulässige Höchstgeschwindigkeit auf 30 km/h begrenzt. Mangels entsprechender Emissionsfaktoren für diese Betriebsituation wurden die Emissionen für diesen Abschnitt mit denen für Tempo 50 berechnet und anschließend mit Hilfe des Erstein-schätzungsschemas für die Wirkung von Tempo 30 an Hauptverkehrsstraßen auf die NO_x- und PM₁₀-Emissionen überprüft [LUBW 2012]. Sowohl bei NO_x als auch bei PM₁₀-Gesamt sind die Wirkungen als neutral zu bezeichnen. Bei PM₁₀-Gesamt erhöht sich zwar die Abgaskomponente, jedoch ist bei Aufwirbelung und Abrieb mit einem entsprechenden Rückgang bei Tempo 30 gegenüber Tempo 50 zu rechnen. Die mit den Tempo 50-Emissionsfaktoren berechneten Emissionen entsprechen somit ungefähr denen für die Tempo 30-Situation.

Tabelle 4-1: Emissionsfaktoren für PM₁₀-Emissionen durch Aufwirbelung und Abrieb [LfULG 2011]

Straßen (Tempolimit) und Störungsgrad	Partikel PM ₁₀ -Emissionsfaktor aus Aufwirbelung und Abrieb in mg/(Fzg-km)	
	Pkw und INfz	sNfz
Fernstraße innerorts (50 – 90 km/h)		
flüssig	26	100
dicht	33	350
gesättigt	40	700
Stop-and-go	45	1 200
Hauptverkehrsstraße innerorts (50 – 80 km/h)		
flüssig	26	100
dicht	33	350
gesättigt	35	500
Stop-and-go	45	1 200
Sammelstraße innerorts (50 – 60 km/h)		
flüssig	26	100
dicht	33	350
gesättigt	40	700
Stop-and-go	45	1 200
Erschließungsstraße innerorts (30 km/h)		
flüssig	26	280
dicht	35	500
gesättigt	45	1 200
Stop-and-go	45	1 200
Erschließungsstraße innerorts (40 km/h)		
flüssig	30	320
dicht	35	500
gesättigt	45	1 200
Stop-and-go	45	1 200
Erschließungsstraße innerorts (50 km/h)		
flüssig	33	350
dicht	35	500
gesättigt	45	1 200
Stop-and-go	45	1 200
Außerortsstraßen und Autobahnen		
alle Störungsgrade	30	130

5 Emissionen

Unter Verwendung der in Kap. 3 dargestellten Verkehrsdatenbasis und der in Kap. 4 beschriebenen Emissionsfaktoren wurden die NO_x- und PM₁₀-Gesamtemissionen für 2014 für die 20 untersuchten Straßenabschnitte berechnet. Die pro Tagesgruppe ermittelten stündlichen Emissionen wurden zu Jahreswerten aggregiert.

Die Ergebnisse sind in nachstehender Tabelle 5-1 zusammengefasst. Neben den DTV-Werten und Schwerverkehrsanteilen sind in der Tabelle die Emissionsdichten in Kilogramm pro Kilometer und Jahr (kg/(km·a)) sowie die sekundlichen Massenströme für die Immissionsberechnungen in Milligramm pro Meter und Jahr (mg/(m·sec)) angegeben.

Tabelle 5-1: Ergebnisse der Emissionsberechnung 2014 für die 20 untersuchten Straßenabschnitte

Nr.	Messpunkt (Standort)	DTV	Anteil sNfz	NO _x [kg/(km·a)]	PM _{10g} [kg/(km·a)]	NO _x [mg/(m·sec)]	PM _{10g} [mg/(m·sec)]
1	Leinfeld-Echterdingen Hauptstraße 81	16 036	4,8 %	3 624	349,82	0,114925	0,011093
2	Weil am Rhein Freiburger Straße 83	19 693	6,8 %	5 095	470,95	0,161552	0,014934
3	Sindelfingen Hanns-Martin-Schleyer-Straße 16	27 944	2,7 %	4 405	415,35	0,139696	0,013171
4	Kuchen Hauptstraße 125	21 981	8,8 %	6 180	652,65	0,195980	0,020695
5	Markdorf Ravensburger Straße 17	18 642	9,8 %	5 204	541,91	0,165003	0,017184
6	Esslingen am Neckar Grabbrunnenstraße 20	23 408	2,9 %	3 555	340,84	0,112716	0,010808
7	Marbach am Neckar Schillerstraße 4	16 375	7,5 %	4 245	467,28	0,134622	0,014817
8	Göppingen Lorcher Straße ggü. 28	14 414	9,2 %	3 989	410,07	0,126479	0,013003
9	Lichtenstein Unterhausen Wilhelmstraße 53	17 410	9,8 %	5 152	493,92	0,163384	0,015662
10	Friedrichshafen Maybachstraße 6	18 097	13,5 %	5 769	549,53	0,182936	0,017425
11	Östringen Hauptstraße 98	13 987	6,5 %	3 587	339,31	0,113759	0,010760
12	Freudenstadt Stuttgarter Straße 5	11 689	9,8 %	3 577	340,25	0,113420	0,010789
13	Schömburg Rottweiler Straße 4	11 857	13,1 %	4 005	383,42	0,126995	0,012158
14	Öhringen Schillerstraße ggü. 45	12 477	6,6 %	3 328	300,16	0,105536	0,009518
15	<i>Bad Wimpfen Neuer Weg 6*</i>	<i>19 135</i>	<i>3,8 %</i>	<i>4 179</i>	<i>393,83</i>	<i>0,132507</i>	<i>0,012488</i>
16	Rastatt Kapellenstraße 14	13 578	5,2 %	3 135	306,19	0,099395	0,009709
17	Konstanz Theodor-Heuss-Straße 8	11 878	8,6 %	4 194	316,24	0,132981	0,010028
18	Backnang Eugen-Adolf-Str. 53	18 366	4,9 %	4 128	285,71	0,130894	0,009060
19	Haslach im Kinzigtal Schwarzwaldstraße 14	16 920	17,3 %	8 413	793,91	0,266786	0,025175
20	Ravensburg Schussenstraße 5	24 436	7,4 %	6 377	452,59	0,202202	0,014352

*) Die Daten für Bad Wimpfen wurden aus dem Emissionskataster Kfz-Verkehr BW, Stand 2010, entnommen
PM_{10g} = PM₁₀ gesamt

6 Grundlagen der Immissionsberechnungen

Die NO₂- und PM₁₀-Immissionskonzentrationen an den zu untersuchenden Straßenabschnitten wurden auf Basis einer Screeningabschätzung ermittelt. In dem folgenden Kapitel werden das Prinzip des Grobscreenings sowie die Vorgehensweise im konkreten Fall erläutert.

6.1 SCREENING-MODELL

6.1.1 GRUNDSÄTZLICHES ZU EINEM SCREENINGMODELL

Ein Screeningmodell ist ein Verfahren, mit dessen Hilfe unter Vorgabe bestimmter Randbedingungen die Immissionskonzentrationen im Nahbereich von Quellen abgeschätzt werden können. Screeningmodelle kommen überwiegend bei Immissionsprognosen für Verkehrsemissionen zum Einsatz, da hier in aller Regel räumlich umfangreiche Straßennetze zu betrachten sind. Hierfür sind komplexe Strömungs- und Ausbreitungsmodelle wegen des rechentechnischen und zeitlichen Aufwands oft nicht einsetzbar. Mit den Screeningmodellen erhält man somit ein großräumiges Bild der Emissions- und Immissionsbelastung. Falls die mit dem Screeningmodell berechneten Immissionskonzentrationen im Bereich der Immissionswerte liegen, werden in aller Regel Detailuntersuchungen mit komplexen Strömungs- und Ausbreitungsmodellen durchgeführt. Die Grundlage von Screeningmodellen bilden so genannte Transmissionskoeffizienten, die im Vorfeld mit komplexen Ausbreitungsmodellen, allerdings für standardisierte Randbedingungen, erzeugt und in einer Datenbank abgelegt wurden. Standardisierte Randbedingungen bedeuten, dass die Transmissionskoeffizienten für fest vorgegebene

- Einheitsquellen (bezüglich Lage und Größe),
- Einheitsemissionen $E_{\text{Screening}}$ (in diesem Fall die durch Kfz erzeugten Emissionen),
- Windgeschwindigkeiten $U_{\text{Screening}}$,
- Windrichtungen,
- charakteristischen Bebauungsstrukturen

ermittelt wurden. Für eine real gegebene Situation kann daraus die Immission I_{real} durch lineare Skalierung der Transmissionskoeffizienten ($I_{\text{Screening}}$) mit der tatsächlich vorhandenen Emission E_{real} und reziproken Skalierung mit der Windgeschwindigkeit U_{real} entsprechend der folgenden Beziehung ermittelt werden:

$$I_{\text{real}} = I_{\text{Screening}} \cdot \frac{E_{\text{real}}}{E_{\text{Screening}}} \cdot \frac{U_{\text{Screening}}}{U_{\text{real}}}$$

Dieser Transformation liegt die Annahme zugrunde, dass bei gleicher Bebauungsstruktur, Quellposition, Anströmrichtung in Bezug zur Ausrichtung der Straße und atmosphärischer Schichtung die Immissionskonzentrationen reziprok von der Windgeschwindigkeit und linear von den Emissionen abhängen. Bei einer real doppelt so hohen Windgeschwindigkeit bzw. Emissionsstärke verglichen mit der Einheitwindgeschwindigkeit und Einheitsemission, die bei der Generierung der dem Screeningmodell zugrundeliegenden Ergebnisse gewählt wurden, halbieren bzw. verdoppeln sich die Immissionswerte. Bei niedrigen Windgeschwindigkeiten führt diese Annahme zu Abweichungen im Vergleich zu den realen Immissionskonzentrationen, da die Kfz-erzeugte Turbulenz und gegebenenfalls auch thermische Effekte zunehmend an Einfluss gewinnen kön-

nen. Allerdings sind sowohl die Bestimmung des Einflusses fahrzeuginduzierter Turbulenz als auch thermische Einflüsse innerhalb einer Bebauung und deren Berücksichtigung selbst in prognostischen mikroskaligen Strömungs- und Ausbreitungsmodellen zur Zeit noch nicht Stand der Technik und können meist nur mit empirischen Ansätzen berücksichtigt werden. Durch die Nichtberücksichtigung beispielsweise der Kfz-erzeugten Turbulenz werden im Sinne einer konservativen Betrachtung die realen Emissionen durch das Screeningmodell eher überschätzt.

Für die Screeningabschätzungen im vorliegenden Fall wurde das Screeningmodell ISIS [BANGERT 1996] eingesetzt, das vom Büro für Umweltmeteorologie Bangert im Auftrag des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie entwickelt wurde. Die dem Modell ISIS zugrunde liegenden Transmissionskoeffizienten wurden mit dem Modell MISKAM [EICHHORN 1989] berechnet. Variable Größen sind die mittlere Bebauungshöhe eines Straßenabschnittes, die mittlere Straßenbreite und die Bebauungsstruktur der Randbebauung. Dabei liegen dem Modell ISIS die nachfolgend genannten Bebauungsstrukturen zugrunde.

- Beidseitig geschlossene Randbebauung (Straßenschlucht),
- Einseitig geschlossene, einseitig offene Randbebauung,
- Beidseitig durchbrochene Randbebauung,
- Einseitig durchbrochene, einseitig offene Randbebauung,
- Einseitig geschlossene, einseitig durchbrochene Randbebauung.

Das Screeningmodell liefert als Ergebnis für jede Straßenseite getrennt eine mittlere Immissionskonzentration für den betrachteten Straßenabschnitt.

6.1.2 MÖGLICHKEITEN UND GRENZEN DES SCREENINGMODELLS

Der Ansatz des Screeningverfahrens bringt aufgrund standardisierter Bebauungsstrukturen eine Vereinfachung mit sich. Es ist damit zu rechnen, dass die in einem Screeningmodell bereitgestellten Bebauungsstrukturen im realen Fall die in der Natur gegebenen Bebauungsstrukturen nicht exakt wiedergeben. Aus diesem Grund handelt es sich bei Screeningmodellen um Abschätzverfahren. Je genauer jedoch die reale Bebauung mit einer im Screeningmodell gegebenen standardisierten Bebauungsstruktur übereinstimmt, desto besser stimmen die berechneten Werte mit der Realität überein. Dies ist vor allem in innerstädtischen Kernbereichen mit einer dichten und gleichmäßigen Straßenrandbebauung (Straßenschluchtcharakter) und häufig nur leicht variierenden Gebäudehöhen recht gut gegeben. Da in diesen Straßenschluchten aufgrund des reduzierten Luftaustausches mit der Atmosphäre über Dach mit hohen Immissionsbelastungen zu rechnen ist, kann man davon ausgehen, dass mit den Screeningmodellen für die lufthygienisch kritischen Straßenzüge in dicht bebauten Stadtgebieten recht verlässliche Aussagen erzielt werden können. Bei einer so genannten durchbrochenen Randbebauung stellt sich eine stark dreidimensionale Strömungsstruktur ein. Das Screeningmodell stellt hier idealisierte Strukturen mit einer gleichförmig verteilten Porosität zur Verfügung. In der Realität wird eine idealisierte durchbrochene Bebauungsstruktur nur im seltensten Fall mit der real gegebenen Bebauung übereinstimmen. Insofern sind hier Unterschiede zu erwarten, deren man sich bewusst sein muss, die aber nur schwer zu quantifizieren sind. Da der beidseitig geschlossen bebaute Fall bei gleicher Straßengeometrie immer der konservativere ist, kann die im Screeningmodell hinterlegte „durchbrochene“ Bebauung dazu verwendet werden, um im Sinne einer Abwägung eine in Realität nicht vollständig geschlossene Bebauung zwischen den Polen „konservativerer Ansatz: geschlossene Bebauung“ und „günstigerer Ansatz: durchbrochene Bebauung“ darzustellen.

6.2 VORGEHEN IM KONKRETEN FALL

6.2.1 FESTLEGUNG DER BEBAUUNGSSTRUKTUREN

Grundsätzlich werden mit dem Screeningmodell ISIS einzelne Streckenabschnitte betrachtet, bei denen in erster Näherung

- eine konstante Verkehrsstärke und konstante Emissionen,
- eine ähnliche Straßenbreite,
- eine ähnliche Lückigkeit (Porosität) und
- eine ähnliche Ausrichtung gegen Nord

vorliegt. Die mittlere Gebäudehöhe wird dabei längengewichtet für die gewählten Streckenabschnitte ermittelt.

Im Rahmen dieses Projektes standen für jede der insgesamt 20 untersuchten Straßenabschnitte folgende Informationen zur Verfügung:

- Die Ausrichtung des Straßenabschnitts gegen Nord,
- die mittlere Breite der Straßenschlucht im Bereich des zu bewertenden Messpunktes,
- die mittlere Gebäudehöhe im Bereich des zu bewertenden Messpunktes,
- der Lückenanteil bzw. die Bebauung auf jeder Straßenseite.

Bei einer nach Nord ausgerichteten Straße zeigt die rechte Fahrspur nach Nord. Die Ausrichtung gegen Nord ist genau der Winkel, den man erhält, wenn die Straße im Uhrzeigersinn aus Nord gedreht wird. In der folgenden Abbildung 6-1 ist dies veranschaulicht.

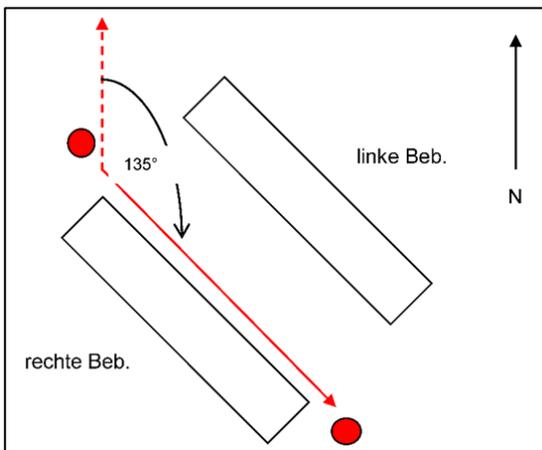


Abbildung 6-1: Definition der Ausrichtung gegen Nord

Für jede Straßenseite wurde für einen Lückenanteil von etwa 0-20% der Bebauungstyp „geschlossen“, für den Lückenanteil von etwa 20-60% der Bebauungstyp „durchbrochen“ angesetzt. Bei einseitiger Bebauung (beispielsweise am Messpunkt Sindelfingen) wurde die Kombination „geschlossen“, „offen“ gewählt. Die vorliegenden Eingangsdaten und die daraus für das Screeningmodell umgesetzten Werte sind in Tabelle 6-1 zusammengestellt.

Tabelle 6-1: Zusammenstellung der für die Screeningberechnungen benötigten Daten

Nr.	Messpunkt (Standort)	Ausrichtung gegen Nord (0...179°)	Bebauung links*	Bebauung rechts*	Bebauungshöhe	Straßenschluchtbreite
1	Leinfelden-Echterdingen Echterdingen Hauptstraße 81	5°	G	G	11 m	11 m
2	Weil am Rhein Freiburger Straße 83	170°	D	G	11 m	16 m
3	Sindelfingen Hanns-Martin-Schleyer-Straße 16	115°	G	O	19 m	19 m
4	Kuchen Hauptstraße 125	120°	G	G	12 m	12 m
5	Markdorf Ravensburger Straße 17	100°	G	D	12 m	13 m
6	Esslingen am Neckar Grabbrunnenstraße 20	15°	G	G	14 m	21 m
7	Marbach am Neckar Schillerstraße 4	70°	D	D	15 m	15 m
8	Göppingen Lorcher Straße ggü. 28	170°	D	D	15 m	15 m
9	Lichtenstein Unterhausen Wilhelmstraße 53	170°	G	G	10 m	15 m
10	Friedrichshafen Maybachstraße 6	95°	G	G	15 m	20 m
11	Östringen Hauptstraße 98	95°	G	G	11 m	13 m
12	Freudenstadt Stuttgarter Straße 5	65°	G	G	11 m	18 m
13	Schömburg Rottweiler Straße 4	50°	G	G	10 m	15 m
14	Öhringen Schillerstraße ggü. 45	90°	G	D	14 m	14 m
15	Bad Wimpfen Neuer Weg 6	70°	G	D	12 m	12 m
16	Rastatt Kapellenstraße 14	60°	G	G	12 m	18 m
17	Konstanz Theodor-Heuss-Straße 8	30°	G	G	20 m	20 m
18	Backnang Eugen-Adolf-Str. 53	70°	G	G	11 m	11 m
19	Haslach im Kinzigtal Schwarzwaldstraße 14	105°	D	D	13 m	18 m
20	Ravensburg Schussenstraße 5	115°	D	D	13 m	25 m

* D = durchbrochen (Lückigkeit 21-60%), G = geschlossen (Lückigkeit 0-20 %), O = offen

6.2.2 ERMITTLUNG VON TRANSMISSIONSKOEFFIZIENTEN

Für alle zu untersuchenden Straßenabschnitte wurden unter Berücksichtigung der Bebauungsstruktur, der mittleren Bebauungshöhe und Straßenbreite sowie der Straßenausrichtung gegen Nord für eine Bezugswindgeschwindigkeit und eine Einheitsemission für 30°-Windrichtungen die Transmissionskoeffizienten ermittelt und in einer Datenbank abgelegt. Ebenfalls in die Datenbank integriert wurden für die einzelnen Straßenabschnitte die entsprechend Kap. 5 ermittelten Emissionswerte.

Für die einzelnen Straßenabschnitte wurden unter Berücksichtigung der tatsächlichen meteorologischen Verhältnisse (Windrichtung und Windgeschwindigkeit) und der tatsächlichen Emissionen pro Streckenabschnitt die Immissionskonzentrationen durch Entnormierung der Transmissionskoeffizienten ermittelt. Als Ergebnis wurden für alle betrachteten Straßenabschnitte streckenabschnittsfeine Immissionszusatzbelastungen infolge des Verkehrs für NO_x und PM₁₀ erhalten.

Für die Ermittlung der Jahresmittelwerte der Immissionsgesamtbelastung werden meteorologische Daten und Werte zur Immissionshintergrundbelastung benötigt. Die Ermittlung dieser Daten wird im Folgenden beschrieben.

6.3 ERMITTLUNG DER JAHRESMITTELWERTE

6.3.1 WINDSTATISTIK

Für die Bestimmung der Jahresmittelwerte für NO_2 und PM_{10} wird eine für den jeweiligen Straßenabschnitt repräsentative Windstatistik mit den Parametern Windrichtung und Windgeschwindigkeit benötigt. Durch Gewichtung der für jede Anströmrichtung und Windgeschwindigkeitsklasse bestimmten Immissionszusatzbelastungen gemäß der prozentualen Häufigkeit der entsprechenden Ausbreitungssituation, die in der Windstatistik durch Angabe der Windrichtung und der Windgeschwindigkeit gegeben ist, werden daraus die Jahresmittelwerte bestimmt.

Für die Immissionsberechnungen mit dem Screeningmodell wurden synthetische Windrosen herangezogen, die von der ARGE IB Rau & METCON im Auftrag der LUBW flächendeckend in einem Raster von $500 \times 500 \text{ m}^2$ für das ganze Land Baden-Württemberg erstellt wurden [BIGALKE, AHRENS, RAU 2008] [BIGLAKE, RAU et al. 2013]. Für die einzelnen Straßenabschnitte wurde jeweils die Windrose gewählt, die dem untersuchten Straßenabschnitt am nächsten liegt.

6.3.2 HINTERGRUNDBELASTUNG

Die Berechnungen mit dem Screeningmodell liefern als Ergebnis die durch die Verkehrsemissionen verursachten Immissionszusatzbelastungen. Die Immissionsgesamtbelastungen ergeben sich durch Überlagerung der berechneten Zusatzbelastung mit der großflächigen Hintergrundbelastung, die durch Gewerbe, Hausbrand und Industrie sowie die Verkehrsimmissionen außerhalb des eigentlichen Untersuchungsgebietes bestimmt wird.

Als Hintergrundbelastung der einzelnen Straßenabschnitte wurde die flächendeckend vorliegende Immissionsvorbelastung verwendet. Diese basiert auf Simulationsrechnungen, die von der IVU GmbH im Auftrag der LUBW für die gesamte Landesfläche Baden-Württembergs in einem Raster von $500 \times 500 \text{ m}^2$ durchgeführt wurden [LUBW 2014].

6.3.3 ERMITTLUNG DER JAHRESMITTELWERTE DER GESAMTBELASTUNG

Mit den charakteristischen Werten für die Hintergrundbelastung werden durch Überlagerung mit den für die einzelnen Straßenabschnitte berechneten Zusatzbelastungswerten die statistischen Kenngrößen (Jahresmittelwerte für NO_2 und PM_{10}) der Gesamtbelastung berechnet. Die Überlagerung der Vorbelastungswerte mit den Zusatzbelastungswerten erfolgt bei PM_{10} durch Addition der Jahresmittelwerte. Bei den Stickoxiden muss zusätzlich die NO-NO_2 -Konversion berücksichtigt werden. Die chemische Umwandlung von NO_x nach NO_2 ist äußerst komplex und von einer Reihe von Parametern wie UV-Strahlung, Ozonwert, Temperatur abhängig. Bisher gibt es noch kein hinreichend validiertes Chemiemodell, mit dem die sehr schnelle Umwandlung auf kleinem Raum in bebauten Gebieten genau beschrieben werden kann.

Stand der Technik war es bisher, die Umwandlung mittels des empirischen Modells von Romberg [ROMBERG 1996], welches den NO-NO_2 -Umwandlungsgrad als Funktion der NO_x -Gesamtmission beschreibt, zu bestimmen. Diese empirische Beziehung wurde aus Messdaten Mitte der 1990er Jahre abgeleitet. Es ist mittlerweile bekannt, dass sich emissionsseitig das NO-NO_2 -Verhältnis verändert hat. Diese Verschiebung zu einer höheren NO_2 -Emission hat auch Auswirkungen auf die Umwandlung von NO_x zu NO_2 .

Neuere Untersuchungen zeigen, dass der Romberg-Ansatz die Immissionskonzentrationen für Werte im Bereich des Grenzwertes befriedigend genau wiedergibt. Bei deutlich höheren Konzentrationen werden mit

dem Romberg-Ansatz gegenüber Ansätzen mit Berücksichtigung einfacher Chemie niedrigere NO_2 -Konzentrationen berechnet. Um diesem Effekt gerecht zu werden, wurde in dieser Untersuchung das NO/NO_2 -Konversionsmodell nach Düring [AVISO 2005, DÜRING 2010] eingesetzt, um die NO_2 -Immissionen aus den berechneten NO_x -Immissionen zu ermitteln. In dieses Modell gehen neben den NO_x -Immissionen zusätzlich noch das Verhältnis der NO_2/NO_x -Emissionen und die Ozon-Belastung ein, um das sich ändernde NO_2/NO_x -Verhältnis der Abgasemissionen und dessen Wirkung auf die quellenahen NO_2 -Konzentrationen explizit zu berücksichtigen. Das Verhältnis von NO_2/NO_x wurde im Rahmen der Emissionsberechnung auf Basis des HBEFA 3.2 berechnet. Für Ozon wurde ein typischer jahresmittlerer Wert für Baden-Württemberg (in diesem Fall ein Wert von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) angesetzt.

7 Ergebnisse der Immissionsberechnungen

Mit dem Screeningmodell ISIS wurden unter Berücksichtigung der Emissionen, der Hintergrundbelastung und der für die einzelnen Straßenabschnitte charakteristischen Windstatistiken die NO₂- und PM₁₀-Jahresmittelwerte der Gesamtbelastung berechnet. Die Ergebnisse für die einzelnen zu untersuchenden Messpunkte sind in Tabelle 7-1 zusammengestellt. Das hier eingesetzte Screeningmodell berechnet die Immissionskonzentrationen auf jeder Straßenseite im Bereich der Randbebauung, bei einseitiger Bebauung zusätzlich auf der unbebauten Seite im Gehwegbereich. Als Ergebnis sind im Sinne einer konservativen Abschätzung in der Tabelle die mittleren Immissionskonzentrationen auf der jeweils stärker belasteten Straßenseite angegeben. Ebenfalls mit aufgenommen ist die Straßenseite, auf der dieser Maximalwert zu erwarten ist (zur Definition der Straßenseite siehe Abbildung 6-1).

Tabelle 7-1: Ergebnisse der Immissionsberechnungen

Nr.	Messpunkt (Standort)	Immissionen [µg/m³]		Straßenseite des Maximums
		NO ₂	PM ₁₀	
1	Leinfelden-Echterdingen Echterdingen Hauptstraße 81	62,1	27,9	L
2	Weil am Rhein Freiburger Straße 83	51,3	26,1	R
3	Sindelfingen Hanns-Martin-Schleyer-Straße 16	48,3	25,0	L
4	Kuchen Hauptstraße 125	59,1	29,0	L
5	Markdorf Ravensburger Straße 17	72,2	34,4	L
6	Esslingen am Neckar Grabbrunnenstraße 20	61,6	28,5	R
7	Marbach am Neckar Schillerstraße 4	35,4	24,6	L
8	Göppingen Lorcher Straße ggü. 28	35,1	22,7	R
9	Lichtenstein Unterhausen Wilhelmstraße 53	52,9	25,7	L
10	Friedrichshafen Maybachstraße 6	55,6	28,3	L
11	Östringen Hauptstraße 98	44,7	26,5	R
12	Freudenstadt Stuttgarter Straße 5	38,4	18,9	L
13	Schömburg Rottweiler Straße 4	36,9	19,9	R
14	Öhringen Schillerstraße ggü. 45	44,7	26,0	L
15	Bad Wimpfen Neuer Weg 6	57,6	29,7	L
16	Rastatt Kapellenstraße 14	41,9	24,2	R
17	Konstanz Theodor-Heuss-Straße 8	53,0	27,7	L
18	Backnang Eugen-Adolf-Straße 53	59,8	27,0	R
19	Haslach im Kinzigtal Schwarzwaldstraße 14	55,8	26,3	R
20	Ravensburg Schussenstraße 5	28,2	20,6	R

7.1 VARIATION BEI ETWAS ANDERER EINSTUFUNG DER BEBAUUNGSSITUATION

7.1.1 ANDERE EINSCHÄTZUNG DER STRASSENGEOMETRIE

Bei der Einstufung der Randbebauung, insbesondere der mittleren Gebäudehöhe und der mittleren Straßenbreite sind, je nach Betrachtung und „optischer“ Wichtung, Varianzen möglich, die sich in den Transmissionskoeffizienten und somit schlussendlich in den Jahresmittelwerten niederschlagen. Bei einigen der 20 Straßenabschnitten können bezüglich der mittleren Gebäudehöhe und der mittleren Straßenbreite auch etwas andere Einschätzungen vorgenommen werden (vgl. gelbe Markierungen in Tabelle 7-2). Es ergeben sich dadurch Änderungen in den Jahresmittelwerten, die zum einen in dem Balkendiagramm Abbildung 7-1 (linker Teil), zum anderen in der Tabelle 7-3 dargestellt sind. Diese Variationen können als die Unsicherheit interpretiert werden, die sich durch die Einschätzung alleine der Straßengeometrie bei sonst gleicher Bebauungsstruktur, Windstatistik und Straßenausrichtung ergibt. Welche der Einschätzungen im konkreten Fall der Realität tatsächlich näherkommt, ist nur durch Detailrechnungen mit einem Feinscreeningmodell oder Messungen der Immissionsbelastung feststellbar.

7.1.2 ANDERE EINSCHÄTZUNG DER BEBAUUNGSSTRUKTUR

Deutlich größere Variationen ergeben sich, wenn die Bebauungsstruktur bei identischer oder zusätzlich leicht veränderter Straßengeometrie anders eingeschätzt wird. Dies ist insbesondere in den Straßenabschnitten in Markdorf, Weil am Rhein, Bad Wimpfen und Öhringen möglich. Die alternativen Einschätzungen der Bebauungsstrukturen in diesen Straßenabschnitten sind in Tabelle 7-2 aufgeführt und grün markiert, die sich daraus ergebenden Variationen in den Jahresmittelwerten sind zum einen im Balkendiagramm Abbildung 7-1 (rechter Teil), zum anderen in der Tabelle 7-3 dargestellt. In Abbildung 7-2 und Abbildung 7-3 sind zudem Luftbildaufnahmen für die vier genannten Messstellen gegeben.

In Markdorf ist der Messpunkt am östlichen Ende einer nahezu geschlossenen Gebäudezeile auf der Nordseite der Ravensburger Straße (nach Definition linke Bebauung) vorgesehen. Weiter östlich ist die Bebauung locker bzw. springt deutlich zurück. Auf der Südseite (nach Definition rechte Bebauung) liegt zwischen Bahnhofstraße und Marienstraße eine typische gleichmäßig durchbrochene Bebauung mit einer Porosität über 20% vor. Betrachtet man die linke Bebauung großräumiger zwischen „Am Stadtgraben“ und Marienstraße, dann wäre eine alternative Einschätzung als „durchbrochen“ beidseitig möglich. Kleinräumiger um den Messpunkt herum wird vermutlich die Strömung und Ausbreitung etwas stärker durch den fast geschlossenen Bebauungsteil geprägt, weswegen für die Immissionsberechnung diese Einschätzung verwendet wurde. Neben der Struktur der Randbebauung kann auch die Straßengeometrie etwas anders eingeschätzt werden, indem ein etwas höheres Verhältnis von mittlerer Gebäudehöhe zu mittlerer Straßenbreite angenommen wird. Beide Änderungen zusammen ergeben einen recht großen Unterschied in den berechneten Immissionskonzentrationen. Die Einschätzung „durchbrochen beidseitig“ ist wahrscheinlich als etwas zu positiv zu werten, die Einschätzung „geschlossen links“, „durchbrochen rechts“ als etwas zu konservativ. Die Frage, welche der beiden Einschätzungen der Realität näher kommt, kann nur durch weitere Untersuchungen beantwortet werden (siehe Kapitel 7.1.3).

Bei der Bebauungsstruktur im Straßenabschnitt Freiburger Straße in Weil am Rhein sind unterschiedliche Einschätzungen der „Lückigkeit“ möglich. Für die Berechnungen wurde angenommen, dass die rechte (westliche) Bebauung weniger „porös“ ist als die linke (östliche). Sie wurde deshalb als „geschlossen“ definiert. Alternativ kann die Bebauung auch als beidseitig „durchbrochen“ angesehen werden (d. h. Lückigkeit 21-60 %). Für diesen Fall ergeben sich deutlich niedrigere Immissionskonzentrationen, die Unterschiede sind allerdings nicht so stark ausgeprägt wie für den Messpunkt in Markdorf, da es bezüglich der Straßengeometrie

rie keine unterschiedlichen Einschätzungen gibt. Für den Straßenabschnitt Freiburger Straße in Weil am Rhein wurde für die Prioritätenliste die Einschätzung, die die höheren Werte ergab, verwendet.

In Bad Wimpfen ist die Situation vergleichbar mit Markdorf. Die Bebauung der linken (nördlichen) Straßenseite kann statt „geschlossen“ auch als „durchbrochen“ eingeschätzt werden. Die rechte Straßenseite ist bezüglich der Bebauung recht heterogen. Die dem Screeningmodell zugrunde liegende Standardbebauung für die „durchbrochene“ Bebauungssituation gibt hier die Realität ebenfalls nicht angemessen wieder. Insbesondere die östlich anschließende extensive Begrünung (dichter Baumbestand) prägen die Strömung und Ausbreitung in diesem Straßenabschnitt maßgeblich. Für diesen Messpunkt kommt man mit einem Screeningmodell an die Grenzen einer realistischen Einschätzung. Zur weiteren Behandlung des Straßenabschnittes in Bad Wimpfen siehe Kapitel 7.2.

In Öhringen, Schillerstraße kann die Bebauung der Südseite (rechte Bebauung) statt als „durchbrochen“ alternativ auch als „geschlossen“ gesehen werden, dies führt zu einer etwas höheren Immissionsbelastung. Da diese alternative Einschätzung die tatsächlichen Verhältnisse aber wohl weniger gut beschreibt, wird sie für die Erstellung der Prioritätenliste nicht verwendet.

Tabelle 7-2: Zusammenstellung der alternativer Einschätzung der für die Screeningberechnungen benötigten Daten

Nr.	Messpunkt (Standort)	Ausrichtung gegen Nord (0...179°)	Bebauung links*	Bebauung rechts*	Bebauungshöhe	Straßenschluchtbreite
1	Leinfelden-Echterdingen Echterdingen Hauptstraße 81	5°	G	G	11 m	11 m
2	Weil am Rhein Freiburger Straße 83	170°	D	D	11 m	16 m
3	Sindelfingen Hanns-Martin-Schleyer-Straße 16	115°	G	O	19 m	19 m
4	Kuchen Hauptstraße 125	120°	G	G	12 m	12 m
5	Markdorf Ravensburger Straße 17	100°	D	D	10 m	15 m
6	Esslingen am Neckar Grabbrunnenstraße 20	15°	G	G	14 m	21 m
7	Marbach am Neckar Schillerstraße 4	70°	D	D	15 m	15 m
8	Göppingen Lorcher Straße ggü. 28	170°	D	D	15 m	15 m
9	Lichtenstein Unterhausen Wilhelmstraße 53	170°	G	G	11 m	17 m
10	Friedrichshafen Maybachstraße 6	95°	G	G	13 m	20 m
11	Östringen Hauptstraße 98	95°	G	G	11 m	11 m
12	Freudenstadt Stuttgarter Straße 5	65°	G	G	13 m	20 m
13	Schömburg Rottweiler Straße 4	50°	G	G	10 m	15 m
14	Öhringen Schillerstraße ggü. 45	90°	G	G	14 m	14 m
15	Bad Wimpfen Neuer Weg 6	70°	D	D	12 m	12 m
16	Rastatt Kapellenstraße 14	60°	G	G	12 m	18 m
17	Konstanz Theodor-Heuss-Straße 8	30°	G	G	20 m	20 m
18	Backnang Eugen-Adolf-Straße 53	70°	G	G	11 m	11 m
19	Haslach im Kinzigtal Schwarzwaldstraße 14	105°	D	D	13 m	20 m
20	Ravensburg Schussenstraße 5	115°	D	D	13 m	25 m

* D = durchbrochen (Lückigkeit 21-60%), G = geschlossen (Lückigkeit 0-20 %)

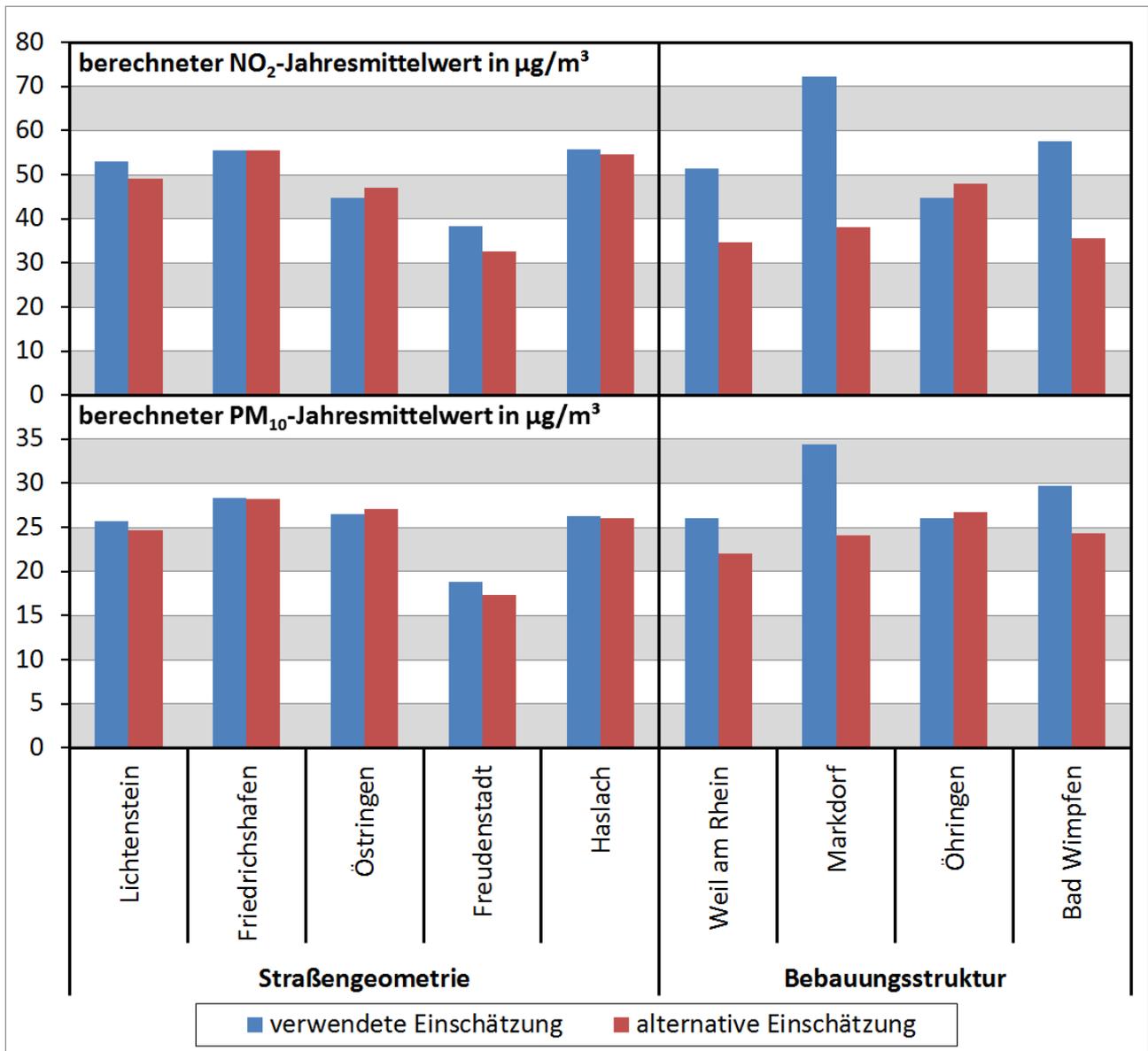
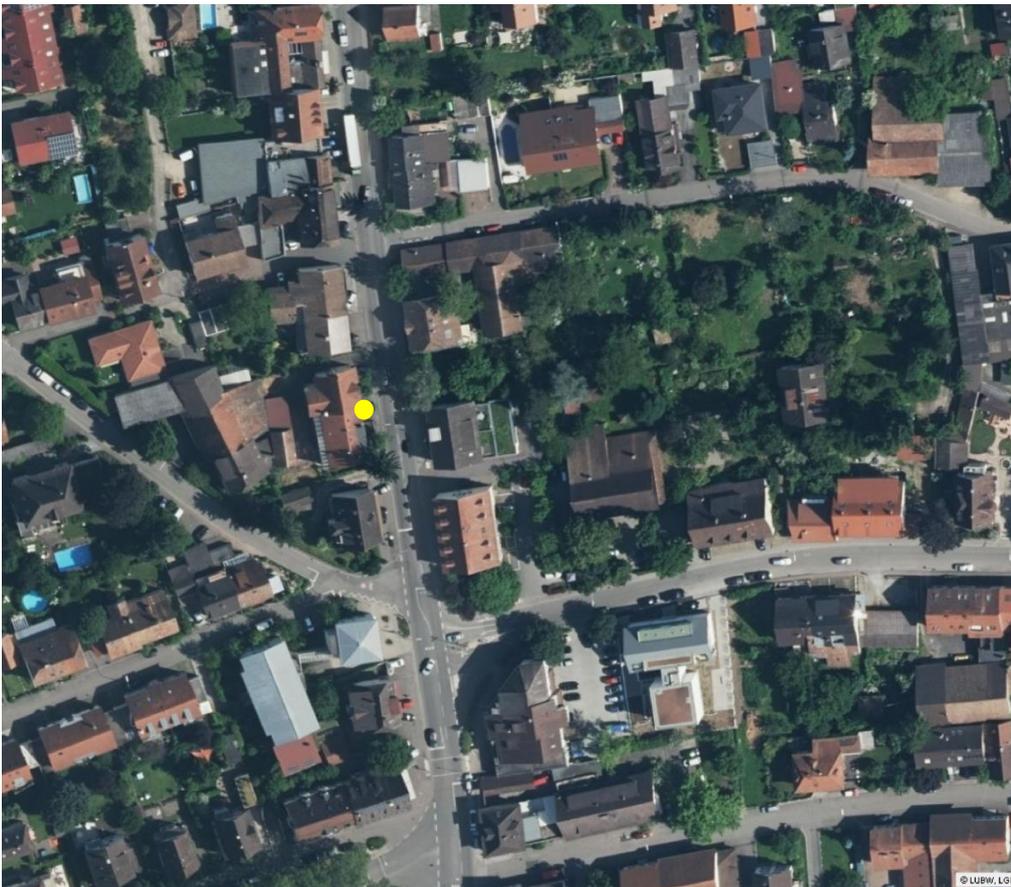


Abbildung 7-1: Vergleich der Immissionskonzentrationen (Jahresmittelwerte) von NO₂ (oben) und PM₁₀ (unten) auf Basis der verwendeten und der alternativen Einschätzung der Straßengeometrien bzw. Bebauungsstrukturen



Grundlage:
 - Räumliches Informations- und Planungssystem (RIPS) der LUBW
 - Amtliche Geobasisdaten © LGL, www.lgl-bw.de, Az.: 2851.9-1/19

Abbildung 7-2: Luftbildaufnahmen für die Einschätzung der Bebauungsstrukturen für Markdorf (oben) und Weil am Rhein (unten)



Grundlage:
 - Räumliches Informations- und Planungssystem (RIPS) der LUBW
 - Amtliche Geobasisdaten © LGL, www.lgl-bw.de, Az.: 2851.9-1/19

Abbildung 7-3: Luftbildaufnahmen für die Einschätzung der Bebauungsstrukturen für Bad Wimpfen (oben) und Öhringen (unten)

Tabelle 7-3: Berechnete Immissionskonzentrationen (Jahresmittelwerte) für NO₂ und PM₁₀ für die verwendete und die alternative Einschätzung der Straßengeometrien bzw. Bebauungsstrukturen

Nr.	Messpunkt (Standort)	verwendete Einschätzung			alternative Einschätzung		
		Immissionen [µg/m ³]		Straßenseite des Maximums	Immissionen [µg/m ³]		Straßenseite des Maximums
		NO ₂	PM ₁₀		NO ₂	PM ₁₀	
1	Leinfelden-Echterdingen Echterdingen Hauptstraße 81	62,1	27,9	L			
2	Weil am Rhein Freiburger Straße 83	51,3	26,1	R	34,7	22,0	R
3	Sindelfingen Hanns-Martin-Schleyer-Straße 16	48,3	25,0	L			
4	Kuchen Hauptstraße 125	59,1	29,0	L			
5	Markdorf Ravensburger Straße 17	72,2	34,4	L	38,0	24,1	R
6	Esslingen am Neckar Grabbrunnenstraße 20	61,6	28,5	R			
7	Marbach am Neckar Schillerstraße 4	35,4	24,6	L			
8	Göppingen Lorcher Straße ggü. 28	35,1	22,7	R			
9	Lichtenstein Unterhausen Wilhelmstraße 53	52,9	25,7	L	49,1	24,6	L
10	Friedrichshafen Maybachstraße 6	55,6	28,3	L	55,6	28,3	L
11	Östringen Hauptstraße 98	44,7	26,5	R	46,9	27,1	R
12	Freudenstadt Stuttgarter Straße 5	38,4	18,9	L	32,7	17,4	L
13	Schömburg Rottweiler Straße 4	36,9	19,9	R			
14	Öhringen Schillerstraße ggü. 45	44,7	26,0	L	47,8	26,8	L
15	Bad Wimpfen Neuer Weg 6	57,6	29,7	L	35,5	24,3	L
16	Rastatt Kapellenstraße 14	41,9	24,2	R			
17	Konstanz Theodor-Heuss-Straße 8	53,0	27,7	L			
18	Backnang Eugen-Adolf-Str. 53	59,8	27,0	R			
19	Haslach im Kinzigtal Schwarzwaldstraße 14	55,8	26,3	R	54,6	26,0	R
20	Ravensburg Schussenstraße 5	28,2	20,6	R			

7.1.3 ÜBERPRÜFUNG DURCH ORIENTIERENDE MESSUNGEN MIT PASSIVSAMMLERN

Für den Straßenabschnitt Markdorf Ravensburger Straße waren die Auswirkungen der unterschiedlichen Einschätzungen am größten. Zur Abklärung der Immissionsverhältnisse wurden in diesem Straßenabschnitt deshalb orientierende NO₂-Messungen mit Passivsammlern durchgeführt. Die Ergebnisse der zehnwöchigen Messungen ergaben, dass die Immissionskonzentration bei 48 µg/m³ liegt. Für die Ermittlung der Priorität des Messpunkts in Markdorf wurde deshalb dieser Wert verwendet.

7.2 VORGABEN DER 39. BIMSCHV

Im Rahmen einer Begehung aller Straßenabschnitte wurde abschließend noch einmal geprüft, ob die Standortkriterien gemäß Anlage 3 der 39. BImSchV an allen untersuchten Abschnitten eingehalten werden. Dies war für die Straßenabschnitte in Bad Wimpfen und Haslach nicht der Fall, so dass diese in der neuen Liste nicht berücksichtigt werden. Diesen Kommunen wird die Möglichkeit gegeben, einen anderen Straßenabschnitt vorzuschlagen.

7.3 ÜBERARBEITETE PRIORITÄTENLISTE

Für die Erstellung der überarbeiteten Prioritätenliste der Spotmessungen Baden-Württemberg wurden die untersuchten Straßenabschnitte absteigend nach ihren mit dem Screeningmodell ISIS berechneten Immissionskonzentrationen von NO₂ sortiert. Für den Messpunkt in Markdorf wurde abweichend davon der im Zuge der orientierenden Messungen mit Passivsammlern ermittelte NO₂-Konzentrationswert verwendet (Tabelle 7-4).

Tabelle 7-4: Überarbeitete Prioritätenliste der Spotmessungen Baden-Württemberg (Ränge 1 – 20)

Rang	Messpunkt (Standort)	NO ₂ -Immissionen [µg/m ³]	PM ₁₀ -Immissionen [µg/m ³]	Straßenseite des Maximums
1	Leinfelden-Echterdingen Echterdingen Hauptstraße 81	62,1	27,9	L
2	Esslingen am Neckar Grabbrunnenstraße 20	61,6	28,5	R
3	Backnang Eugen-Adolf-Strasse 53	59,8	27,0	R
4	Kuchen Hauptstraße 125	59,1	29,0	L
5	Friedrichshafen Maybachstraße 6	55,6	28,3	L
6	Konstanz Theodor-Heuss-Straße 8	53,0	27,7	L
7	Lichtenstein Unterhausen Wilhelmstraße 53	52,9	25,7	L
8	Weil am Rhein Freiburger Straße 83	51,3	26,1	R
9	Sindelfingen Hanns-Martin-Schleyer-Straße 16	48,3	25,0	L
10	Markdorf Ravensburger Straße 17	48,0	-	-
11	Östringen Hauptstraße 98	44,7	26,5	R
12	Öhringen Schillerstraße ggü. 45	44,7	26,0	L
13	Rastatt Kapellenstraße 14	41,9	24,2	R
14	Freudenstadt Stuttgarter Straße 5	38,4	18,9	L
15	Schömberg Rottweiler Straße 4	36,9	19,9	R
16	Marbach am Neckar Schillerstraße 4	35,4	24,6	L
17	Göppingen Lorcher Straße ggü. 28	35,1	22,7	R
18	Ravensburg Schussenstraße 5	28,2	20,6	R

Literatur

[AVISO 2005]

Auswertung von Luftmessdaten nach der Methode Carslaw und Beevers zur Analyse des NO₂/NO_x-Anteils der Verkehrsemissionen an Verkehrsstationen; im Auftrag der LFU Baden-Württemberg, AVISO GmbH, Aachen, 2005

[AVISO 2013]

Einarbeitung der Ergebnisse der SVZ2010 in das Landesemissionskataster Straßenverkehr Baden-Württemberg; im Auftrag der LUBW, AVISO GmbH, Aachen, April 2013

[BANGERT 1996]

EDV-gestütztes Screening-Modell für unterschiedliche Verkehrsstandorte in Sachsen, Abschlussbericht; s.l. Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Radebeul, 1996

[BAST 2013]

Straßenverkehrszählung 2010: Methodik; Büro für angewandte Statistik, Aachen, Bast-Bericht V 234; 2013

[BIGALKE, RAU, AHRENS 2008]

Synthetische Ausbreitungsklassenstatistiken zur Verwendung in Immissionsprognosen; Gefahrstoffe Reinhaltung der Luft 7/8-2008, Seite 326-333, Bigalke, K.; Ahrens, D.; Rau, M.

[BIGALKE, RAU ET AL 2013]

Dokumentation Synthetische Ausbreitungsklassenstatistiken SynAKS für Deutschland, Berechnung - Qualitätssicherung - Anwendung (Version 1.1); www.metsoft.de, METCON Umweltmeteorologische Beratung, Dr. Klaus Bigalke, Pinneberg, Ingenieurbüro Matthias Rau, Heilbronn, Oktober 2013

[DÜRING 2010]

Tendenzen der NO₂-Belastung im Land Brandenburg von 1997 bis 2020; Immissionsschutz 3/2010, S. 118 – 123, Dr. I. Düring, et al.

[EICHHORN 1989]

Entwicklung und Anwendung eines dreidimensionalen, mikroskaligen Stadtklimamodells; Dissertation zur Erlangung des Grades „Doktor der Naturwissenschaften“ im Fachbereich Physik der Johannes Gutenberg-Universität Mainz, J. Eichhorn, Mainz, 1989

[HBEFA 2014]

HBEFA 3.2, www.hbefa.net

[KBA 2014]

Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern nach Zulassungsbezirken, 1. Januar 2014, Statistische Mitteilungen des Kraftfahrtbundesamtes FZ1

[LfULG 2011]

Einbindung des HBEFA 3.1 in das FIS Umwelt und Verkehr sowie Neufassung der Emissionsfaktoren für Aufwirbelung und Abrieb des Straßenverkehrs; Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG), Dresden, 2011

[LUBW 2006]

Spotmessungen ab dem Jahr 2007 - Voruntersuchungen 2006, Auswahl der Messpunkte und Darstellung der Messergebnisse; LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe 2006

[LUBW 2012]

Ersteinschätzung der Wirkung von Tempo 30 auf Hauptverkehrsstraßen auf die NO_x- und PM₁₀-Emissionen; LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe 2006

[LUBW 2014]

Flächendeckende Ermittlung der Immissions-Vorbelastung für Baden-Württemberg 2010, Ausbreitungsrechnungen unter Verwendung des landesweiten Emissionskatasters und unter Berücksichtigung von gemessenen Immissionsdaten; LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe 2014

[ROMBERG 1996]

NO-Umwandlungsmodell für die Anwendung bei Immissionsprognosen für KFZ-Abgase, Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft 56, S. 215-218.

Anhang

ANHANG 1.1:

Ergebnisse der Verkehrszählungen mit Seitenradargeräten (SDR)

ANHANG 1.2:

Ergebnisse der Verkehrszählungen mit Videoerfassung

ANHANG 1.1

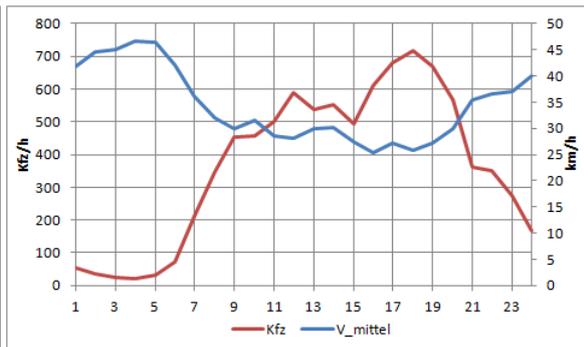
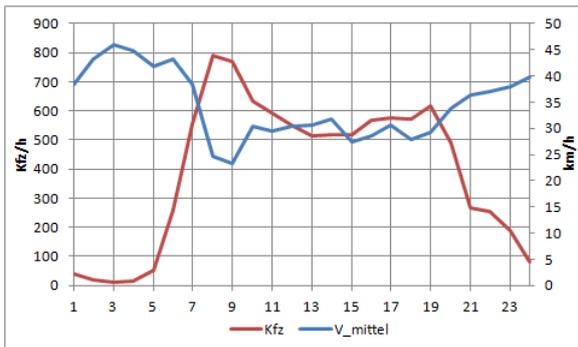
Ergebnisse der Verkehrszählungen mit Seitenradargeräten (SDR)

Messstelle 1: Leinfelden-Echterdingen, Hauptstraße; 12. Nov. 2014



Richtung Nord

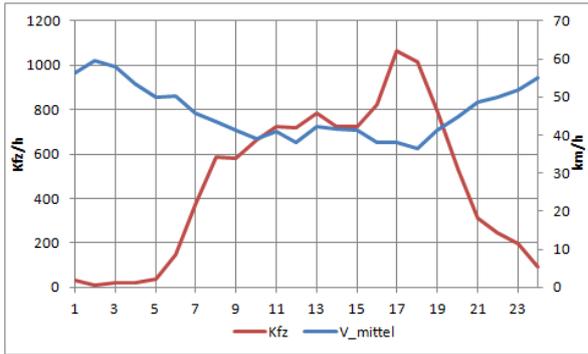
Richtung Süd



Messstelle 2: Weil am Rhein, Freiburger Straße; 24., 25. und 26. März 2015

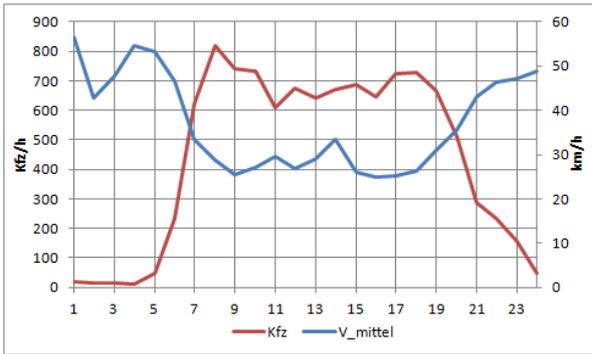


Richtung Nord

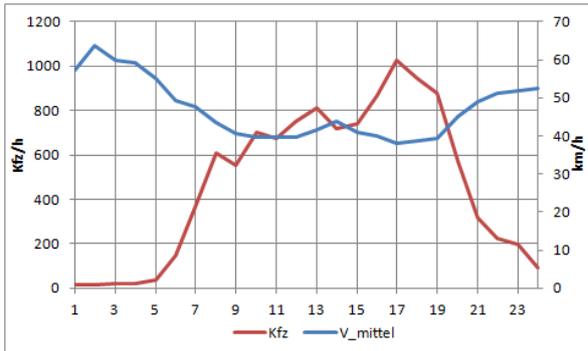


Richtung Süd

24.03.2015

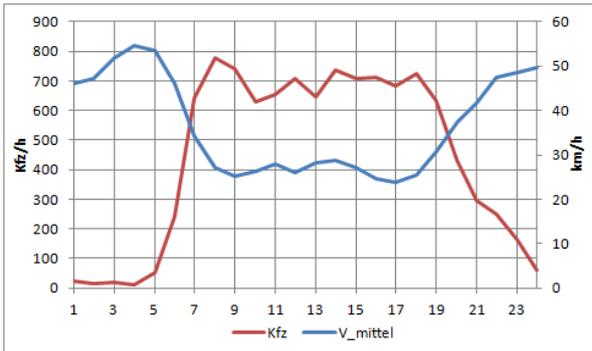


Richtung Nord



Richtung Süd

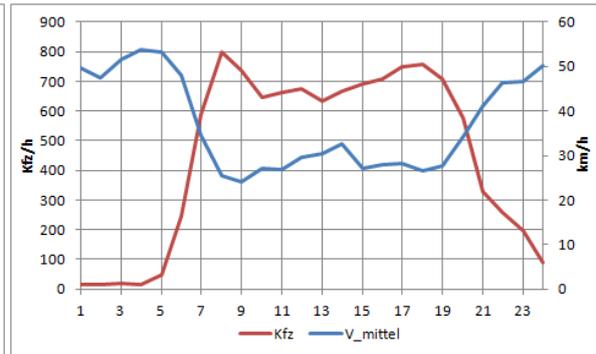
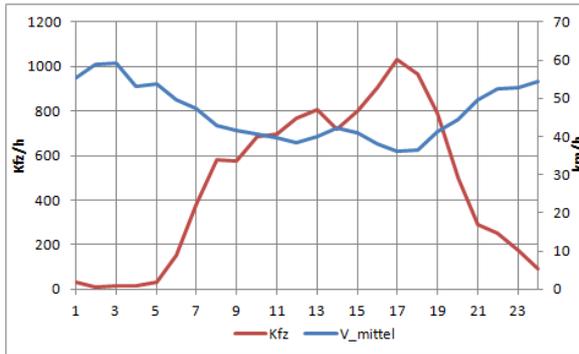
25.03.2015



Richtung Nord

Richtung Süd

26.03.2015

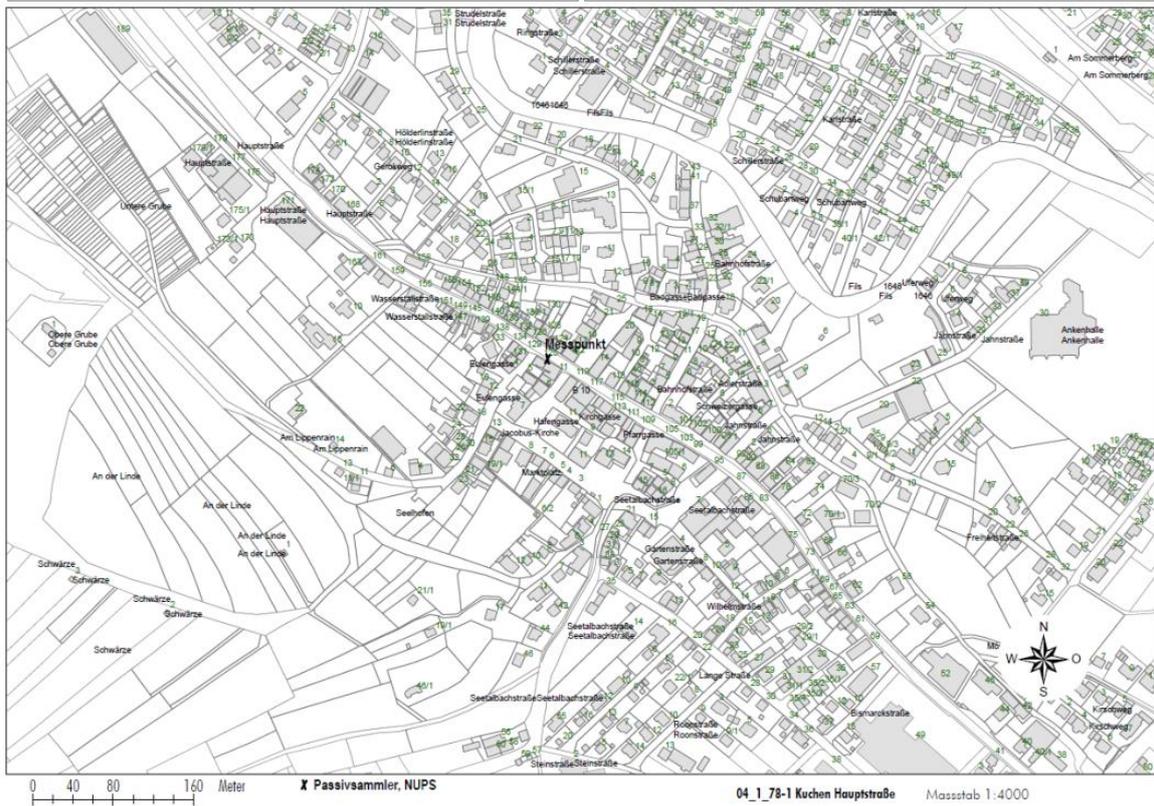
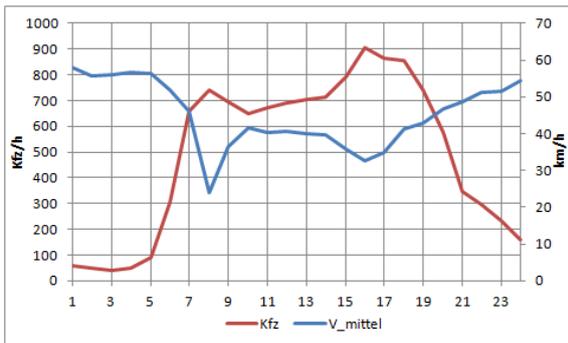
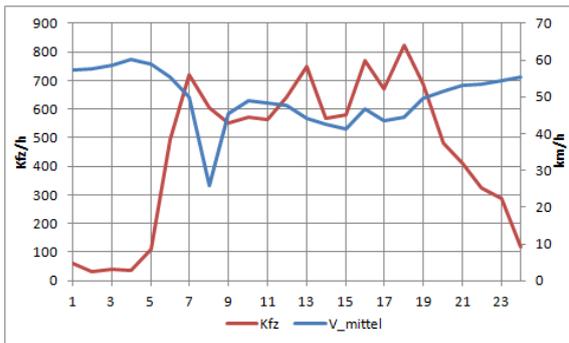


Messstelle 4: Kuchen, Hauptstraße; 12. Nov. 2014



Richtung Südost

Richtung Nordwest

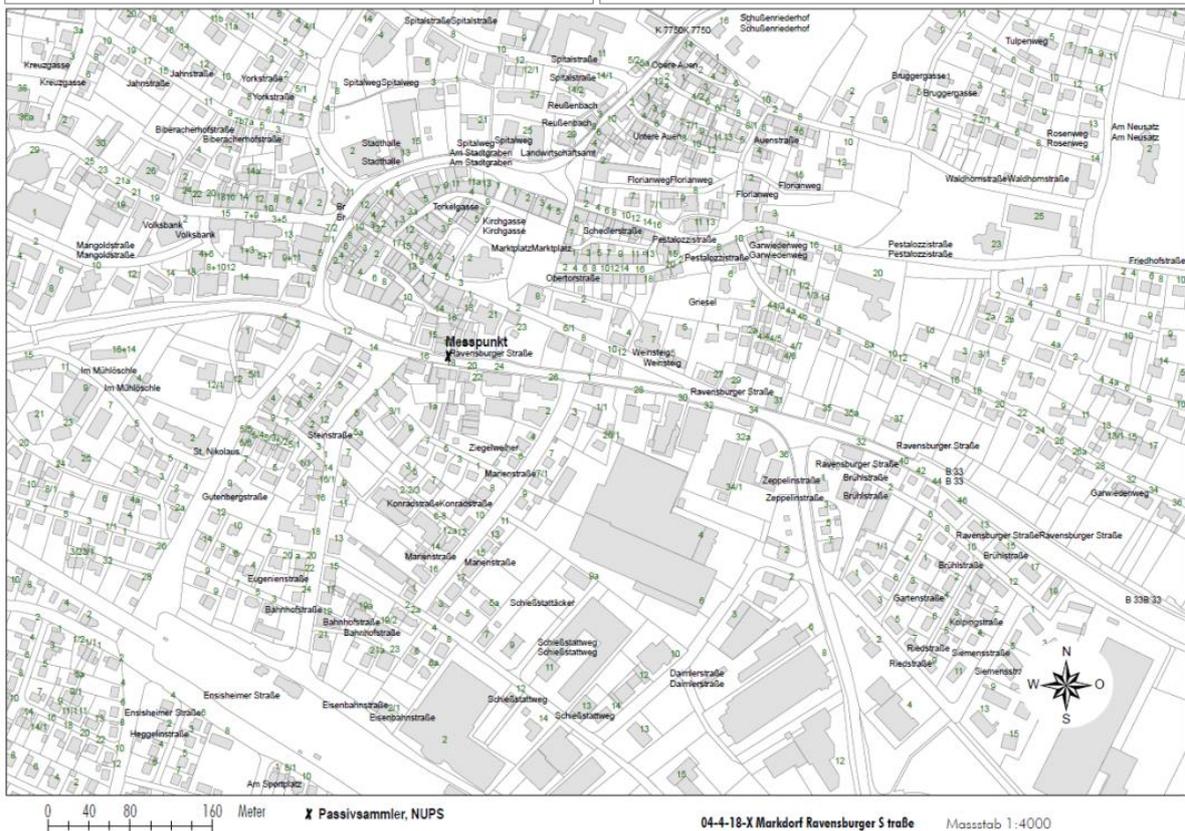
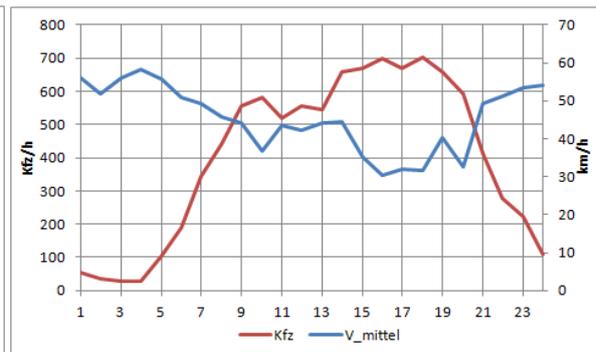
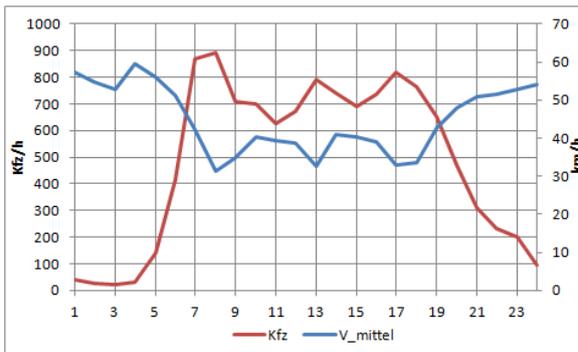


Messstelle 5: Markdorf, Ravensburger Straße; 13. Nov. 2014



Richtung Ost

Richtung West

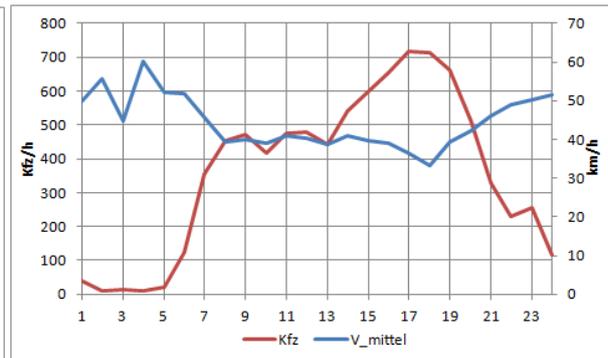
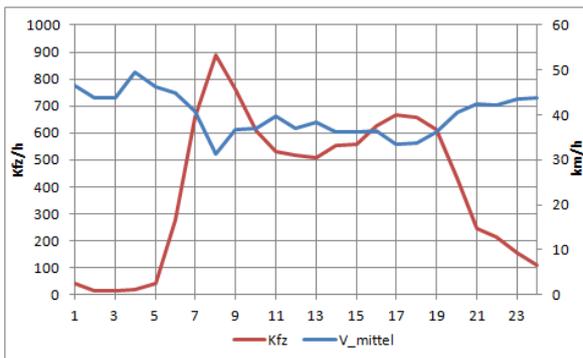


Messstelle 7: Marbach am Neckar, Schillerstraße; 12. Nov. 2014



Richtung Ost

Richtung West

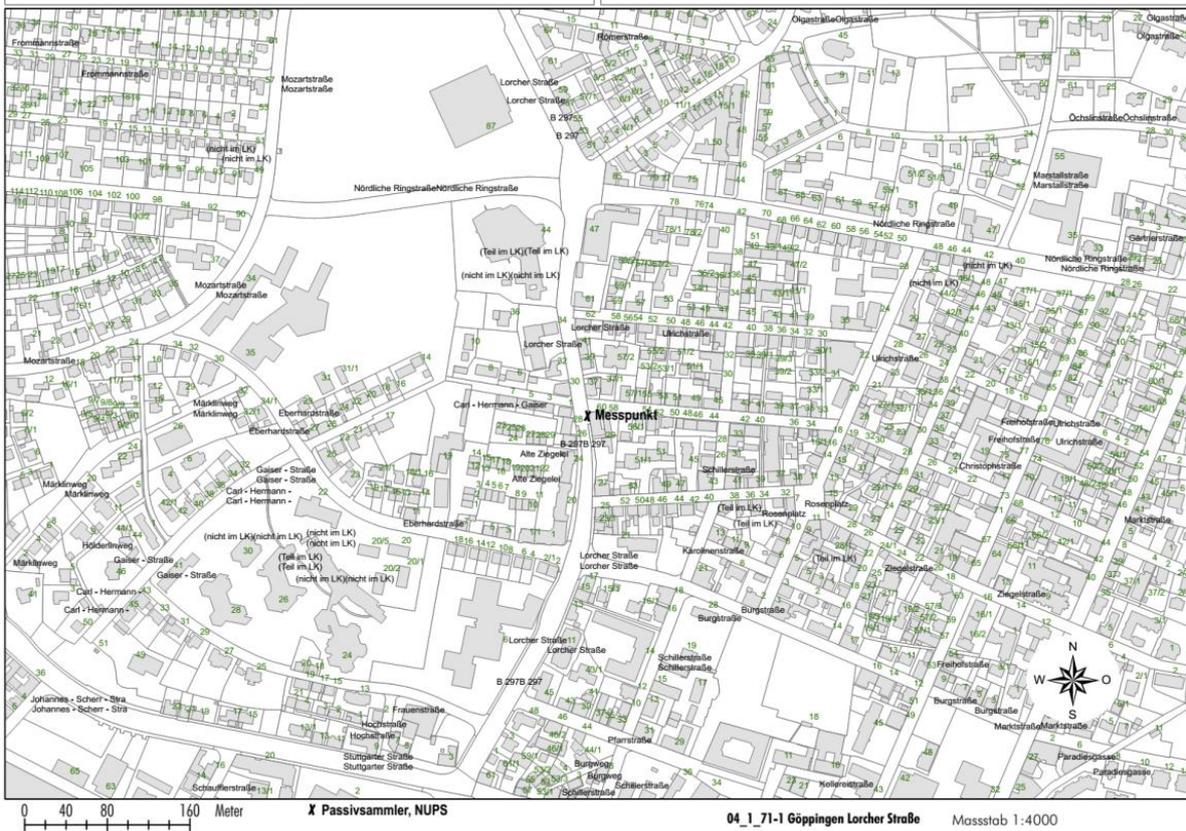
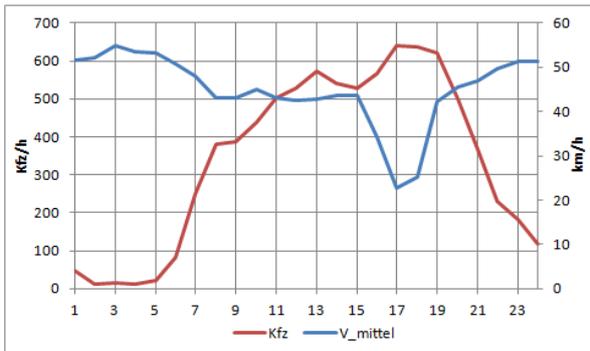
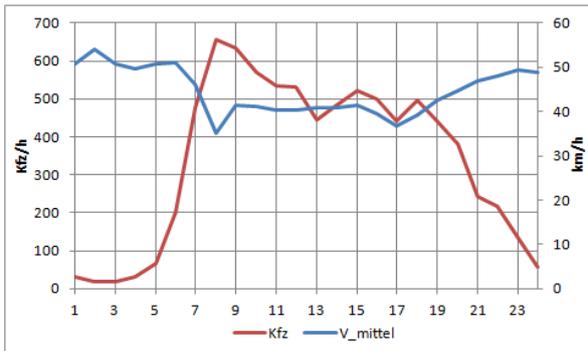


Messtelle 8: Göppingen, Lorcher Straße; 12. Nov. 2014



Richtung Süd

Richtung Nord



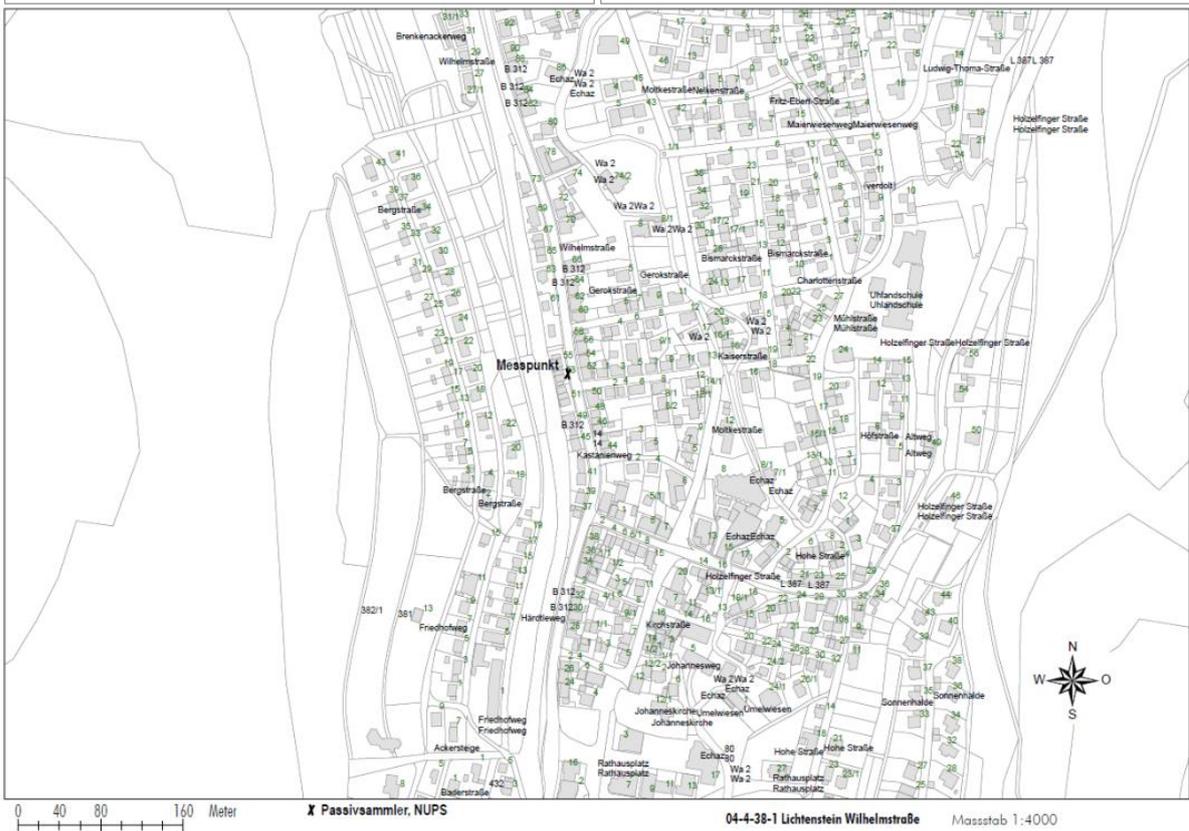
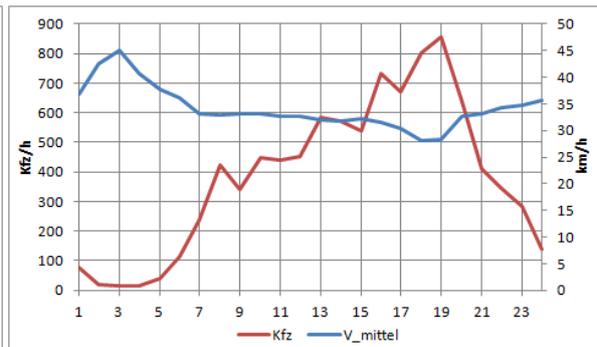
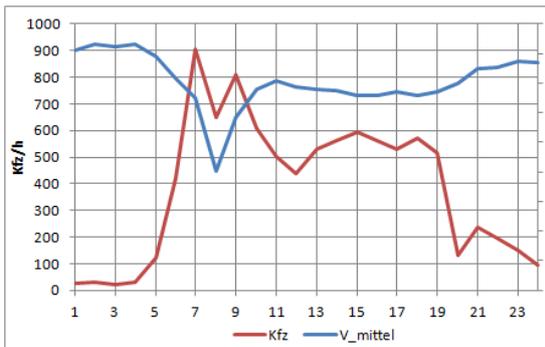
Messstelle 9: Lichtenstein Unterhausen, Wilhelmstraße; 25. März 2015



Richtung Nord



Richtung Süd

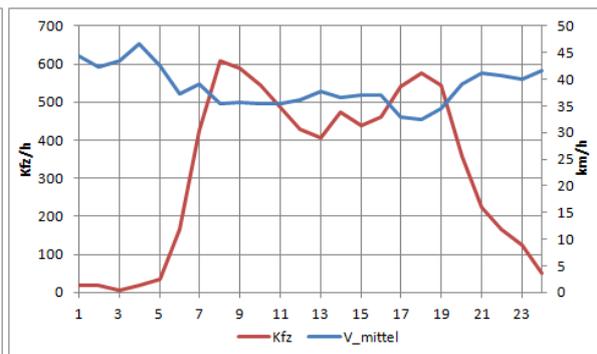
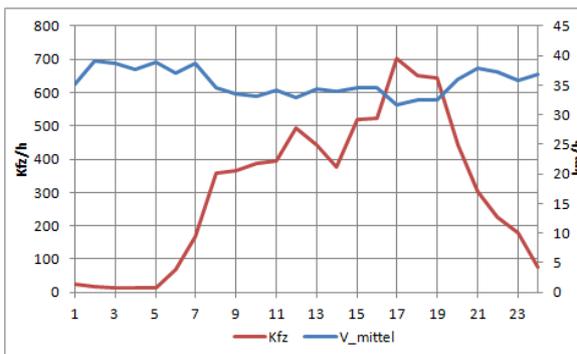


Messstelle 11: Östringen, Hauptstraße; 12. Nov. 2014



Richtung Ost

Richtung West

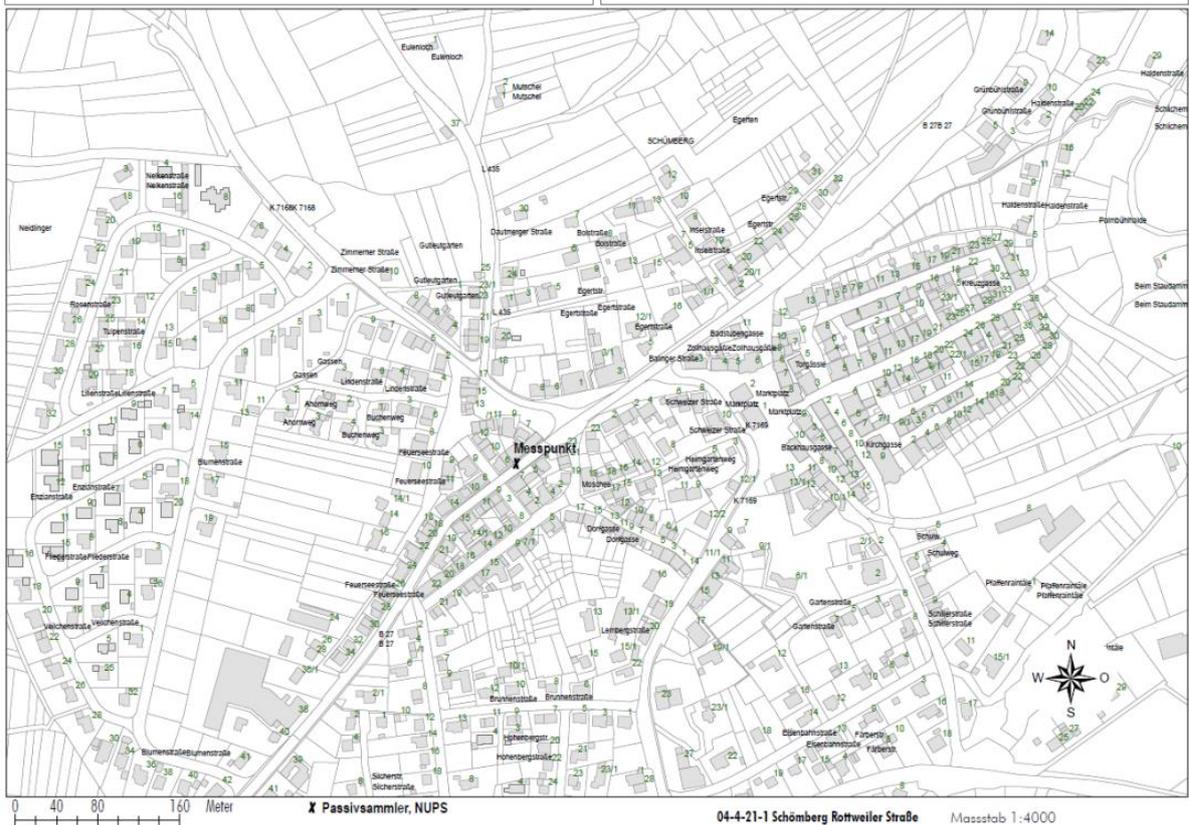
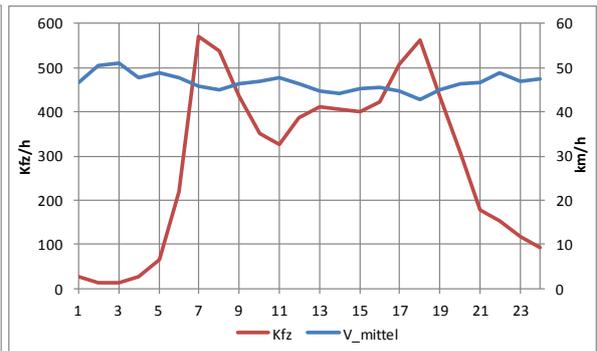
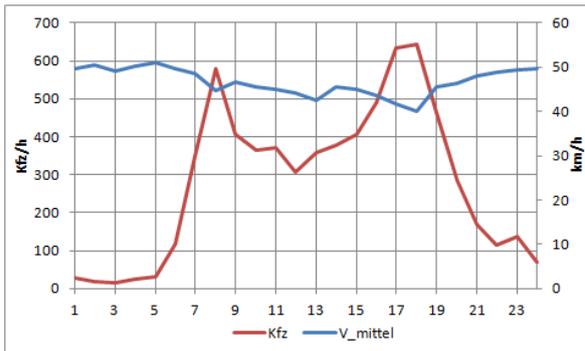


Messstelle 13: Schömburg, Rottweiler Straße; 13. Nov. 2014

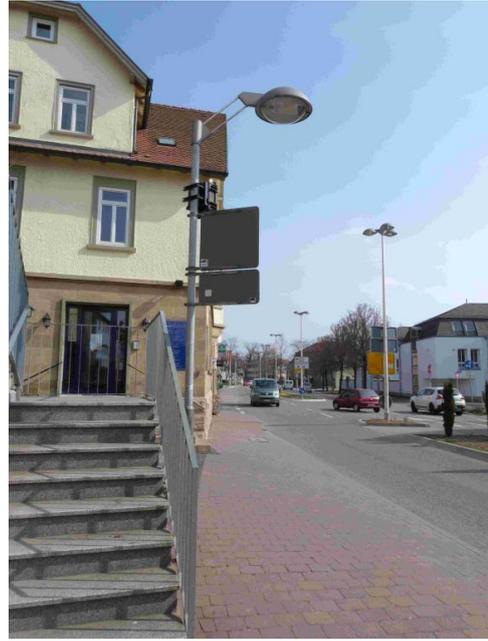


Richtung Nordwest

Richtung Südost

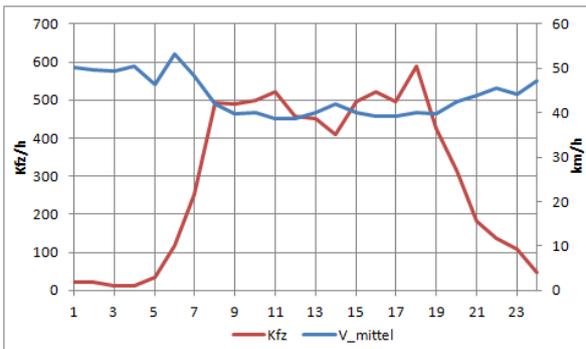
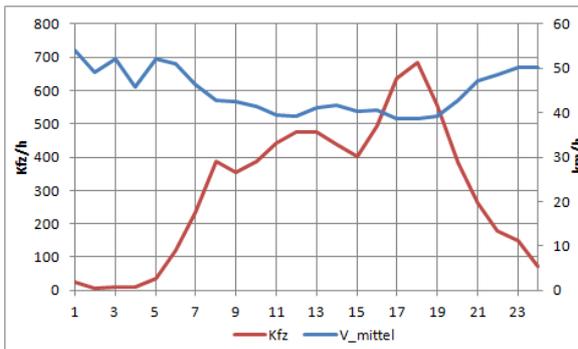


Messtelle 14: Öhringen, Schillerstraße; 25. März 2015



Richtung Ost

Richtung West



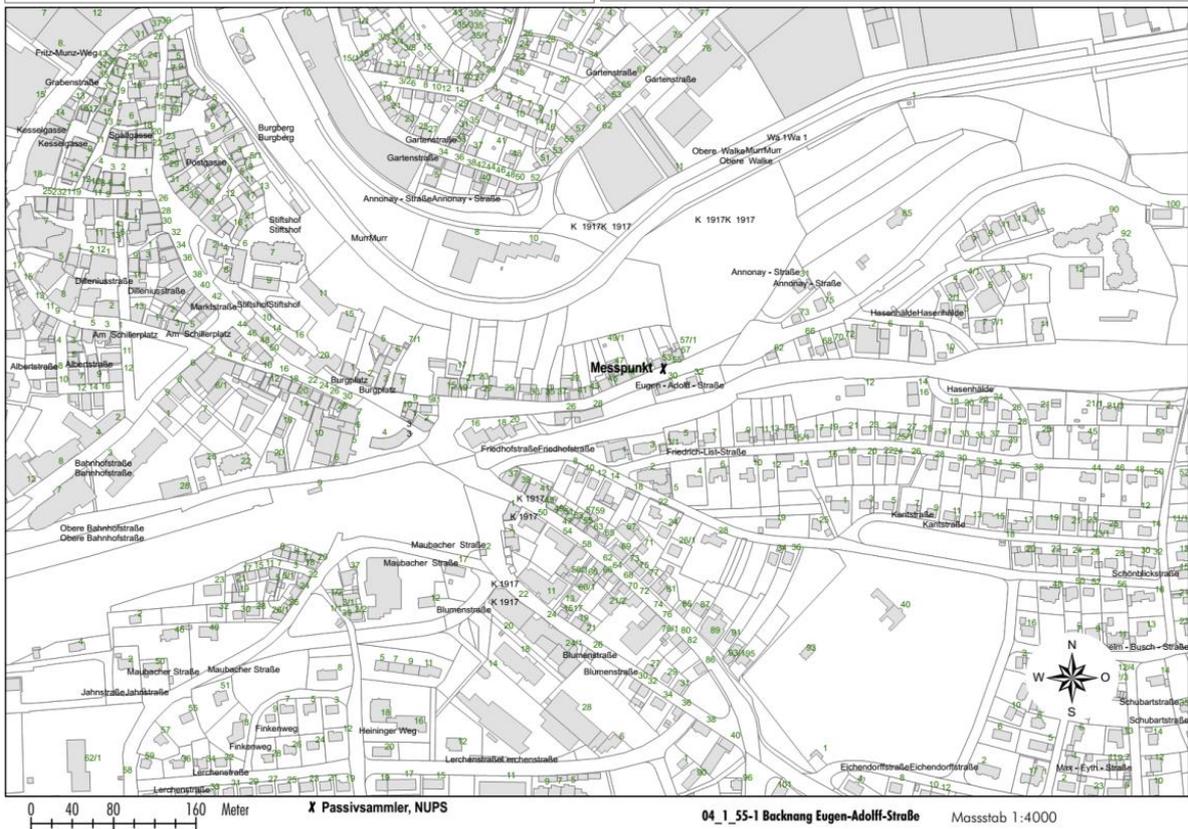
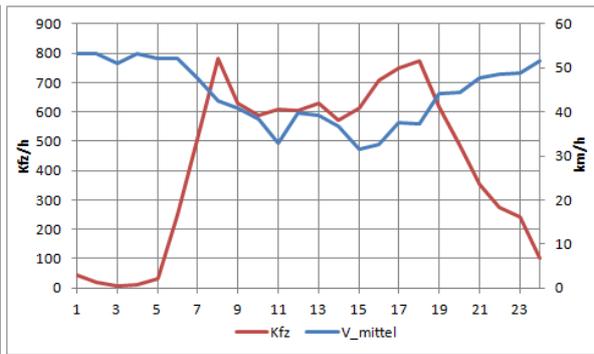
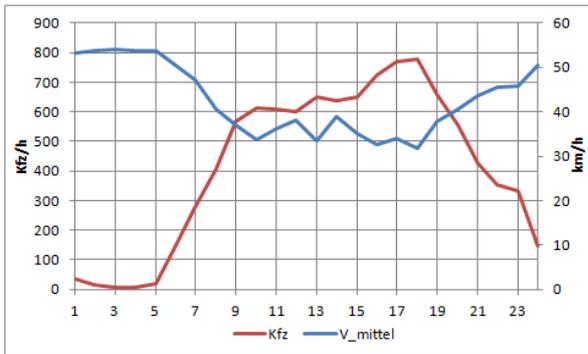
Messstelle 18: Backnang, Eugen-Adolf-Strasse; 12. Nov. 2014



Richtung West



Richtung Ost

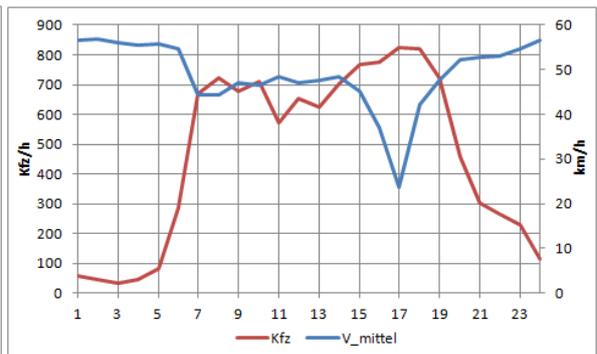
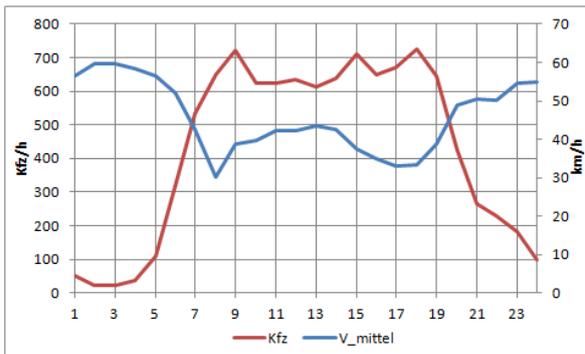


Messstelle 19: Haslach im Kinzigtal, Schwarzwaldstraße; 13. Nov. 2014



Richtung Ost

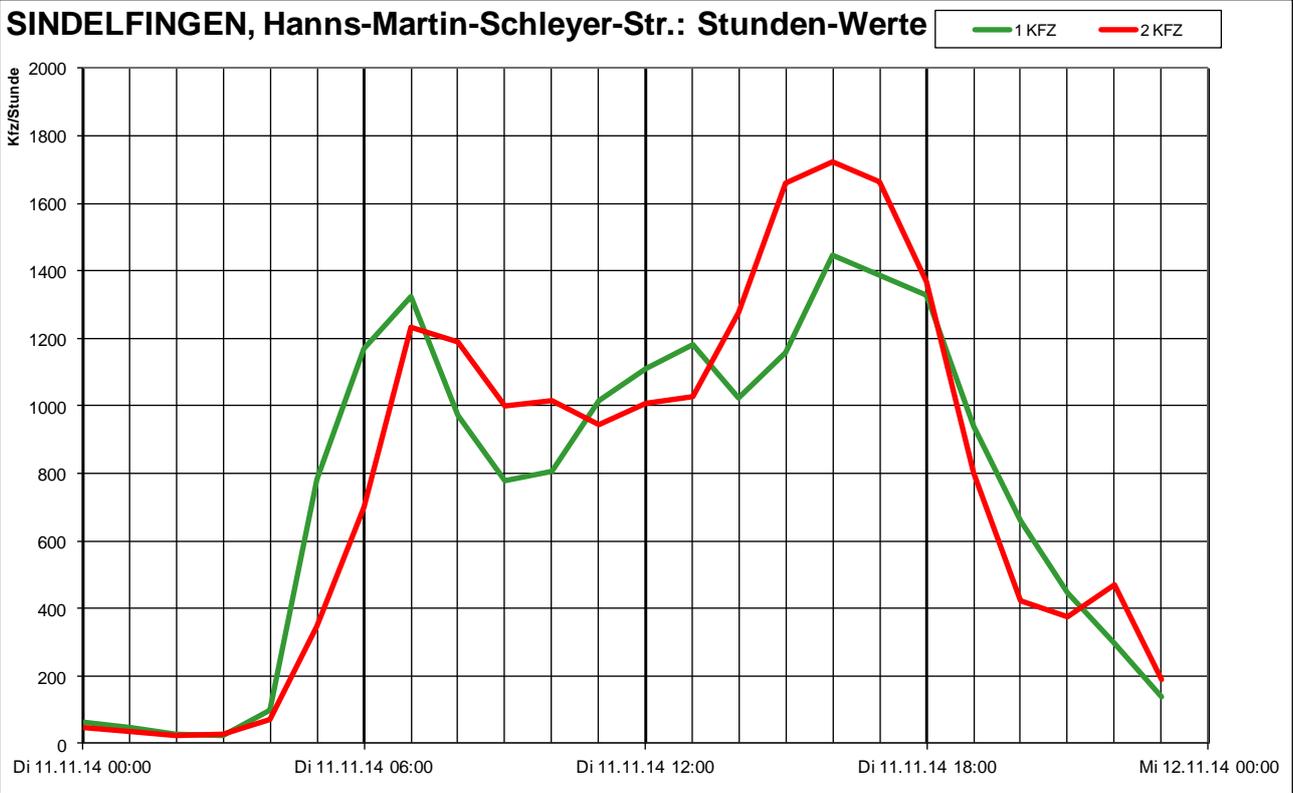
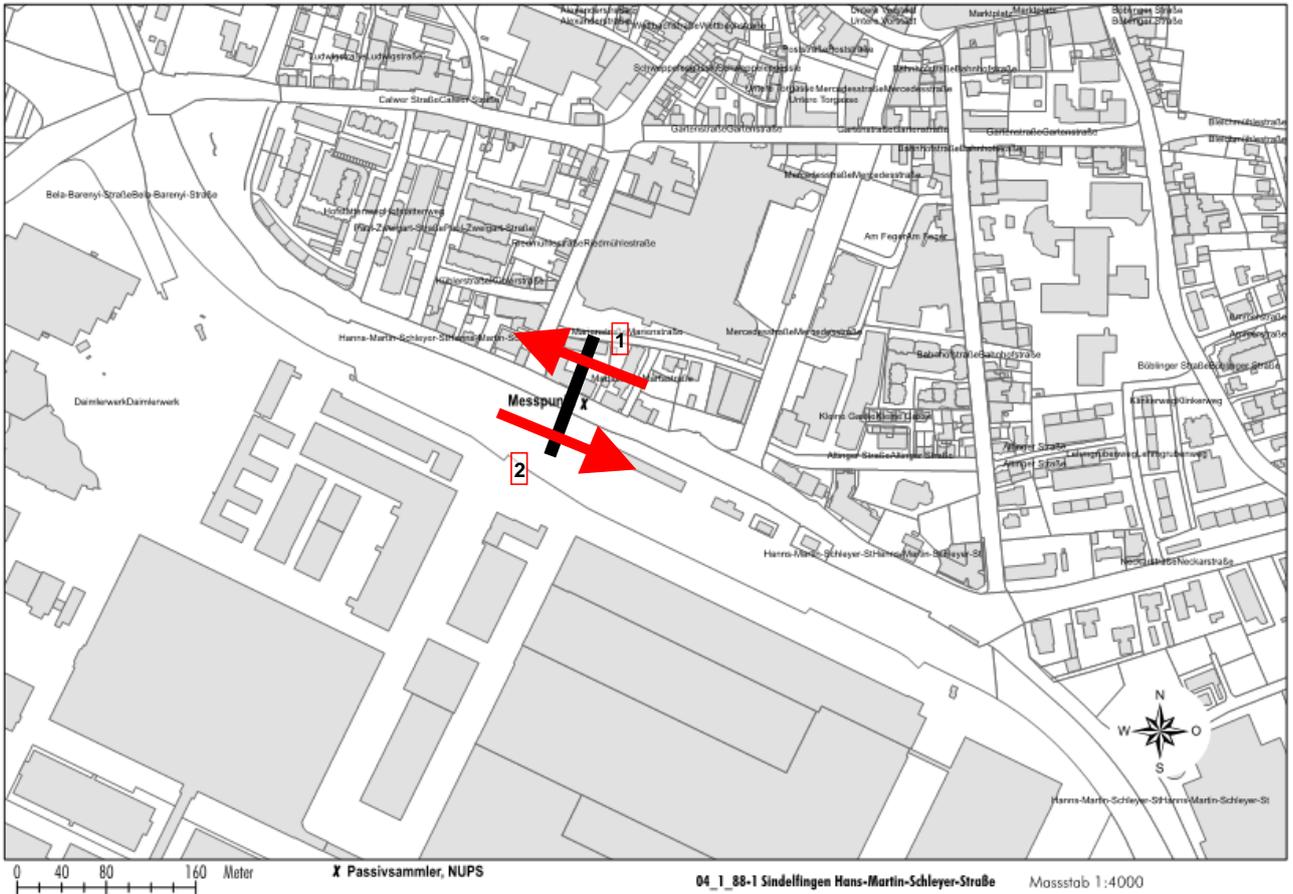
Richtung West



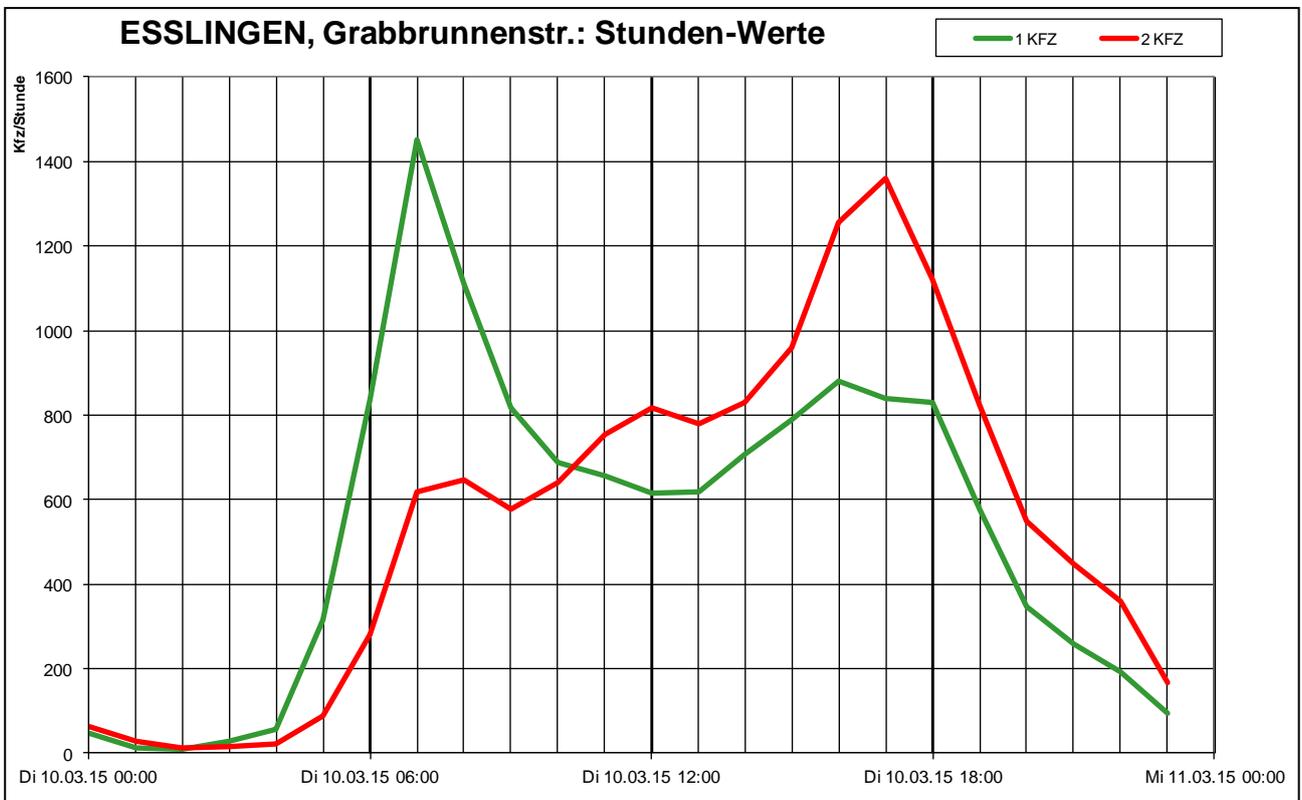
ANHANG 1.2:

Ergebnisse der Verkehrszählungen mit Videoerfassung

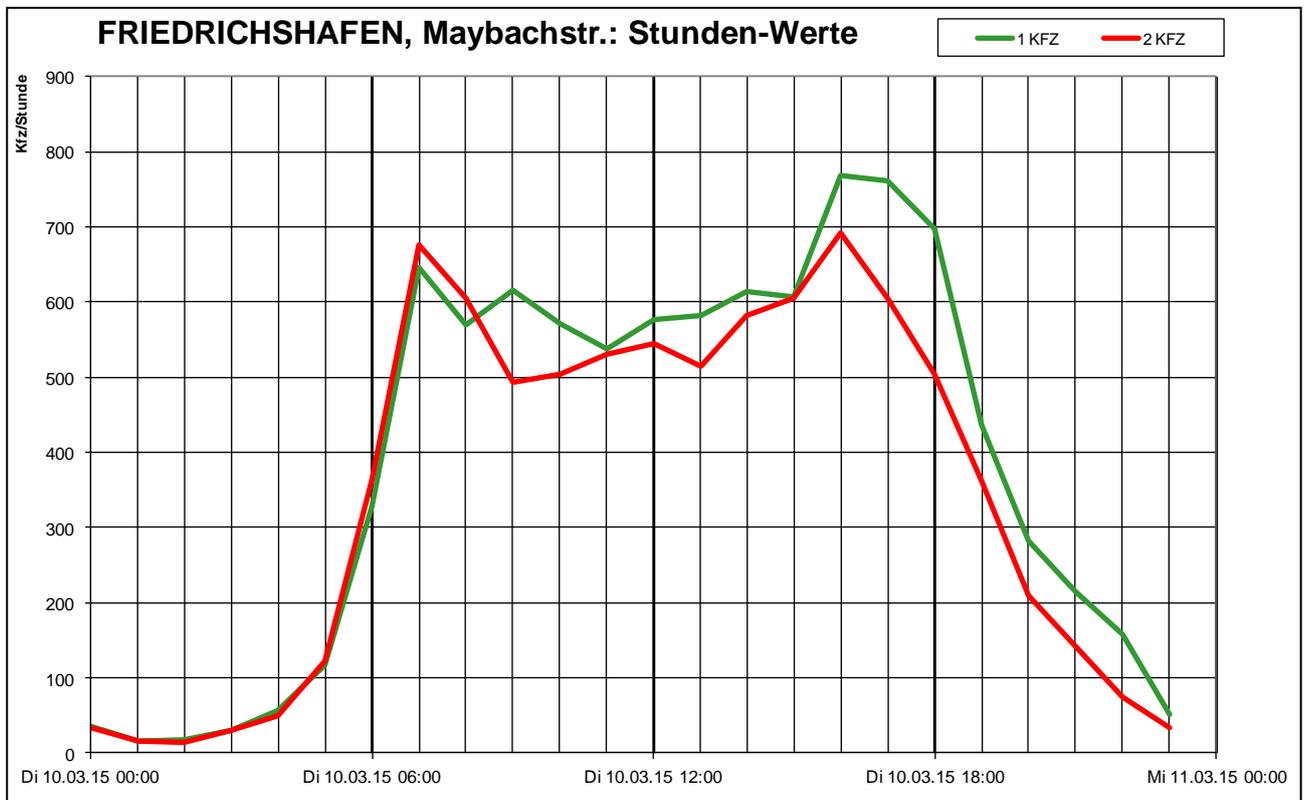
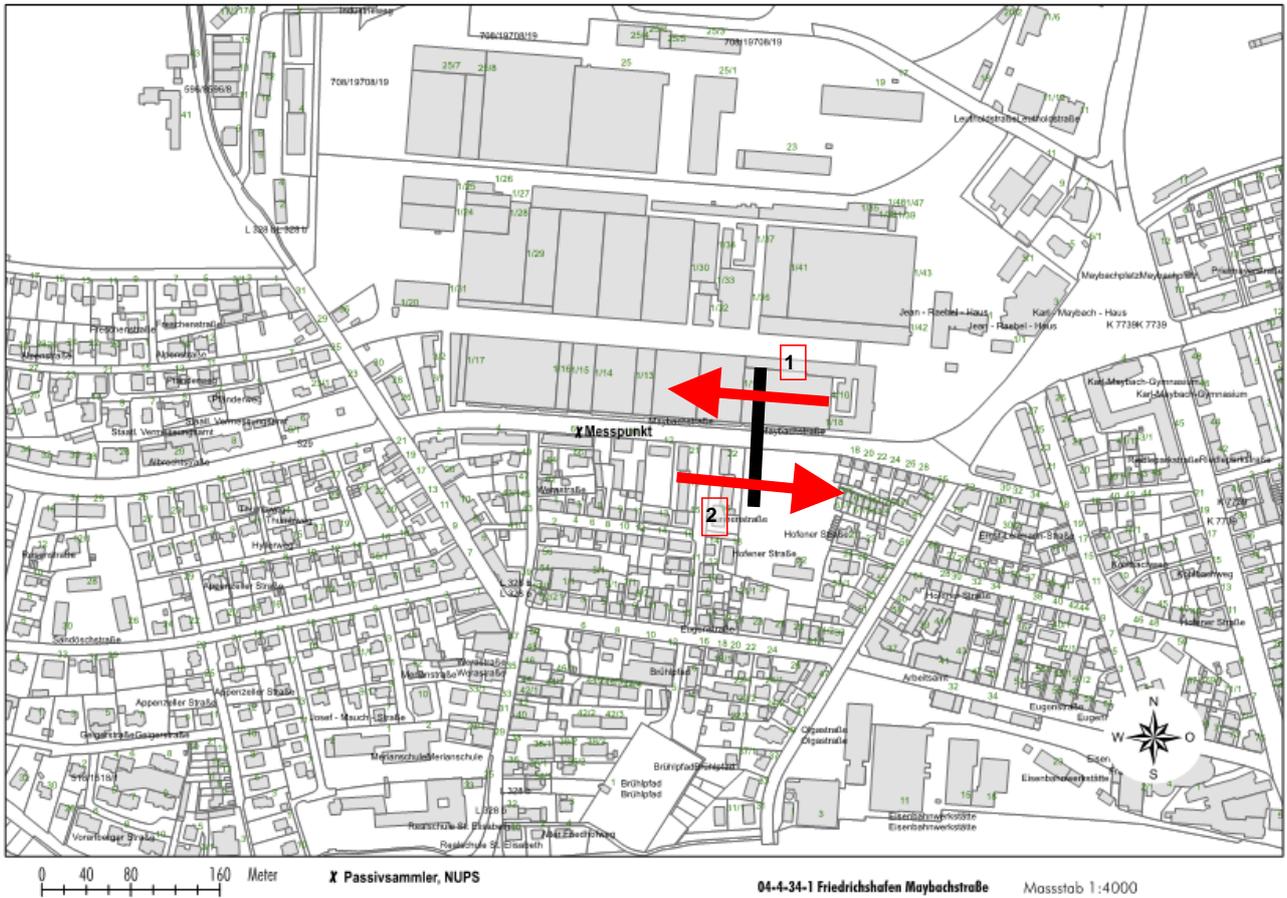
Messtelle 3: Sindelfingen, Hans-Martin-Schleyer-Straße; 11. Nov. 2014



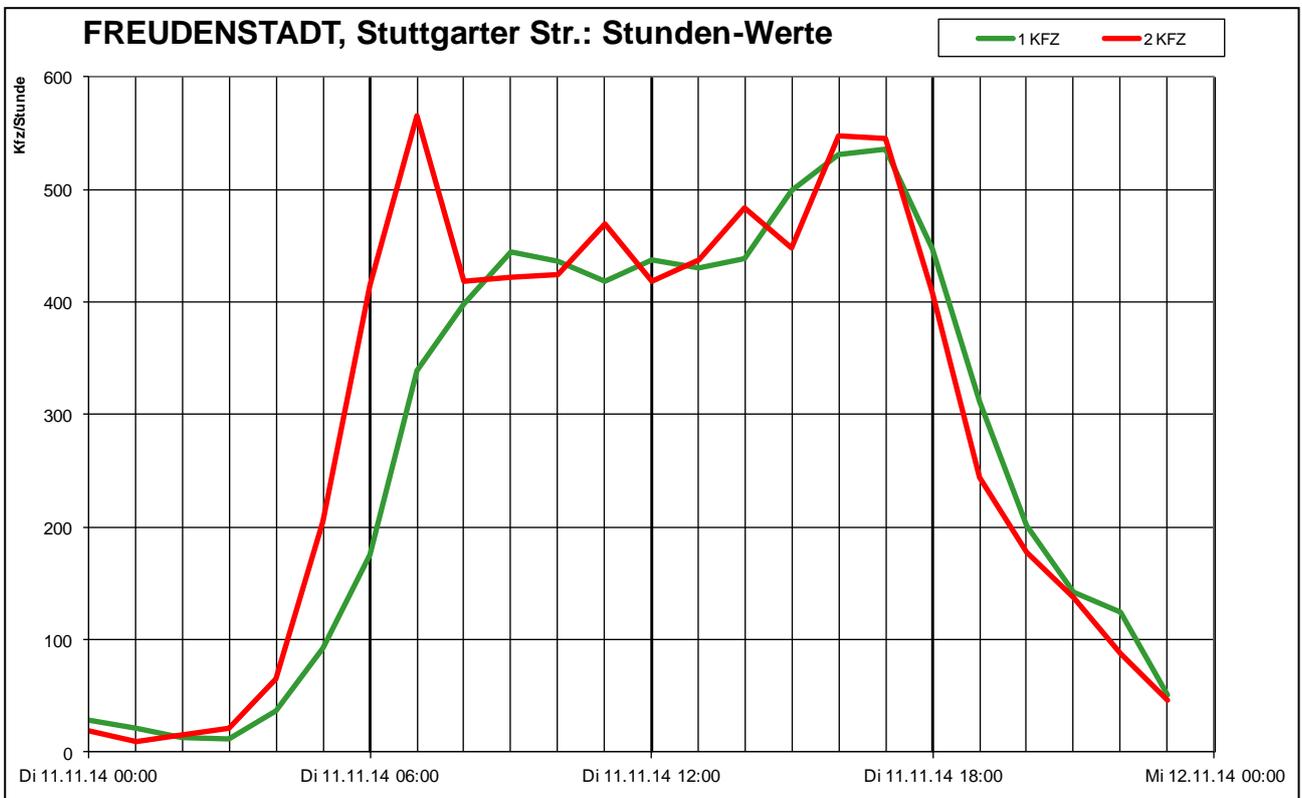
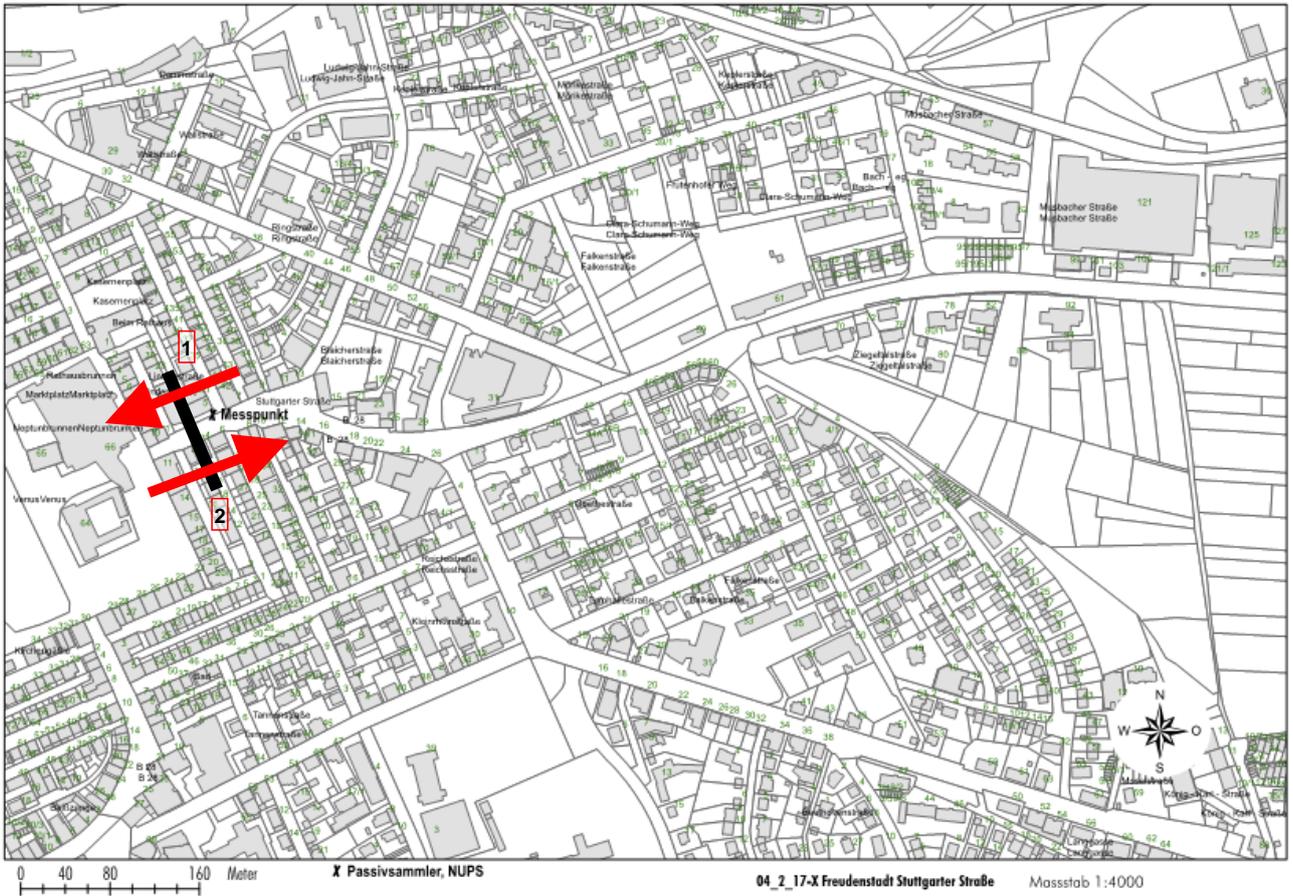
Messtelle 6: Esslingen am Neckar, Grabbrunnenstraße; 10. März 2015



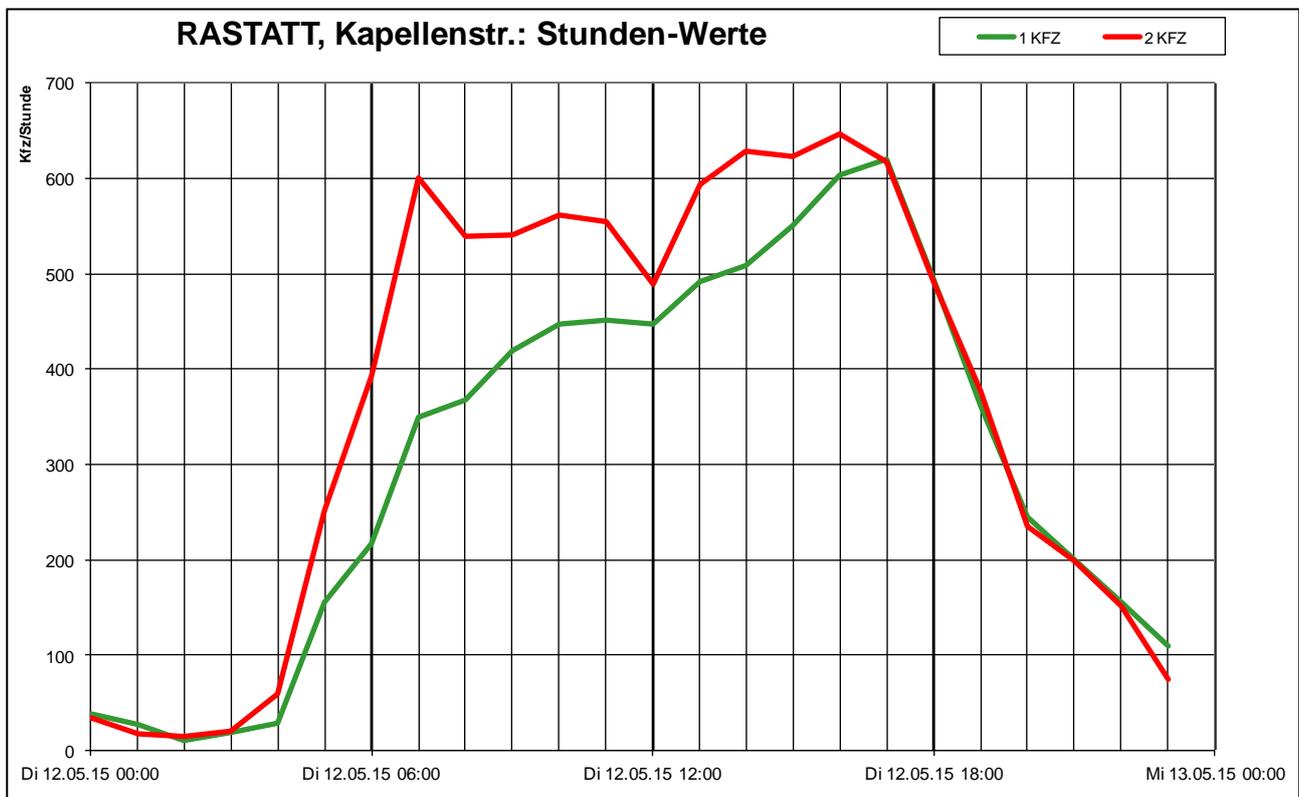
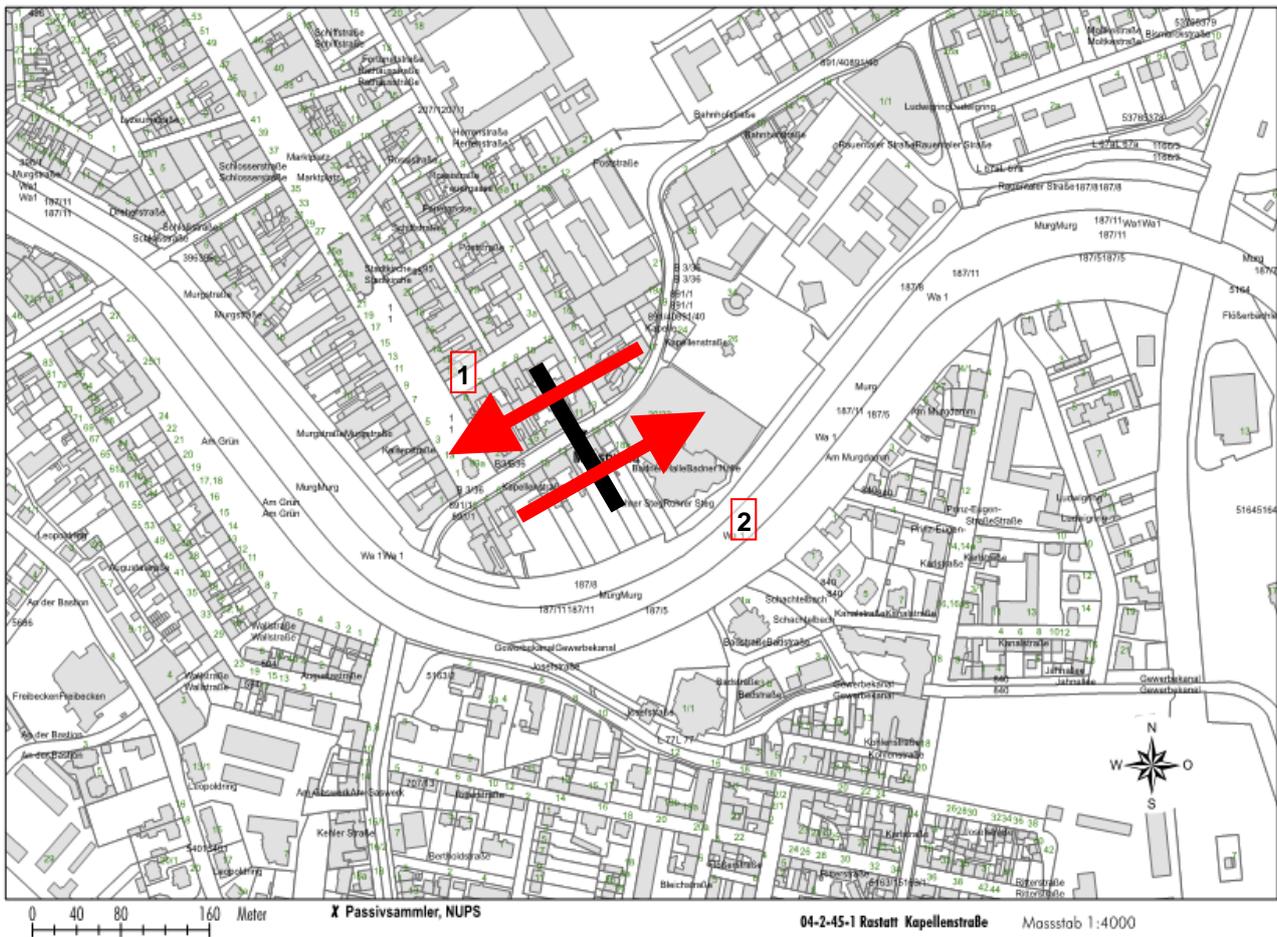
Messtelle 10: Friedrichshafen, Maybachstraße; 10. März 2015



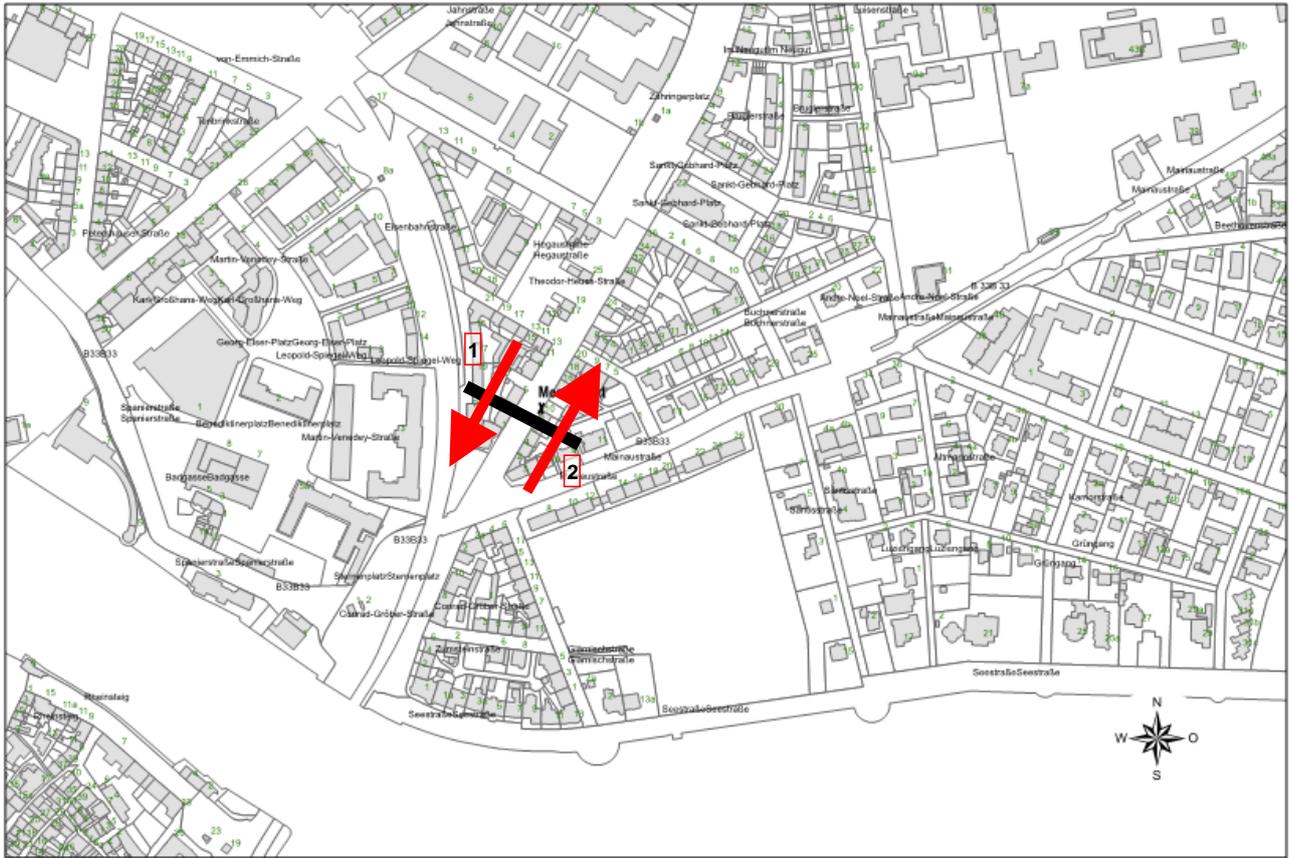
Messtelle 12: Freudenstadt, Stuttgarter Straße; 11. Nov. 2014



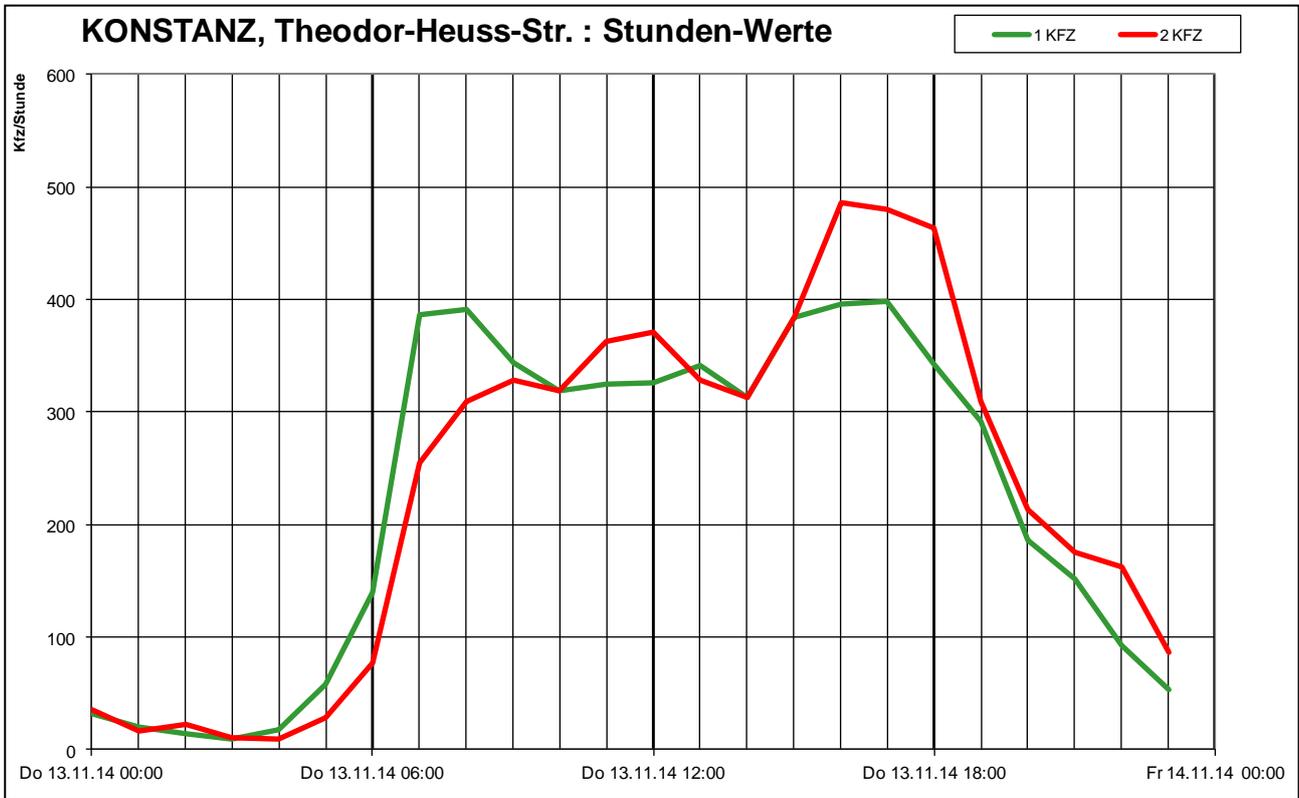
Messtelle 16: Rastatt, Kapellenstraße; 12. Mai 2015



Messtelle 17: Konstanz, Theodor-Heuss-Straße; 13. Nov. 2014



0 45 90 180 Meter **X** Passivsammler, NUPS **04_3_30-1 Konstanz Theodor-Heuss-Straße** Masstab 1:4000



Messtelle 20: Ravensburg, Schussenstraße; 13. Nov. 2014



Ravensburg Schussenstraße 5 Masstab 1:4000

