MÜLLER-BBM

Müller-BBM GmbH
Niederlassung Stuttgart
Carl-Zeiss-Str. 25
72770 Reutlingen

Telefon +49 (7121) 90921-0
Telefax +49 (7121) 90921-11

www.MuellerBBM.de

Dipl.-Ing. (FH) Jochen Eder
Telefon +49 (7121) 90921-24
Jochen.Eder@MuellerBBM.de

27. Februar 2012
M85 697/2 edr/gtd

Gemeindeverband Mittleres Schussental

Durchführung von Immissionsmessungen im Mittleren Schussental

Bericht Nr. M85 697/2

Auftraggeber:	Gemeideverband Mittleres Schussental Marienplatz 26 88212 Ravensburg
Bearbeitet von:	Dipl.-Ing. (FH) Jochen Eder Dr. Alexander Ropertz
	in Kooperation mit:
	Steinbeis Transferzentrum Automotive Systems Prof. Dr. rer. nat. Speckle
Berichtsumfang:	Insgesamt 36 Seiten, davon 25 Seiten Textteil und 11 Seiten Anhang.

Zertifiziertes Qualitätsmanagementsystem nach ISO 9001
Akkreditiertes Prüflaboratorium nach ISO/IEC 17025

Müller-BBM GmbH
Niederlassung Stuttgart, HRB München 86143

Geschäftsführer: Horst Christian Gass,
Dr. Carl-Christian Hantschk, Stefan Schierer,
Dr. Edwin Schorer, Norbert Suritsch

Inhaltsverzeichnis

1	**Situation und Aufgabenstellung**	**3**
2	**Örtliche Situation**	**4**
2.1	Standort und Topographie	4
2.2	Meteorologische Situation	5
3	**Ermittlung der Messorte**	**9**
3.1	Zielsetzung und Methodik	9
3.2	Festlegung der Messorte	9
3.3	Messumfang	10
3.4	Messzeitraum	10
4	**Messverfahren**	**11**
4.1	Partikel PM_{10}	11
4.2	Stickstoffdioxid NO_2	12
4.3	Qualitätsmanagement, Akkreditierungen, qualitätssichernde Maßnahmen	14
5	**Ergebnisse der Messungen und Bewertung**	**15**
5.1	Partikel PM_{10} (Konzentration)	15
5.2	Stickstoffdioxid NO_2 (Konzentration)	19
6	**Zusammenfassung**	**22**
7	**Grundlagen und Literatur**	**24**
Anhang 1	**Fotografische Dokumentation der Messorte**	**1**
Anhang 2	**Zeitlicher Verlauf der PM_{10}-Konzentrationen**	**1**
Anhang 3	**Messwerte PM_{10}-Konzentration**	**1**
Anhang 4	**Messreihen zum Vergleich**	**1**

\\S-STR-FS01\PRJPERSONEN\EDR\M85697\M85697_02_Ber_6D.DOC

1 Situation und Aufgabenstellung

In den Jahren 1987/1988 und 1997/1998 wurden umfassende Immissionsmessungen im Raum Ravensburg durchgeführt, in deren Rahmen unter anderem auch eine stationäre Luftmessstation in Ravensburg betrieben wurde. Im Jahr 2003 wurde diese mit der Begründung „ es liege eine stabile und normale Datenlage vor..", abgebaut. Im Jahr 2006 wurden in Baienfurt Spotmessungen bezüglich der Parameter Feinstaub PM_{10} und Ruß durchgeführt. Das Ergebnis dieser Messungen war unerwartet hoch.

Um aktuelle Erkenntnisse über die Immissionssituation im Bereich Mittleres Schussental zu erhalten, sollten erneute Messungen für die Dauer von einem Jahr durchgeführt werden.

Als Arbeitsgruppe für die Untersuchung wurde Prof. Dr. rer. nat. Schwab (Pädagogische Hochschule Weingarten) und Prof. Dr. rer. nat. Speckle (Steinbeis Transfer Zentrum für Automotive Systems an der Hochschule Ravensburg-Weingarten) aufgrund ihrer regionalen und lokalen Kenntnisse ausgewählt.

Stufe 1 dieser Untersuchung waren meteorologische und klimatologische Messungen, welche von Prof. Dr. rer. nat. Schwab durchgeführt wurden. Die Erkenntnisse dieser Untersuchung dienen unter anderem zur Festlegung der 6 Standorte für die durchgeführten Luftschadstoffmessungen. Ergänzend wurden wichtige Erkenntnisse über das Mikroklima sowie die vorhandene Kaltluftdynamik gewonnen.

In der Stufe 2 sollten Luftschadstoffmessungen von Partikel PM_{10} sowie Stickstoffdioxid (NO_2) realisiert werden, welche von Prof. Dr. rer. nat. Speckle organisiert und durchgeführt wurden. Aufgrund des Umfangs dieser Messung erfolgte die Durchführung in Kooperation mit der Müller-BBM GmbH.

Im vorliegenden Messbericht werden die Beschreibung der örtlichen Situation, die Darstellung der Messumfänge und Messorte, die eingesetzten Messverfahren sowie die Messergebnisse dieser Messungen und deren Bewertung für den 12-monatigen Gesamtmesszeitraum vom 01.08.2010 bis zum 30.07.2011 detailliert dargestellt.

\\S-STR-FS01\PRJPERSON\EDR\85\85697\M85697_02_Ber_6D.DOC

2 Örtliche Situation

2.1 Standort und Topographie

Der Gemeindeverwaltungsverband Mittleres Schussental (auch Gemeindeverband Mittleres Schussental) mit Sitz in Ravensburg, umfasst Städte und Gemeinden im Ballungsraum Mittleres Schussental in Oberschwaben mit zusammen über 90.000 Einwohnern.

Mitglieder sind die Großen Kreisstädte Ravensburg und Weingarten (Württemberg) sowie die kreisangehörigen Gemeinden Berg, Baienfurt und Baindt. Die Gemeinden liegen an der Schussen entlang am Fuß des Allgäus.

Die fünf aneinander grenzenden Gemeinden befinden sich ca. 20 km nördlich des Bodensees. Mit einer flächenhaften Ausdehnung von 172 km² zählt der Gemeindeverband zum Regierungsbezirk Tübingen. Die Höhe der fünf Gemeinden über dem Meeresspiegel beträgt zwischen 450 und 515 Metern.

Die räumliche Lage und Umgebung der Gemeinden ist in der folgenden Abbildung 1 dargestellt.

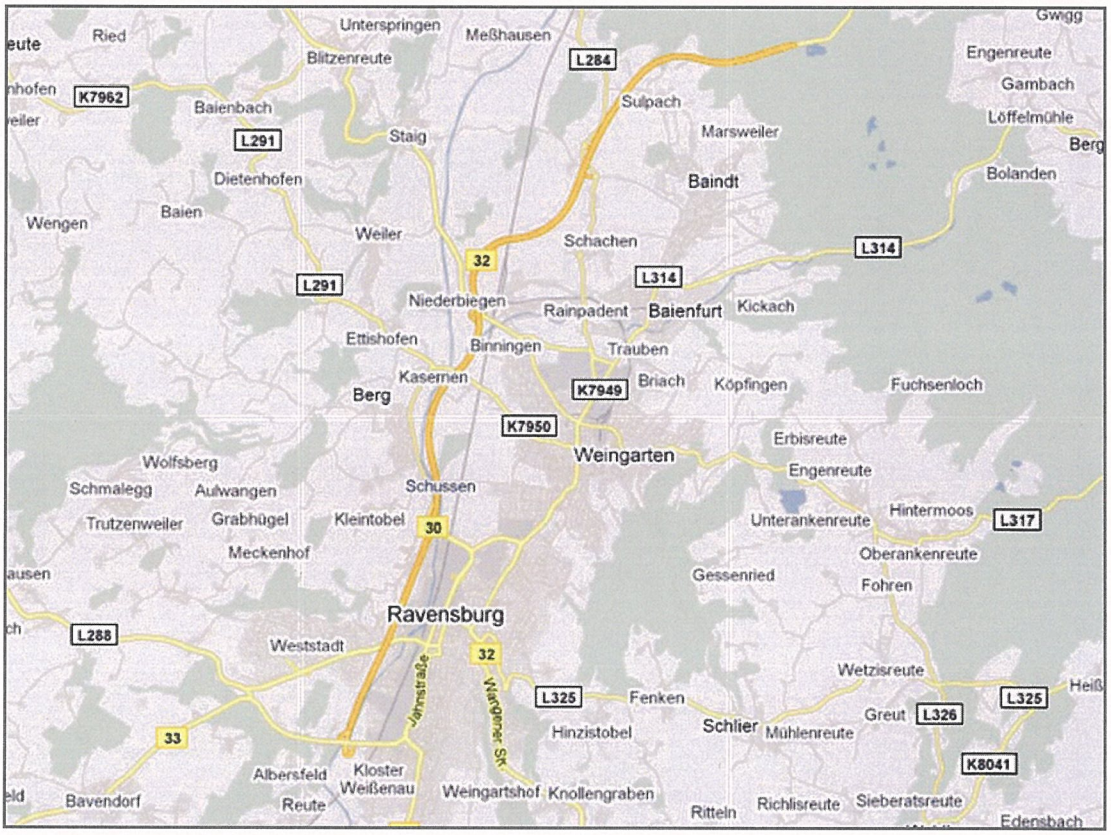

Abbildung 1 Räumliche Lage und Umgebung des Gemeindeverbands Mittleres Schussental.

\\S-STR-FS01\PRJPERSONEDR\85\85697\M85697_02_Ber_6D.DOC

2.2 Meteorologische Situation

Das Klima der Region Bodensee-Oberschwaben wird durch die Lage im Bereich der Westwindzone bestimmt. Ozeanische und kontinentale Einflüsse wechseln sich ab und gestalten das Witterungsgeschehen sehr vielfältig. Niederschläge fallen in jedem Monat. Die Jahresniederschlagsmengen variieren zwischen ca. 700 mm entlang der Donau und bis über 1.500 mm im Allgäu. Die starke Zunahme der Niederschläge mit zunehmender Alpennähe geht auf Steigungsregeneffekte im Stau der Alpen zurück.

Bei den Temperaturen und Windverhältnissen zeigen sich sehr kleinräumige Unterschiede. Sie sind auf die unterschiedliche Wirkung von Höhenlage, Relief und Bodenbedeckung zurückzuführen [16].

In der Region Oberschwaben sind Inversionswetterlagen in Verbindung mit schlechten Durchlüftungsverhältnissen in Teilen des Schussenbeckens zu beobachten [16].

Die folgenden Abbildungen 2 und 3 zeigen die berechneten, synthetischen Windrichtungshäufigkeitsverteilungen in der Region Oberschwaben (Abb. 2) sowie bereits gemessene Verteilungen in Ravensburg (Abb. 3).

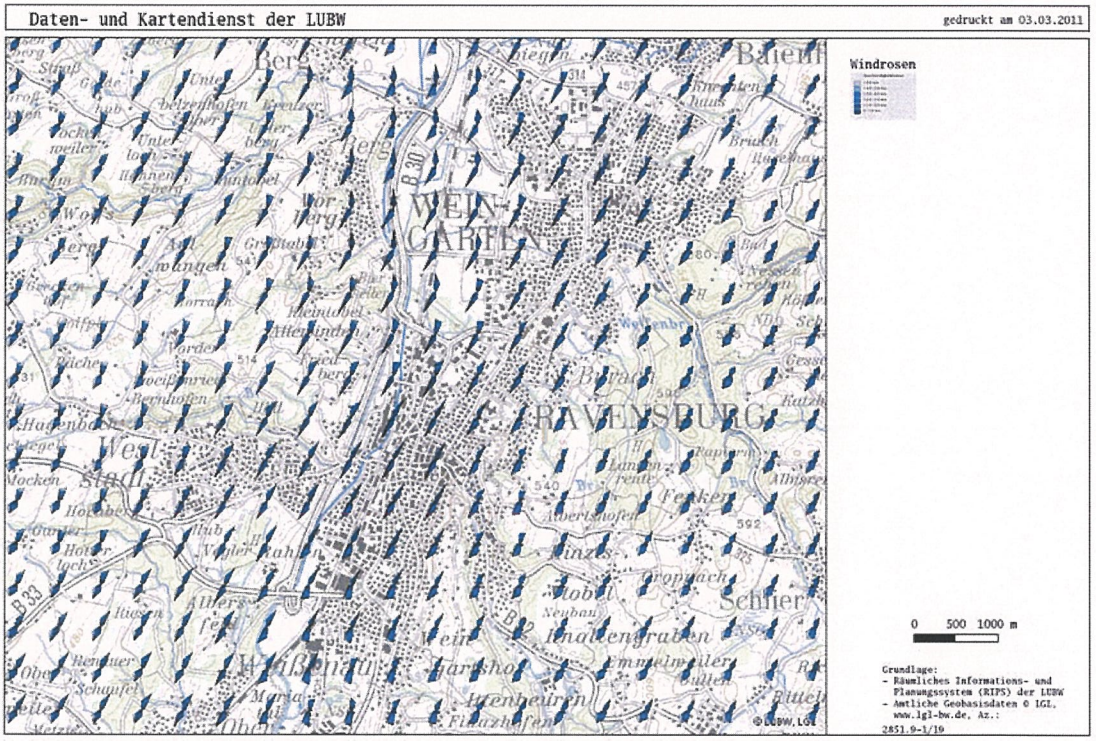

Abbildung 2 Synthetische Windrosen in der Region Oberschwaben [17].

\\S-STR-FS01\PRJPERSON\EDR\85\85697\M85697_02_Ber_6D.DOC

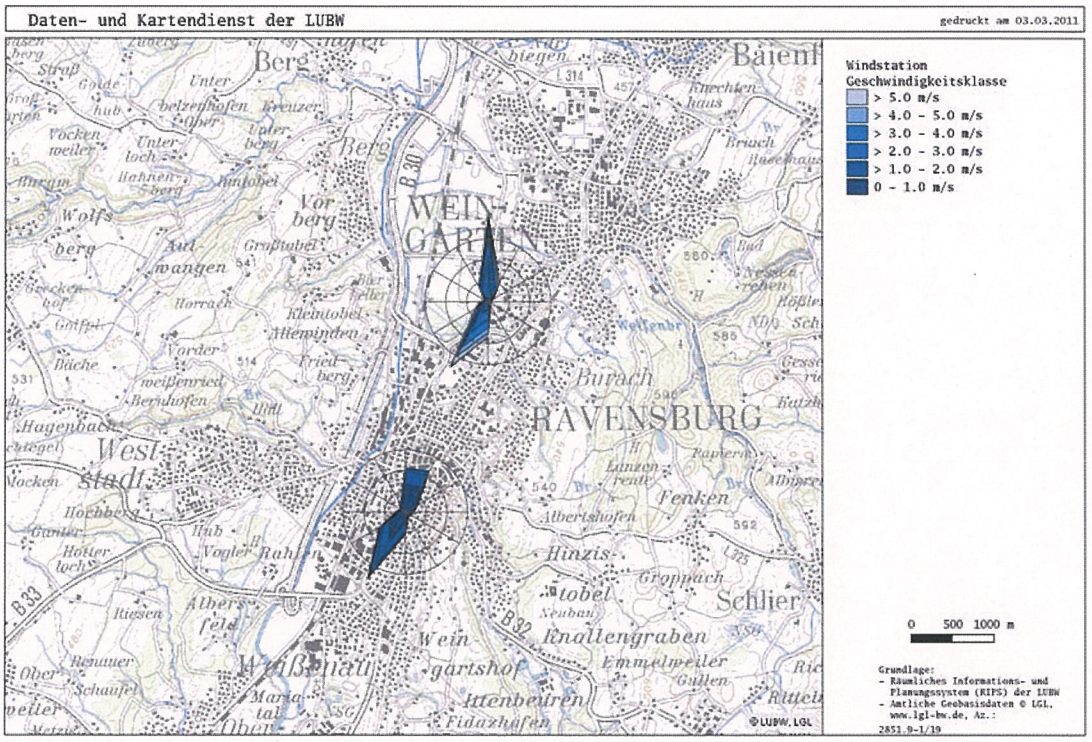

Abbildung 3 Gemessene Windrosen in Ravensburg / Region Oberschwaben [17].

Ergänzend hierzu wurden die folgenden meteorologischen und klimatologischen Informationen speziell für den Bereich des Mittleren Schussentals im Vorfeld der Immissionsmessung durch Untersuchungen von Prof. Dr. rer. nat. Schwab der Pädagogischen Hochschule Weingarten abgeleitet [16]:

- Nächtliche Hangabwinde rings um das Siedlungsgebiet haben nur eine geringe Reichweite in den Siedlungskörper hinein.
- Aus den kleinen Tälern rings um das Schussenbecken sind nächtliche Talabwinde deutlich nachweisbar.
- Vor allem im Bereich von Engstellen kommt es bei nächtlichen Talabwinden zu beträchtlichen Windgeschwindigkeiten (Düseneffekte).
- Die nächtlichen Talabwinde haben eine deutlich größere Reichweite als die nächtlichen Hangabwinde; aufgrund ihrer größeren vertikalen Mächtigkeit kommt es zu Überströmeffekten.
- Mit zeitlicher Verzögerung setzt im Schussenbecken im Laufe der Nacht eine Nordkomponente der Luftbewegungen ein, die als Talabwind gedeutet werden kann.
- In den Siedlungsbereichen kommt es zur Verzahnung der Talabwinde aus den Tobeln und dieser nach Süden gerichteten Strömung.

\\S-STR-FS01\PRJPERSONNEDR\85\85697\M85697_02_Ber_6D.DOC

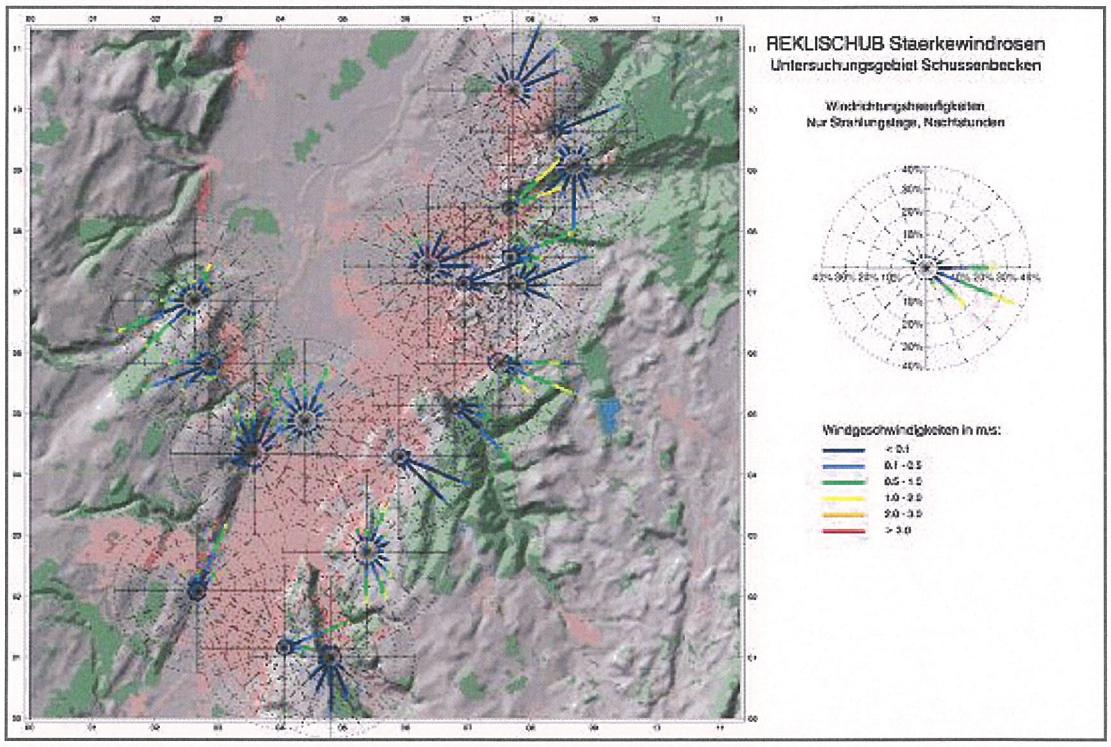

Abbildung 4 Windrichtungshäufigkeitsverteilung, Strahlungstage, Nachtstunden [16].

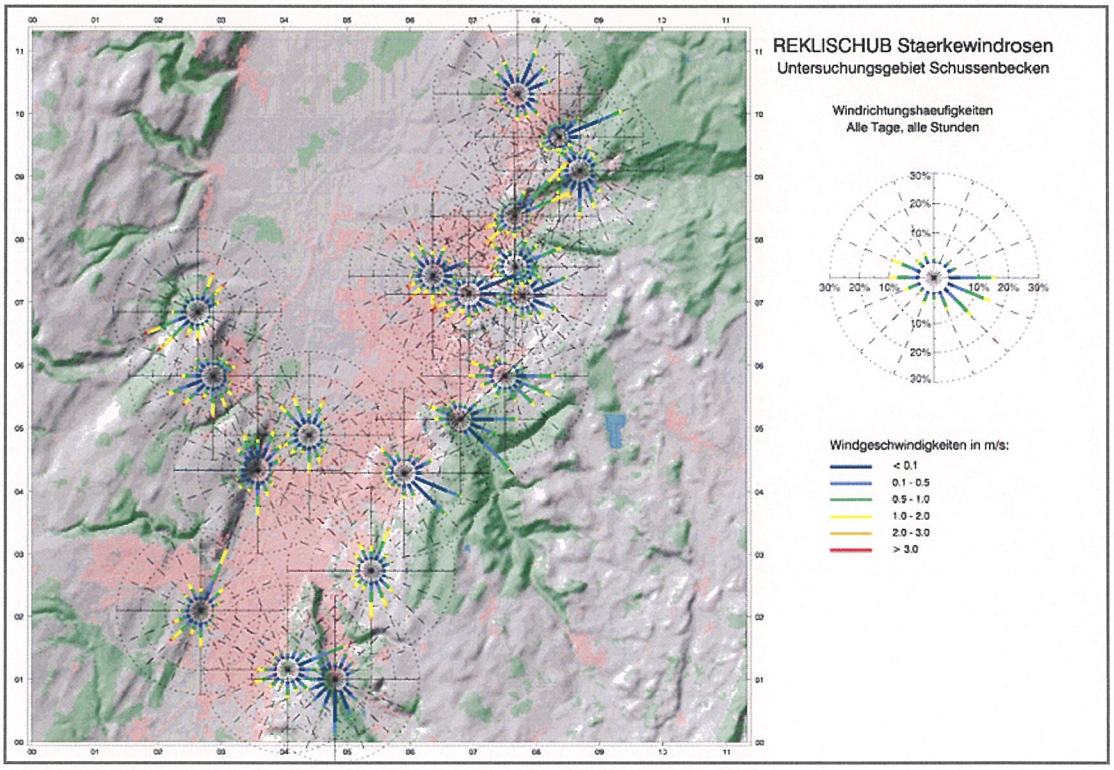

Abbildung 5 Windrichtungshäufigkeitsverteilung, alle Tage, alle Stunden [16].

\\S-STR-FS01\PRJPERSONIEDR\85\85697\M85697_02_Ber_6D.DOC

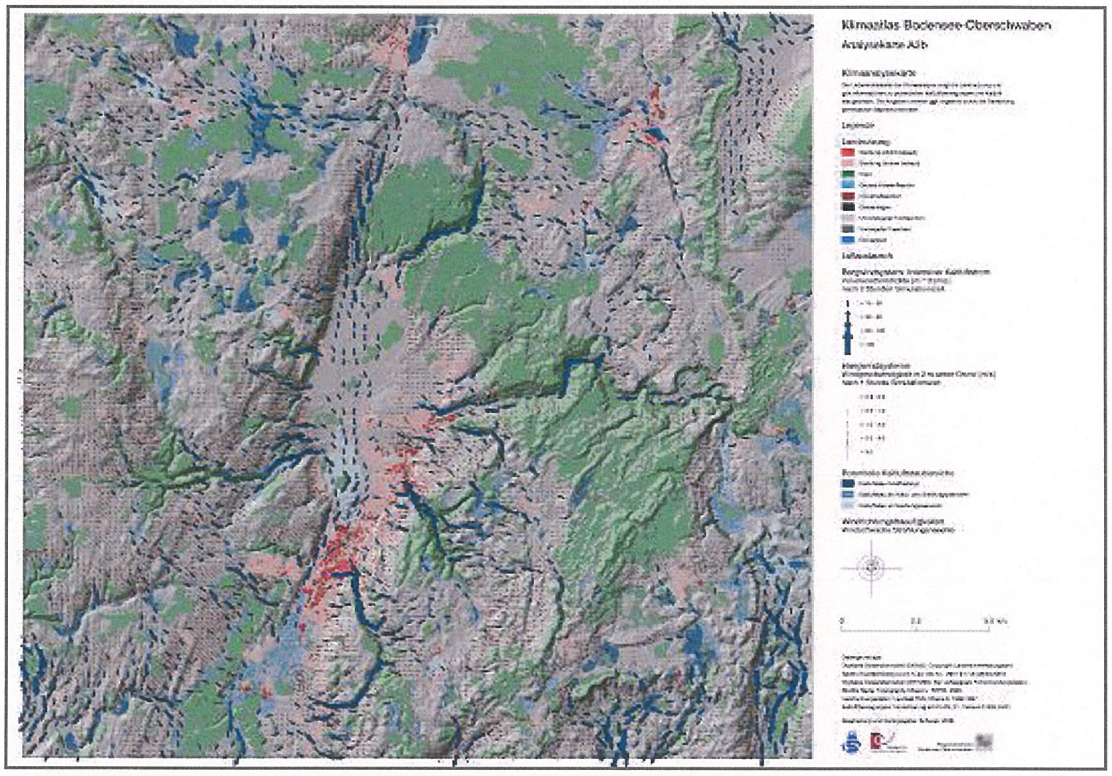

Abbildung 6 Auszug Klimafibel Bodensee-Oberschwaben [16].

\\S-STR-FS01\PRJPERSONEDR\85\85697\M85697_02_Ber_6D.DOC

3 Ermittlung der Messorte

3.1 Zielsetzung und Methodik

Die Immissionsmessungen im Mittleren Schussental sollen den aktuellen Status der Luftqualität im Hinblick auf die Schadstoffkomponenten Feinstaub (PM_{10}) und Stickstoffdioxid (NO_2) beschreiben. Die Messungen sollen des Weiteren Aufschluss über vorhandene Belastungsschwerpunkte sowie die regionale Hintergrundbelastung ermöglichen.

Die Festlegung der Beurteilungspunkte im Hinblick auf die maximale Gesamtbelastung erfolgte durch eine Bewertung des Verkehrsaufkommens sowie der meteorologischen Randbedingungen.

3.2 Festlegung der Messorte

Die Festlegung der Messorte erfolgte in Anlehnung an die in Abschnitt 3.1 dargestellten Zielsetzungen sowie die in Abschnitt 2.2 dargestellten meteorologischen Randbedingungen. Die konkrete und exakte Festlegung der Messorte erfolgt während eines Ortstermins, unter Beteiligung von Vertretern des Gemeindeverbandes Mittleres Schussental, Prof. Dr. rer. nat. Speckle sowie Müller-BBM unter Berücksichtigung der Verfügbarkeit geeigneter Messorte im Hinblick auf die lokalen Anströmungsbedingungen sowie die Verfügbarkeit einer Spannungsversorgung.

Als konkrete Messorte wurden gemäß Messplan festgelegt:

MP-Nr.	Bezeichnung	Adresse		Koordinaten
MP 1	Ravensburg Frauentor	Schussenstraße 88212 Ravensburg	Rechtswert Hochwert	27 70 772 53 00 249
MP 2	Ravensburg Kaufland	Jahnstaße 88214 Ravensburg	Rechtswert Hochwert	27 70 090 52 98 349
MP 3	Weingarten Polizeirevier	Waldseer Straße 88250 Weingarten	Rechtswert Hochwert	27 72 368 53 03 252
MP 4	Baienfurt Hallenbad	Waldseer Straße 88255 Baienfurt	Rechtswert Hochwert	35 48 781 52 98 927
MP 5	Baindt Bauhof	Ziegeleistraße 88255 Baindt	Rechtswert Hochwert	27 73 787 53 06 656
MP 6	Atzenhofen Hochbehälter	Atzenhofen 88276 Berg	Rechtswert Hochwert	26 67 238 53 05 867

\\S-STR-FS01\PRJPERSON\EDR\85\85697\M85697_02_Ber_6D.DOC

Die folgende Abbildung 7 zeigt die räumliche Lage der Messpunkte MP 1 bis MP 6.

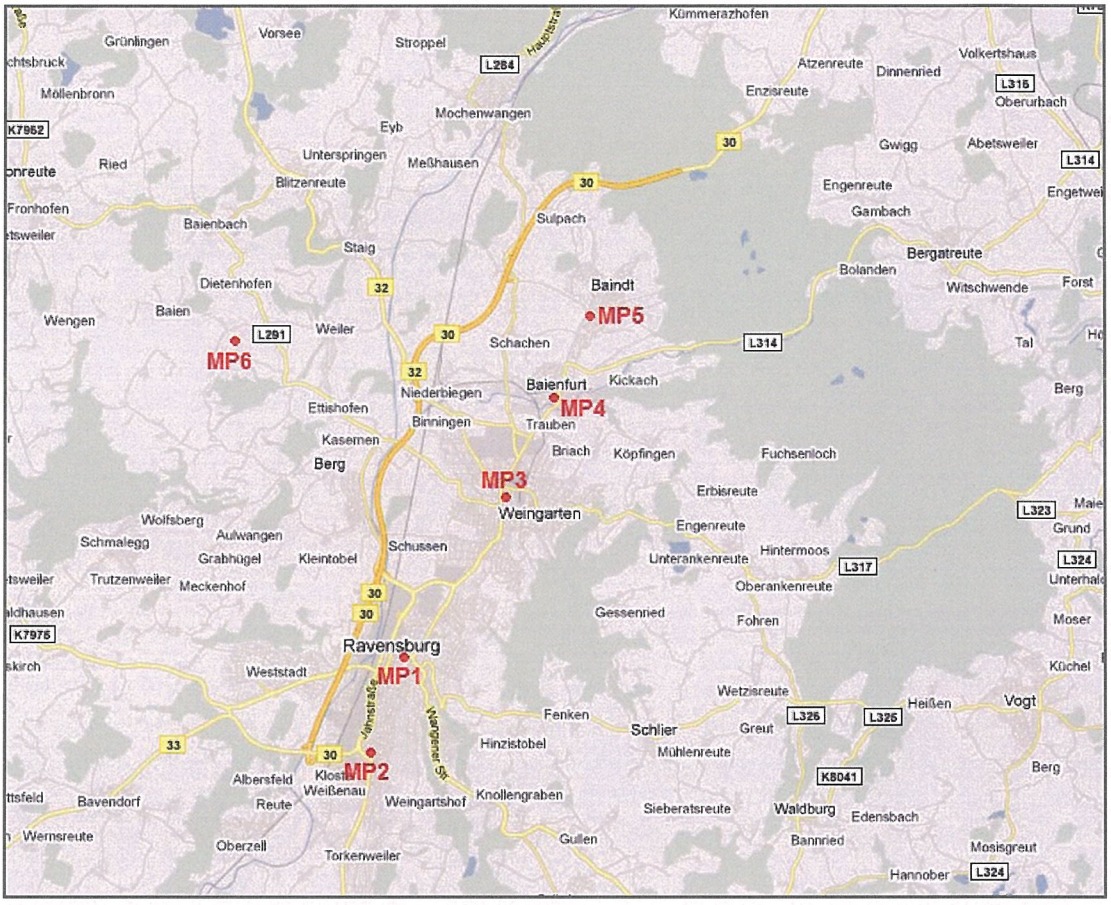

Abbildung 7 Räumliche Lage der Messpunkte MP 1 bis MP 6.

3.3 Messumfang

An den in den Abschnitten 3.1 bis 3.2 ermittelten und festgelegten Messorten MP 1 bis MP 6 wurden die folgenden Komponenten messtechnisch bestimmt:

Tabelle 1 Messumfang an den Messpunkten MP 1 bis MP 6.

Nr.	Schadstoffe / Komponenten	Zeitliche Auflösung
1	Partikel PM_{10}	Tageswerte
2	Stickstoffdioxid (NO_2)	Monatswerte

3.4 Messzeitraum

Die unter 3.3 genannten Messumfänge an den Messpunkten MP 1 bis MP 6 wurden über einen Zeitraum von 1 Jahr erfasst. Mit den Immissionsmessungen an den Messpunkten MP 1 bis MP 6 wurde am 1. August 2010 begonnen. Die Messungen wurden über den Gesamtmesszeitraum vom 01.08.2010 bis zum 29.07.2011 durchgeführt.

\\S-STR-FS01\PRJPERSONEN\EDR\M85697\M85697_02_Ber_6D.DOC

4 Messverfahren

4.1 Partikel PM_{10}

Richtlinie:
DIN EN 12 341 (1999-03): Luftbeschaffenheit - Ermittlung der PM_{10}-Fraktion von Schwebstaub - Referenzmethode und Feldprüfverfahren zum Nachweis der Gleichwertigkeit von Messverfahren und Referenzmessmethode

Die Probenahme erfolgt durch Ansaugen der Umgebungsluft, Abtrennung der Partikel >PM_{10} und Abscheidung der PM_{10}-Fraktion an Planfiltern (Quarzfaserfilter). Zur Probenahme werden geregelte Pumpen des Typs LVS 3.1 mit Filterwechsler PNS-15 und PM_{10}-Abscheidekopf der Firma Derenda eingesetzt.

Transport und Lagerung der Filter erfolgt in geschlossenen Filtermagazinen und in klimatisierten Räumen (isolierter Transportbehälter mit Kühlelementen, Labor). Die Filterwechsler sind mit einer Peltierkühlung versehen, die die Filter auf einer Temperatur < 20 °C hält. Die Filter werden jeweils 24 h lang beaufschlagt und vor und nach der Beaufschlagung richtlinienkonform konditioniert und gewogen.

Analysenwaagen:	Sartorius, Typ MSA225-100-DA Serien-Nr. 26202646, PMV-Nr. 8033 Sartorius, Typ MSA225-100-DI Serien-Nr. 26202651, PMV-Nr. 8034
Probenahmesystem:	Low Volume Sampler LVS 3.1 in Verbindung mit Filterwechsler PNS-15, Firma Derenda MP 1: LVS 3.1: Ser.-Nr. 00577, PMV-Nr. 7781 PNS-15: Ser.-Nr. 10155, PMV-Nr. 7783 MP 2: LVS 3.1: Ser.-Nr. 00582, PMV-Nr. 6424 PNS-15: Ser.-Nr. 10156, PMV-Nr. 6466 MP 3: LVS 3.1: Ser.-Nr. 00581, PMV-Nr. 6459 PNS-15: Ser.-Nr. 10159, PMV-Nr. 7140 MP 4: LVS 3.1: Ser.-Nr. 00579, PMV-Nr. 6385 PNS-15: Ser.-Nr. 10152, PMV-Nr. 4848 MP 5: LVS 3.1: Ser.-Nr. 00580, PMV-Nr. 7782 PNS-15: Ser.-Nr. 10153, PMV-Nr. 7784 MP 6: LVS 3.1: Ser.-Nr. 00578, PMV-Nr. 6774 PNS-15: Ser.-Nr. 10151, PMV-Nr. 6382
Nachweisgrenze:	1 µg/m³
Messunsicherheit:	< 15 % (erweiterte Messunsicherheit, bezogen auf den Immissionswert von 50 µg/m³ bei einem Vertrauensbereich von 95 % und einem Erweiterungsfaktor von k=2)

\\S-STR-FS01\PRJPERSON\EDR\85\85697\M85697_02_Ber_6D.DOC

4.2 Stickstoffdioxid NO_2

Die Messungen von Stickstoffdioxid (NO_2) werden an festgelegten Messorten mit Passivsammlern durchgeführt. Die Funktionsweise der Passivsammler basiert auf der Anreicherung von Stickstoffdioxid (NO_2) an einem geeigneten Adsorbens ohne aktive Probenahme. Das Probenahmesystem besteht aus einem Kunststoffröhrchen, an dessen einem Ende sich ein mit Triethanolamin imprägniertes Edelstahl-Drahtsieb als Adsorbens befindet. Das in der Außenluft enthaltene Stickstoffdioxid (NO_2) wird durch Diffusion zu diesem Adsorbens transportiert und dort adsorbiert. Anschließend wird die Stickstoffdioxidmenge in den Labors als Nitrit mittels Fotometrie (Müller-BBM) und Ionenchromatographie (Prof. Speckle, Steinbeis Transfer Zentrum) analysiert. Aus der Analytmenge, dem Expositionszeitraum und der Sammelrate wird die mittlere Konzentration im Expositionszeitraum berechnet. Typische Expositionszeiträume liegen im Bereich von 2 bis 6 Wochen. Für die im Raum Ravensburg geplanten Messungen sind Messzeiträume von etwa 4 Wochen (Monatskenngrößen) vorgesehen. Zur Verringerung von wind- und turbulenzbedingten Einflüssen befindet sich an der offenen Seite des Probenahmeröhrchens eine Glasfritte. Zum Schutz vor Witterungseinflüssen werden die Sammler in einem nach unten geöffneten Gehäuse eingehängt und exponiert.

Gegenüber Referenzverfahren zur Bestimmung von Stickstoffdioxid (NO_2) weisen die Ergebnisse der Passivsammlermessungen eine erhöhte Unsicherheit auf. Nach Untersuchungen des LANUV-NRW können für Jahresmittelwerte die Anforderungen der EU an die Datenqualität für ortsfeste, kontinuierliche Messungen jedoch eingehalten werden [11].

Richtlinien:
DIN EN 13528-1-3 (2002-12): Außenluftqualität - Passivsammler zur Bestimmung der Konzentrationen von Gasen und Dämpfen – Anforderungen und Prüfverfahren,
Teil 1: Allgemeine Anforderungen
Teil 2: Spezifische Anforderungen und Prüfverfahren
Teil 3: Anleitung zur Auswahl, Anwendung und Handhabung

VDI-Richtlinie 2453, Blatt1 (1990-10): Messen gasförmiger Immissionen, Messen der Stickstoffdioxid-Konzentration - Manuelles photometrisches Basis-Verfahren (Saltzman)

DIN EN ISO-Norm 10304-1 (Bestimmung der gelösten Anionen Fluorid, Chlorid, Nitrit, Orthophosphat, Bromid, Nitrat und Sulfat mittels Ionenchromatographie – Teil 1: Verfahren für gering gelastete Wässer).

\\S-STR-FS01\PRJPERSON\EDR\85\85697\M85697_02_Ber_6D.DOC

Probenahme

Adsorptionseinrichtungen:	Sammelröhrchen NO_2 (passam ag) Komplexierung mit Triethanolamin - Diffusionsbarriere (gesintertes Glas, Typ Vitrapor, ROBU, Porositätsklasse 0, Porenweite 160 – 250 µm)
Expositionsdauer:	etwa 30 Tage
Expositionshöhe:	2 - 4 m über Grund
Probentransfer:	verschlossene Sammelröhrchen
Zeitraum zwischen Ende der Probenahme und Probenaufarbeitung:	max. 2 Wochen
Probenlagerung:	lichtgeschützt, Temperatur < 20 °C

Analysenverfahren Fotometrie

Die Analyse erfolgt nach wässriger Extraktion und Umsetzung mit Farbreagenz nach VDI 2453 mittels Fotometrie (Saltzman).

UV-VIS-Fotometer:	Shimadzu / UV-Mini-1240 SN: A109346 37817 CS Prüfmittel-Nr. 7059
Wellenlänge:	550 nm
Standards:	Nitritlösungen als externe Standards

Analyseverfahren Ionenchromatographie

Die Analyse erfolgt nach 10minütiger Extraktion mit 2 ml Eluent im Ultraschallbad und anschließender direkter Injektion der erhaltenen Lösung in den Ionenchromatograph.

Ionenchromatographie- System:	METROHM 733 IC Separation Center Suppressor METROHM Nr. 6.2832.000
Trennsäule:	Metrosep A Supp 4; 250*4 mm
Vorsäule:	Metrosep A Supp 4/5 Guard
Pumpflow:	1 ml min^{-1}
Eluent:	1,8 mmol l^{-1} Na_2CO_3 und 1,7 mmol l^{-1} $NaHCO_3$
Suppressorregenerant:	20 mmol l^{-1} H_2SO_4

Verfahrenskenngrößen

Querempfindlichkeiten:	keine
Sammelrate:	0,734 ml/min (gemäß [14])
Absolute Nachweisgrenze:	0,03 µg/Probe
Relative Nachweisgrenze:	1,5 µg/m^3 bei 30tägiger Exposition
Messunsicherheit:	< 25 %

\\S-STR-FS01\PRJPERSONEN\EDR\85\85697\M85697_02_Ber_6D.DOC

4.3 Qualitätsmanagement, Akkreditierungen, qualitätssichernde Maßnahmen

Müller-BBM betreibt ein Managementsystem, das Qualität, Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz umfasst. Es ist auf Grundlage der Normen DIN EN ISO 9001 und BS OHSAS 18001 zertifiziert. Die Zertifikate können unter www.MuellerBBM.de heruntergeladen werden.

Müller-BBM ist eine von der zuständigen Landesbehörde bekannt gegebene Messstelle zur Ermittlung von Emissionen und Immissionen von Luftverunreinigungen, Geräuschen und Erschütterungen nach § 26 Bundes-Immissionsschutzgesetz sowie zur Überprüfung des ordnungsgemäßen Einbaus, der Funktion und Kalibrierung kontinuierlich arbeitender Messgeräte nach § 14 der 13. BImSchV, Nr. 5.3 der TA Luft, § 12 Abs. 7 der 2. BImSchV sowie § 10 der 17. BImSchV.

Die Bereiche Schall und Schwingungen, Immissionsschutz, Gefahrstoffmessungen und Elektromagnetische Umweltverträglichkeit sind akkreditierte Prüflaboratorien gemäß DIN EN ISO/IEC 17025. Die Akkreditierungsurkunden können unter www.MuellerBBM.de heruntergeladen werden.

Neben den allgemeinen, im Qualitätsmanagement der Firma Müller-BBM beschriebenen Maßnahmen, werden folgende spezifische Vorgehensweisen berücksichtigt:

Für alle Messparameter werden über den Messzeitraum hinweg wiederholt Leerwerte (Blindproben) mitanalysiert, aus deren Ergebnissen die Nachweisgrenze des jeweiligen Verfahrens ermittelt wird. Alle Messungen mittels Passivsammlern erfolgen grundsätzlich als Doppelbeprobung. Im Rahmen der Qualitätssicherung der Passivsammlermessungen werden zusätzlich kontinuierliche Vergleichsmessungen zwischen NO_2-Passivsammlern und eignungsgeprüften, kontinuierlichen NO_2-Messsystemen (Referenzverfahren Chemilumineszenz) durchgeführt.

\\S-STR-FS01\PRJPERSON\EDR\85\85697\M85697_02_Ber_6D.DOC

5 Ergebnisse der Messungen und Bewertung

Im Folgenden werden die Messergebnisse für den 12-monatigen Gesamtmesszeitraum vom 01.08.2010 bis zum 29.07.2011 zusammenfassend dargestellt. Die Bezeichnung der Messzeiträume resultiert dabei aus den jeweiligen Expositions- bzw. Messzeiträumen. Die 4-wöchigen Messzeiträume sind beispielsweise mit Aug. 2010 bezeichnet.

5.1 Partikel PM_{10} (Konzentration)

Entstehung und Wirkung von Feinstäuben

Stäube stammen sowohl aus natürlichen als auch aus anthropogenen Quellen. Natürliche Quellen von Feinstaub sind überwiegend Verwehungen und Aufwirbelungen von Erosionen, Pollen und Sporen, Vulkanausbrüche, Seesalz und in Abhängigkeit der Wetterlagen auch Saharastaub. Stäube anthropogenen Ursprungs stammen aus industriellen Quellen (z. B. Feuerungsanlagen, Hütten- und Metallwerke, Energieerzeugung, Zementherstellung und –verarbeitung), Kleinfeuerungsanlagen (z. B. Hausbrand), dem Straßenverkehr und der Landwirtschaft.

Feinstäube der Fraktion PM_{10}[1] und kleiner sind luftgetragen und besitzen im Allgemeinen keine relevante Sedimentationsgeschwindigkeit. Die typischerweise vorliegende Turbulenz der bodennahen Atmosphäre reicht in Verbindung mit der mittleren Partikelgröße aus, um ein gravitationsbedingtes Absinken der Partikel zu verhindern. In der TA Luft wird die Partikelfraktion PM_{10} daher auch Schwebstaub genannt.

Luftgetragene Partikel der Fraktion PM_{10} können durch Nase und Mund in die Lunge gelangen, wo sie je nach Größe bis in die Hauptbronchien oder Lungenbläschen transportiert werden können [19]. Ultrafeine Partikel ($PM_{0,1}$) als Bestandteil von PM_{10} können von den Lungenbläschen (Alveolen) in die Blutbahn übertreten und so im Körper verteilt werden und andere Organe erreichen.

Aus epidemiologischen Untersuchungen liegen deutliche Hinweise für den Zusammenhang zwischen kurzen Episoden mit hoher PM_{10}-Exposition und Auswirkungen auf die Sterblichkeit (Mortalität) und Erkrankungsrate (Morbidität) vor. PM_{10} oder eine oder mehrere der PM_{10}-Komponenten leisten nach derzeitigem wissenschaftlichem Kenntnisstand einen Beitrag zu schädlichen Gesundheitseffekten beim Menschen. Herz-Kreislauf- und Atemwegserkrankungen sind dabei am wichtigsten [19].

Eine Langzeit-Exposition über Jahrzehnte kann ebenso mit ernsten gesundheitlichen Auswirkungen verbunden sein. So wurden insbesondere eine erhöhte Rate von Atemwegserkrankungen und Störungen des Lungenwachstums bei Kindern festgestellt. Auch ist eine Erhöhung der PM_{10}-Konzentration mit einem Anstieg der Gesamtsterblichkeit und der Atemwegs- und Herz-Kreislauf-Sterblichkeit verbunden. Darüber hinaus gibt es Hinweise für eine erhöhte Lungenkrebssterblichkeit [19].

---

[1] Definition Partikel PM_{10} gemäß 39. BImSchV: Partikel, die einen größenselektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Durchmesser von 10 µm einen Abscheidegrad von 50 % aufweist.

\\S-STR-FS01\PRJPERSONEN\EDR\85\85697\M85697_02_Ber_6D.DOC

Insgesamt ist davon auszugehen, dass PM_{10} oder seine Bestandteile einen relevanten Beitrag zu schädlichen Gesundheitseffekten beim Menschen leistet. Ein Schwellenwert, unterhalb dessen nicht mehr mit gesundheitsschädlichen Wirkungen zu rechnen ist, kann für PM_{10} nach aktuellem Kenntnisstand nicht angegeben werden.

Beurteilungsmaßstäbe für Feinstäube PM_{10}

Analog zu den Immissionsgrenzwerten für Stickstoffdioxid NO_2 gehen auch die derzeit in Deutschland geltenden Beurteilungswerte für Feinstaub auf Luftqualitätsrichtlinien der europäischen Union zurück, die durch die Novellierung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG) sowie durch die Einführung der 39. BImSchV zum BImSchG in deutsches Recht umgesetzt worden sind.

Als Beurteilungswert zum Schutz der menschlichen Gesundheit gilt für Partikel PM_{10} ein Jahresmittelwert von 40 µg/m³ (Kalenderjahr) gemäß 39. BImSchV [3]. Darüber hinaus gilt für Partikel PM_{10} ein maximaler Tagesmittelwert von 50 µg/m³ bei 35 zugelassenen Überschreitungen im Kalenderjahr. Gegenüber dem Jahresmittelwert von 40 µg/m³ ist der Kurzzeit-Beurteilungswert (50 µg/m³ als Tagesmittelwert, maximal 35 Überschreitungen im Kalenderjahr) als der strengere Beurteilungswert anzusehen. Aus einer statistischen Auswertung einer Vielzahl von PM_{10}-Messreihen über mehrere Jahre kann abgeleitet werden, dass 35 Überschreitungen des PM_{10}-Tagesmittelwertes von 50 µg/m³ mit Jahresmittelwerten von etwa 27 bis 33 µg/m³ für PM_{10} korrespondieren. Ebenso wie für NO_2 sind diese Beurteilungsmaßstäbe neben der flächenhaften Beurteilung der Luftqualität über die 39. BImSchV auch im Rahmen der Anlagengenehmigung gemäß TA Luft festgeschrieben.

Ergebnisse

Die Ergebnisse der Partikel PM_{10}-Messungen an den Messpunkten MP 1 bis MP 6 sind in der folgenden Tabelle 2 für den Gesamtmesszeitraum vom 01.08.2010 bis zum 29.07.2011 zusammenfassend dargestellt. Die Verfügbarkeiten der Messdaten für Partikel PM_{10} lagen zwischen 93 % am MP 2 und MP 6 und 97 % am MP 3 und MP 4.

Tabelle 2 Statistische Kenngrößen der PM_{10}-Konzentrationen an den Messpunkten MP 1 bis MP 6 für den Zeitraum 01.08.2009 bis 29.07.2011.

Kenngröße	Einheit	MP 1	MP 2	MP 3	MP 4	MP 5	MP 6	39. BImSchV
Minimum	µg/m³	5	6	7	5	5	5	-
Maximum	µg/m³	83	83	87	63	78	66	-
Mittelwert	µg/m³	26	27	24	18	21	18	40 [1)]
90-Perzentil	µg/m³	47	48	43	32	41	34	-
Tage > 50 µg/m³	1	30	32	26	6	14	10	35 [2)]
Anzahl Messwerte	1	350	337	352	351	347	336	-
Verfügbarkeit	%	96	93	97	97	96	93	-

1) Jahresmittelwert
2) Zulässigen Überschreitungshäufigkeit im Jahr

\\S-STR-FS01\PRJPERSONEDR\85\85697\M85697_02_Ber_6D.DOC

An allen Messpunkten MP 1 bis MP 6 wurde auf der Basis der über den 12-monatigen Messzeitraum erfassten Daten der Beurteilungswert für Partikel PM_{10} von 40 µg/m³ als Jahresmittelwert deutlich unterschritten. Die Mittelwerte über 12 Monate variierten dabei zwischen 18 µg/m³ an den Messpunkten MP 4 und MP 6 und 27 µg/m³ am MP 2. An den Messorten MP 1 bis MP 3 lagen die mittleren PM_{10}-Belastungen dabei mit 26 µg/m³ am MP 1, 27 µg/m³ am MP 2 und 24 µg/m³ am MP 3 auf einem typischen, städtischen Niveau, dass auch durch Verkehrsemissionen beeinflusst ist. An den Messpunkten MP 4, MP 5 und MP 6 wurde mit 18 µg/m³ am MP 4, 21 µg/m³ am MP 5 und 18 µg/m³ am MP 6 eine für das Mittlere Schussental typische urbane bis regionale Hintergrundbelastung festgestellt. Eine mittlere PM_{10}-Belastung von 18 µg/m³ kann, insbesondere auch vor dem Hintergrund der räumlichen Lage von MP 6 (emissionsfern) als mesoskalige Hintergrundbelastung im Bereich des Mittleren Schussentals bezeichnet werden.

Im Anhang 4 sind zum Vergleich die zeitlichen Entwicklungen der PM_{10}-Belastungen an den Messstationen Biberach, Pfullendorf und Friedrichshafen in den letzten Jahren dargestellt, diese drei sind jeweils repräsentativ für den städtischen Hintergrund.

Im Hinblick auf die Überschreitungshäufigkeit des Tagesmittelwertes von 50 µg/m³ wurden an den Messpunkten MP 1 bis MP 6 im 12-monatigen Gesamtmesszeitraum zwischen 6 (MP 4) und 32 (MP 2) Überschreitungen registriert. Gemäß 39. BImSchV und TA Luft sind pro Jahr 35 Überschreitungen des Tagesmittelwertes von 50 µg/m³ zulässig. Somit wurden dieser strengere Kurzzeitbeurteilungswert ebenfalls an allen Messorten eingehalten. Analog zur mittleren PM_{10}-Belastung weisen aber auch in Bezug auf die Überschreitungshäufigkeiten des Tagesmittelwertes von 50 µg/m³, die Messpunkte MP 1 (Ravensburg Frauentor), MP 2 (Ravensburg Kaufland) und MP 3 (Weingarten) ein gegenüber den Messpunkten MP 4 bis MP 6 erhöhtes Belastungsniveau auf.

Ergänzend kann die Überschreitungshäufigkeit des Tageswertes auch statistisch über das 90-Perzentil abgeschätzt werden. Unterhalb dieses Wertes liegen 90 % aller Fälle der Verteilung. Die über 12 Monate ermittelten 90-Perzentile zwischen 32 µg/m³ am MP 4 und 48 µg/m³ am MP 2 bestätigen die Anzahl der tatsächlichen Überschreitungstage. Der Wert von 48 µg/m³ am MP 2 liegt beispielsweise nur knapp unterhalb von 50 µg/m³ und korrespondiert somit exakt mit den 32 Überschreitungstagen an diesem Messpunkt.

Ergänzend ist in Abbildung 8 der zeitliche Verlauf der Partikel PM_{10}-Konzentrationen an den Messpunkten MP 1 bis MP 6 für den Gesamtmesszeitraum vom 01.08.2010 bis zum 29.07.2011 dargestellt.

\\S-STR-FS01\PRJPERSON\EDR\85\85697\M85697_02_Ber_6D.DOC

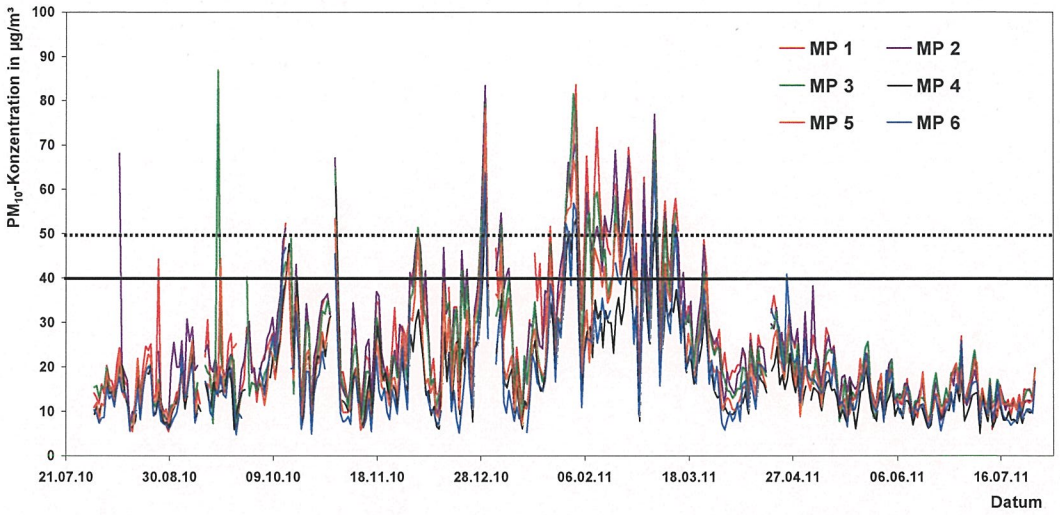

Abbildung 8 Zeitlicher Verlauf der Schwebstaub PM_{10}-Konzentrationen an den Messpunkten MP 1 bis MP 6 für den Zeitraum vom 01.08.2010 bis 29.07.2011.

Sowohl die zeitlichen Verläufe als auch die Absolutwerte der PM_{10}-Konzentrationen zeigen für die 6 Messpunkte insgesamt eine relativ gute Übereinstimmung. Einzelne Konzentrationsspitzen wurden insbesondere an den Messpunkten MP 1 (Frauentor Ravensburg) und MP 2 (Kaufland Ravensburg) erfasst. Diese einzelnen Konzentrationsspitzen waren mit hoher Wahrscheinlichkeit auf lokal erhöhte Verkehrsemissionen in Verbindung mit ungünstigen Austauschbedingungen der bodennahen Atmosphäre zurückzuführen.

Die relativ gute Übereinstimmung der PM_{10}-Konzentrationen im zeitlichen Verlauf an den unterschiedlichen Stationen bestätigt darüber hinaus den Zusammenhang, dass ein relevanter Anteil der lokal vorliegenden Immissionsbelastung durch Partikel PM_{10} durch die mesoskalige Immissions- und Ausbreitungssituation der bodennahen Atmosphäre gesteuert wird. Besonders deutlich sieht man den Einfluss der austauscharmen Wetterlage im Januar bis März 2011 [20]. Diese grundsätzliche Tendenz wird an einzelnen Tagen durch hohe lokale Konzentrationsspitzen überlagert.

Ergänzend zu Abbildung 8 sind im Anhang 2 die zeitlichen Verläufe der PM_{10}-Konzentrationen an den Messpunkten MP 1 bis MP 6 einzeln dargestellt. Zusätzlich sind im Anhang 3 die Einzelmessergebnisse für Partikel PM_{10} an den Messpunkten MP 1 bis MP 6 dokumentiert.

\\S-STR-FS01\PRJPERSON\EDR\85\85697\M85697_02_Ber_6D.DOC

5.2 Stickstoffdioxid NO_2 (Konzentration)

Entstehung und Wirkung von Stickstoffoxiden

Stickstoffoxide entstehen u.a. durch Verbrennungsprozesse bei hohen Temperaturen durch Oxidation des Luftstickstoffs und des im Brennstoff gebundenen Stickstoffs. Die Menge an Stickstoffoxiden, die bei der Verbrennung entsteht, hängt nicht nur von der im Brennstoff vorhandenen Menge an Stickstoffverbindungen, sondern auch von den Verbrennungsbedingungen ab. Der Hauptverursacher für NO_X-Emissionen ist der Verkehr. Primär wird überwiegend Stickstoffmonoxid (NO) emittiert, der u. a. durch die Reaktion mit Ozon (O_3) in Stickstoffdioxid (NO_2) aufoxidiert wird.

Durch Stickstoffverbindungen wird zusätzlich Stickstoff in die Ökosysteme eingetragen, welches das Pflanzenwachstum fördert und gemeinsam mit Schwefelverbindungen zur Versauerung von Böden und Gewässern beiträgt.

Für den Menschen ist insbesondere Stickstoffdioxid (NO_2) von Bedeutung. NO_2 wird als Reizgas mit stechend-stickigem Geruch bereits in geringen Konzentrationen wahrgenommen. Die Inhalation ist für den Menschen der einzig relevante Aufnahmeweg. Die relativ geringe Wasserlöslichkeit des NO_2 bedingt, dass der Schadstoff nicht in den oberen Atemwegen gebunden wird, sondern auch in tiefere Bereiche des Atemtrakts (Bronchialen, Alveolen) eindringt. Bei längerer Einwirkung relevanter Konzentrationen an NO_2 kann es vermehrt zu Atemwegserkrankungen kommen, wobei besonders empfindliche Personengruppen, vor allem Asthmatiker und Kinder, bereits auf niedrige NO_2-Konzentrationen reagieren. Für Stickstoffdioxid kann nach aktuellem Kenntnisstand kein Schwellenwert benannt werden, bei dessen Unterschreiten langfristige Wirkungen von NO_2 auf den Menschen ausgeschlossen werden können.

Neben den direkten Wirkungen auf den Menschen sowie Ökosysteme wirkt Stickstoffdioxid (NO_2) auch in relevantem Umfang bei photochemischen Prozessen mit, die zur Bildung von Ozon (O_3) und weiteren sogenannten Photooxidantien führen. Diese Photooxidantien stellen ihrerseits zum Teil Reizstoffe dar, die sowohl auf den Menschen als auch auf die Vegetation einwirken.

Beurteilungsmaßstäbe für Stickstoffdioxid (NO_2)

Die europäische Union hat für ihre Mitgliedsstaaten mit mehreren Luftqualitätsrichtlinien verbindliche Luftqualitätsziele zur Vermeidung oder Verringerung schädlicher Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt festgelegt. Danach wird die Luftqualität in den Staaten der EU nach einheitlichen Methoden und Kriterien beurteilt. In der Bundesrepublik Deutschland wurden diese Richtlinien durch die Novellierung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG) sowie durch die Einführung der 39. Verordnung zum BImSchG (39. BImSchV) in deutsches Recht umgesetzt. Als Beurteilungswert zum Schutz der menschlichen Gesundheit gilt für Stickstoffdioxid (NO_2) seit dem 01.01.2010 ein Jahresmittelwert von 40 µg/m³ (gemittelt über das Kalenderjahr) gemäß 39. BImSchV [3]. Darüber hinaus gilt gemäß 39. BImSchV seit dem 01.01.2010 für NO_2 ein maximaler Stundenmittelwert von 200 µg/m³ bei 18 zugelassenen Überschreitungen im Kalenderjahr.

\\S-STR-FS01\PRJPERSON\EDR\85\85697\M85697_02_Ber_6D.DOC

Diese Beurteilungsmaßstäbe sind neben der flächenhaften Beurteilung der Luftqualität über die 39. BImSchV auch im Rahmen der Anlagengenehmigung gemäß TA Luft festgeschrieben.

Ergebnisse

Im Folgenden werden die Messergebnisse der NO_2-Messungen an den Messpunkten MP 1 bis MP 6 für den Messzeitraum vom 01.08.2010 bis zum 29.07.2011 zusammenfassend dargestellt und bewertet. Die Verfügbarkeit der NO_2-Messdaten betrug 100 % an den 6 Messpunkten MP 1 bis MP 6.

Die Messergebnisse basieren auf fotometrisch (Müller-BBM) und ionenchromtographisch (Prof. Speckle, Steinbeis Transfer Zentrum) ermittelte Daten und stellen die Auswertung der insgesamt durchgeführten Analysen über den Gesamtmesszeitraum von August 2010 bis einschließlich Juli 2011 dar. **Tabelle 3** zeigt die Ergebnisse für Stickstoffdioxid NO_2 (Monats- und Gesamtmittel) für die Messpunkte MP 1 bis MP 6 zusammenfassend.

Tabelle 3 Ergebnisse der NO_2-Messungen an den Messpunkten MP 1 bis MP 6 für den Zeitraum 01.08.2009 bis 29.07.2011.

Stickstoffdioxid NO_2 in µg/m³						
Messpunkt	**MP 1**	**MP 2**	**MP 3**	**MP 4**	**MP 5**	**MP 6**
	RV-Frauentor	RV-Kaufland	Weingarten	Baienfurt	Baindt	Atzenhofen
Aug 2010	43	43	25	19	18	6
Sep 2010	44	40	27	21	17	7
Okt 2010	45	42	31	27	23	11
Nov 2010	50	44	35	27	24	14
Dez 2010	69	58	48	42	36	19
Jan 2011	60	55	44	40	28	16
Feb 2011	53	56	41	38	28	19
Mrz 2011	55	52	36	30	23	11
Apr 2011	56	53	31	34	25	7
Mai 2011	59	59	32	24	19	8
Jun 2011	44	43	24	19	16	6
Jul 2011	52	43	30	21	17	5
Mittelwert	**52**	**49**	**34**	**28**	**23**	**11**
Beurteilungswert 39. BImSchV / TA Luft (Jahresmittelwert)						**40**

Die höchsten NO_2-Belastungen für den 12-monatigen Gesamtmesszeitraum wurden mit im Mittel 52 µg/m³ am Messpunkt MP 1 am Frauentor in Ravensburg sowie mit 49 µg/m³ am MP 2 am Kaufland in Ravensburg ermittelt. Beide Mittelwerte überschreiten den derzeit gültigen Beurteilungswert von 40 µg/m³ gemäß 39. BImSchV und TA Luft als Jahresmittelwert.

Die Messpunkte MP 1 und MP 2 können somit auf der Basis der insgesamt erfassten Messdaten als lokale Belastungsschwerpunkte für die Komponente NO_2 charakterisiert werden. Dies bezieht sich sowohl auf die Emissionssituation an den jeweiligen Messorten, als auch auf die lokalen Austauschbedingungen (z. B. eingeschränkte Belüftung innerhalb einer Straßenschlucht sowie Überlagerung mit Kaltluftdynamik).

\\S-STR-FS01\PRJPERSON\EDR\85\85697\M85697_02_Ber_6D.DOC

An den Messpunkten MP 3 bis MP 5 wurden mit 23 µg/m³ (MP 5), 28 µg/m³ (MP 4) und 34 µg/m³ (MP 3) NO_2-Belastungen als Jahresmittelwert ermittelt, die größenordnungsmäßig vornehmlich den städtischen Hintergrundbelastungen zuzuordnen sind und die in Abhängigkeit der lokalen Emissions- und Ausbreitungsbedingungen variieren.

Die niedrigste mittlere NO_2-Konzentration wurde mit 11 µg/m³ am Messpunkt MP 6 in Atzenhofen ermittelt. Analog den zuvor dargestellten PM_{10}-Messungen kann diese NO_2-Belastung aufgrund der Lage des Messortes ohne einen direkten Einfluss relevanter, anthropogener Emissionen in einem erweiterten Umfeld als regionale Hintergrundbelastung im Mittleren Schussental bezeichnet werden.

Im Anhang 4 sind zum Vergleich die zeitlichen Entwicklungen der NO_2-Belastungen an den Messstationen Biberach, Pfullendorf und Friedrichshafen in den letzten Jahren dargestellt.

Für gasförmige Spurenstoffe und somit auch für Stickstoffdioxid (NO_2) existiert im Allgemeinen ein typischer Jahresgang der bodennahen Konzentration mit höheren NO_2-Belastungen in den Wintermonaten gegenüber dem Sommerhalbjahr. Diese jahreszeitliche Variation ist insbesondere auf den im Winterhalbjahr eingeschränkten atmosphärischen Austausch in Verbindung mit den Hauptemissionszeitpunkten zurückzuführen. Die hier durchgeführten NO_2-Messergebnisse bestätigen diesen Zusammenhang. In der folgenden Tabelle 4 sind hierzu die niedrigsten und höchsten NO_2-Monatsmittelwerte sowie deren Quotient (Max/Min) gemäß den Angaben aus Tabelle 3 zusammengefasst.

Tabelle 4 Niedrigste und höchste NO_2-Monatsmittelwerte sowie deren Quotient (Max/Min), basierend auf den Monatswerten an den Messpunkten MP 1 bis MP 6 für den Zeitraum 01.08.2009 bis 29.07.2011 gemäß Tabelle 3.

Messpunkt	**MP 1** Frauentor	**MP 2** Kaufland	**MP 3** Weingarten	**MP 4** Baienfurt	**MP 5** Baindt	**MP 6** Atzenhofen
Monats Min.	43	40	24	19	16	5
Monats Max.	69	59	48	42	36	19
Max/Min	1,6	1,5	2,0	2,2	2,3	3,5

Die Variation der NO_2-Konzentrationen variiert im Jahresgang (basierend auf Monatsmittelwerten) zwischen dem Faktor 1,5 am MP 2 und 3,5 am MP 6 mit den deutlich höheren Belastungen im Winterhalbjahr. Zudem zeigen die Quotienten an den Messpunkten MP 1 bis MP 6 mit zunehmender Entfernung zu Emissionsquellen (u. a. Verkehr) einen Trend zu einer stärkeren Variation im Jahresgang. Insbesondere im Sommerhalbjahr mit entsprechend ausgeprägter solarer Einstrahlung und daraus resultierenden photochemischen Prozessen in der Atmosphäre, sind quellfern ohne die Primäremissionen des Stickstoffmonoxids NO besonders niedrige NO_2-Konzentrationen die Folge.

\\S-STR-FS01\PRJPERSON\EDR\85\85697\M85697_02_Ber_6D.DOC

6 Zusammenfassung

Die Ergebnisse der über den Zeitraum von insgesamt 12 Monaten von August 2010 bis einschließlich Juli 2011 durchgeführten Immissionsmessungen von Partikel PM_{10} sowie Stickstoffdioxid (NO_2) im Mittleren Schussental können folgendermaßen zusammengefasst werden:

Partikel PM_{10}

Die Konzentrationen für Partikel PM_{10} lagen an den Messpunkten MP 1 bis MP 3 im Jahresmittel mit Werten zwischen 24 µg/m³ und 27 µg/m³ auf einem typischen, innerstädtischen Niveau unterhalb des Beurteilungswertes von 40 µg/m³ als Jahresmittelwert. Die Höhe der Belastung variierte dabei in Abhängigkeit der Emissions- und Ausbreitungsbedingungen am jeweiligen Messort. Von den hier untersuchten Messpunkten weisen die Messpunkte MP 1 und MP 2 in Ravensburg die höchsten Belastungen auf und können in Bezug auf PM_{10} als Belastungsschwerpunkte charakterisiert werden. Mit 32 Überschreitungen des Tagesmittelwertes von 50 µg/m³ lag dieses Kriterium am Messpunkt MP 2 auf einem hohen Niveau nur geringfügig unterhalb der zulässigen Anzahl (35 Überschreitungen pro Jahr). Die höheren PM_{10}-Belastungen an den Messpunkten MP 1 bis MP 3 gegenüber den Messpunkten MP 4 bis MP 6 resultieren im Wesentlichen aus dem lokalen Verkehr und den insgesamt innerstädtisch eher ungünstigen Austauschbedingungen. Die an den Messpunkten MP 4 bis MP 6 ermittelten PM_{10}-Belastungen von 18 µg/m³ bis 21 µg/m³ im Jahresmittel, stellen aufgrund insbesondere der Quellferne von MP 6 eine regionale Hintergrundbelastung für Partikel PM_{10} im mittleren Schussental dar.

Stickstoffdioxid (NO_2)

Im Vergleich zu den PM_{10}-Konzentrationen variierten die NO_2-Belastungen an den Messorten MP 1 bis MP 6 deutlich stärker. Die über den 12-monatigen Gesamtmesszeitraum ermittelten NO_2-Konzentrationen lagen mit 52 µg/m³ am MP 1 und 49 µg/m³ am MP 2 insgesamt deutlich über dem Beurteilungswert von 40 µg/m³ gemäß 39. BImSchV und TA Luft. An den Messpunkten MP 3 bis MP 5 wurden mit 23 bis 34 µg/m³ vornehmlich innerstädtische NO_2-Belastungen ermittelt, die in Abhängigkeit der lokalen Emissions- und Ausbreitungsbedingungen variieren. Analog zu den Verhältnissen für die Partikel PM_{10} ist auch für die Komponente NO_2 an den Messpunkten MP 1 und MP 2 der Einfluss der lokalen Verkehrsemissionen in Verbindung mit den ungünstigen Ausbreitungsbedingungen erkennbar. Am Messpunkt MP 6 wurde mit 11 µg/m³ über den 12-monatigen Gesamtmesszeitraum eine niedrige Belastung im Bereich der regionalen Hintergrundbelastung für das Mittlere Schussental ermittelt.

Insgesamt zeigen die Immissionsmessungen von PM_{10} und NO_2 im Bereich des Gemeindeverbandes Mittleres Schussental eine typische und plausible raum-zeitliche Verteilung dieser Luftschadstoffe. Insbesondere auf der Basis der NO_2-Messergebnisse können die beiden Messpunkte MP 1 und MP 2 in Ravensburg als lokale Belastungsschwerpunkte bezeichnet werden, an denen der aktuell gültige Beurteilungswert überschritten wird. Die räumliche Lage der Messorte wurde so ausgewählt, dass eine räumliche Repräsentativität im näheren Umfeld gegeben ist. Es ist daher davon

\\S-STR-FS01\PRJPERSONEDR\85\85697\M85697_02_Ber_6D.DOC

auszugehen, dass die ermittelten PM_{10}- und NO_2-Konzentrationen auch für das nähere Umfeld der Messorte mit entsprechenden Emissions- und Austauschbedingungen charakteristisch sind. Die Belastungen am MP 6 können sowohl für PM_{10} als auch für NO_2 als mesoskalige und regionale Hintergrundbelastung im Mittleren Schussental bezeichnet werden.

Für den Messbericht zeichnen verantwortlich:

Dipl.-Ing. (FH) Jochen Eder
Projektleiter
Telefon +49(7121)90921-24

Dr. Alexander Ropertz
Fachlich Verantwortlicher
Telefon +49(209)98308-12

DAkkS
Deutsche
Akkreditierungsstelle
D-PL-14119-02-00

Durch die DAkkS Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH
nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiertes Prüflaboratorium.
Die Akkreditierung gilt für die in der Urkunde aufgeführten Prüfverfahren.

Prof. Dr. rer. nat. Wolfgang Speckle

Steinbeis Transferzentrum Automotive Systems
an der Hochschule Ravensburg-Weingarten

Dieser Bericht darf nur in seiner Gesamtheit, einschließlich aller Anlagen, vervielfältigt oder veröffentlicht werden. Die Veröffentlichung von Auszügen bedarf der schriftlichen Genehmigung durch Müller-BBM.

\\S-STR-FS01\PRJPERSON\EDR\85\85697\M85697_02_Ber_6D.DOC

7 Grundlagen und Literatur

[1] Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge – Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) vom 26. September 2002 (BGBl. I S. 3830), zuletzt geändert am 8. November 2011(BGBl. I S. 2178)

[2] Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft - TA Luft) vom 24. Juli 2002 (GMBl. Nr. 25 - 29 vom 30.07.2002 S. 511)

[3] Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen – 39. BImSchV) vom 2. August 2010 (BGBl. I S. 1065)

[4] DIN EN 12 341: Luftbeschaffenheit – Ermittlung der PM10-Fraktion von Schwebstaub – Referenzmethode und Feldprüfverfahren zum Nachweis der Gleichwertigkeit von Messverfahren und Referenzmessmethode; Deutsche Fassung EN 12 341:1999 (März 1999)

[5] VDI 2463 (Blatt 1): Messen von Partikeln – Gravimetrische Bestimmung der Massenkonzentration von Partikeln in der Außenluft – Grundlagen (November 1999)

[6] VDI 2463 (Blatt 7): Messen von Partikeln; Messen der Massenkonzentration (Immission); Filterverfahren; Kleinfiltergerät GS 050, (August 1982)

[7] DIN EN 13528-1 (2002-12): Außenluftqualität - Passivsammler zur Bestimmung der Konzentrationen von Gasen und Dämpfen – Anforderungen und Prüfverfahren, Teil 1: Allgemeine Anforderungen

[8] DIN EN 13528-2 (2002-12): Außenluftqualität - Passivsammler zur Bestimmung der Konzentrationen von Gasen und Dämpfen – Anforderungen und Prüfverfahren, Teil 2: Spezifische Anforderungen und Prüfverfahren

[9] DIN EN 13528-3 (2004-04): Außenluftqualität - Passivsammler zur Bestimmung der Konzentrationen von Gasen und Dämpfen – Anforderungen und Prüfverfahren, Teil 3: Anleitung zur Auswahl, Anwendung und Handhabung

[10] VDI-Richtlinie 2453, Blatt 1 (1990-10): Messen gasförmiger Immissionen, Messen der Stickstoffdioxid-Konzentration - Manuelles photometrisches Basis-Verfahren (Saltzman)

[11] Pfeffer, U., Beier, R., Zang, T. (2006): Measurements of nitrogen dioxide with diffusive samplers at traffic-related sites in North-Rhine Westphalia (Germany); Gefahrstoffe, Reinhaltung der Luft, Vol. 66 (2006), Nr. 1/2; S. 38-44

[12] LANUV-NRW (2010): Kalibrierung von Passivsammlern zur Messung von Stickstoffdioxid (NO_2), Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV) NRW, Recklinghausen, 2010

[13] Pfeffer, U., Zang, T., Rumpf, E.-M., Zang, S. (2010): Calibration of diffusive samplers for nitrogen dioxide with the reference method – Evaluation of measurement uncertainty; Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft, Vol. 70 (2010), Nr. 11/12; S. 500-506

\\S-STR-FS01\PRJPERSON\EDR\85\85697\M85697_02_Ber_6D.DOC

[14] LANUV-NRW (2010): Kalibrierung von Passivsammlern zur Messung von Stickstoffdioxid (NO_2), Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV) NRW, Recklinghausen, 2010

[15] LANUV-NRW (2010): Informationen zu Wirkungen von Luftschadstoffen auf die Gesundheit des Menschen (Stickstoffdioxid NO_2 und Feinstaub PM_{10}), Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV) NRW, Recklinghausen, 2010

[16] Klimafibel Regionalverband Bodensee-Oberschwaben Infoheft Nr. 11, bearbeitet durch Prof. Dr. Andreas Schwab, Pädagogische Hochschule Weingarten, August 2010

[17] Daten und Kartendienst der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz (LUBW), Baden-Württemberg

[18] Luftmessdaten der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz (LUBW), Baden-Württemberg

[19] LUBW (2012): Informationen zu Wirkungen von Luftschadstoffen auf die Gesundheit des Menschen (Stickstoffdioxid NO_2 und Feinstaub PM_{10}), Landesamt für Umwelt, Messungen und Naturschutz (LUBW), Baden-Württemberg

[20] Laborpraxis Ausgabe 06.02.2012 Artikel „Grenzwerte für Stickstoffdioxid und Feinstaub vielerorts überschritten“

\\S-STR-FS01\PRJPERSON\EDR\85\85697\M85697_02_Ber_6D.DOC

Anhang 1 Fotografische Dokumentation der Messorte

MP 1 Ravensburg Frauentor Schussenstraße, 88212 Ravensburg

MP 2 Ravensburg Kaufland Jahnstraße 88214 Ravensburg

\\S-STR-FS01\PRJPERSON\EDR\85\85697\M85697_02_Ber_6D.DOC

MP 3 Weingarten Polizeirevier Waldseer Straße, 88250 Weingarten

MP 4 Baienfurt Hallenbad Waldseer Straße 88255 Baienfurt

\\S-STR-FS01\PRJPERSON\EDR\85\85697\M85697_02_Ber_6D.DOC

MP 5 Baindt Bauhof Ziegeleistraße, 88255 Baindt

MP 6 Atzenhofen Hochbehälter Atzenhofen, 88276 Berg

\\S-STR-FS01\PRJPERSON\EDR\85\85697\M85697_02_Ber_6D.DOC

Anhang 2 Zeitlicher Verlauf der PM_{10}-Konzentrationen

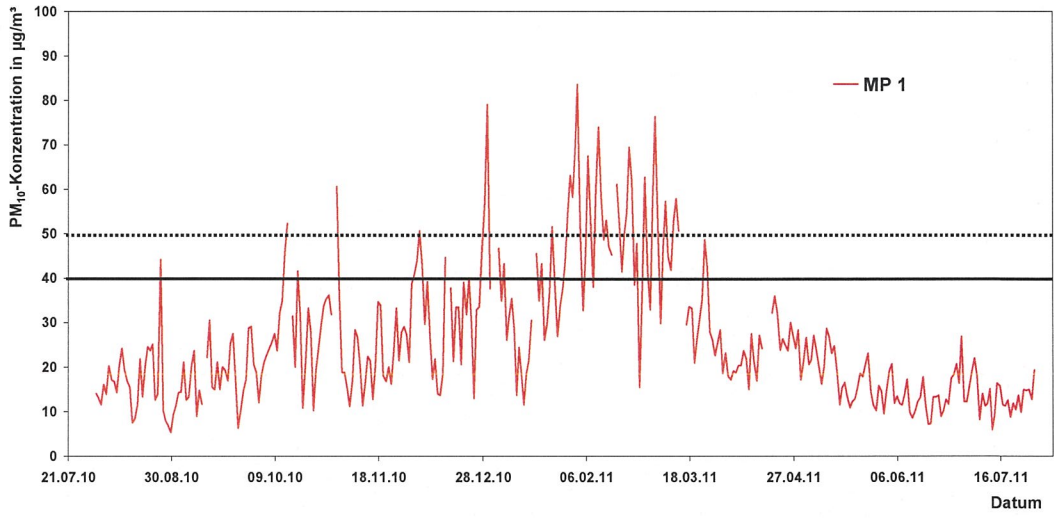

Abbildung 1 Zeitlicher Verlauf der Schwebstaub PM_{10}-Konzentrationen an dem Messpunkt MP 1 für den Zeitraum vom 01.08.2010 bis 29.07.2011.

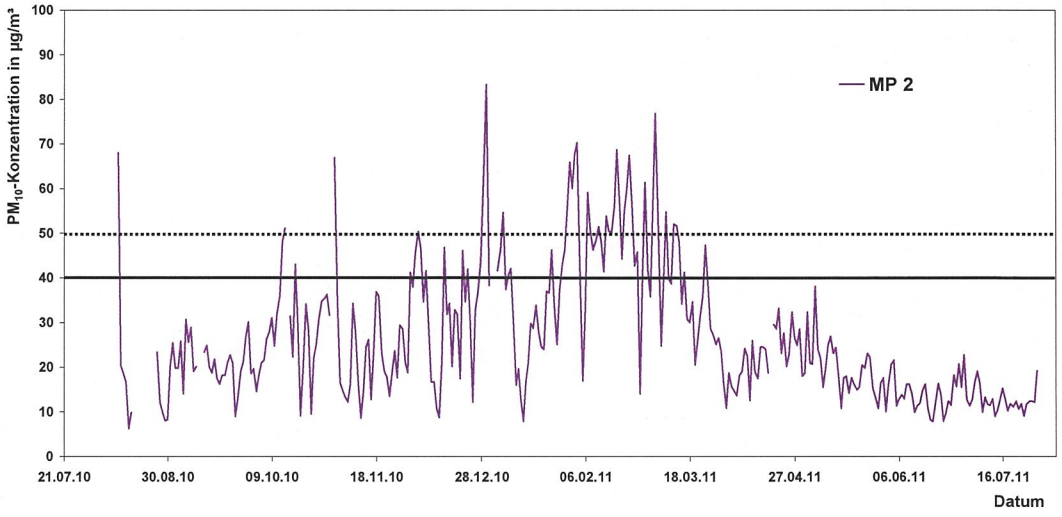

Abbildung 2 Zeitlicher Verlauf der Schwebstaub PM_{10}-Konzentrationen an dem Messpunkt MP 2 für den Zeitraum vom 01.08.2010 bis 29.07.2011.

\\S-STR-FS01\PRJPERSONEDR\85\85697\M85697_02_Ber_6D.DOC

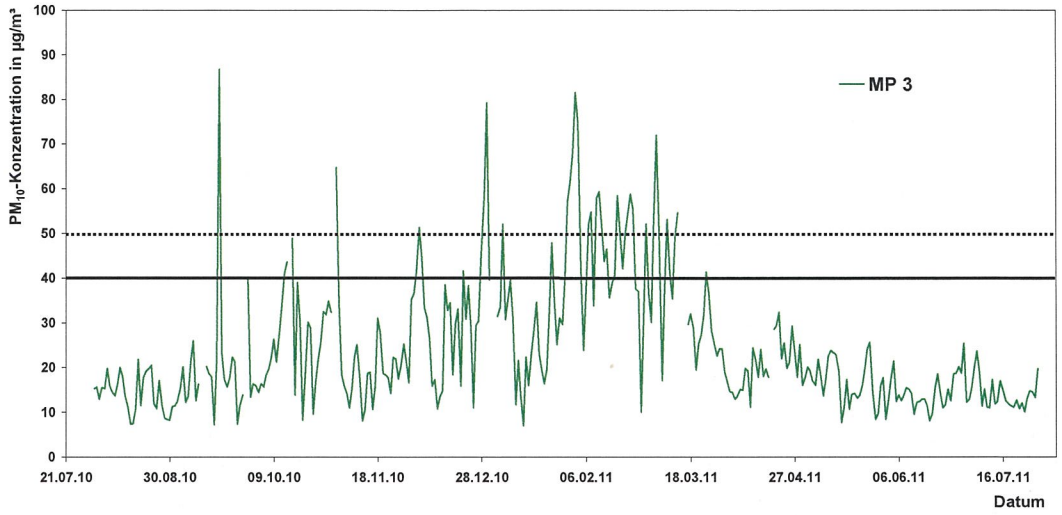

Abbildung 3 Zeitlicher Verlauf der Schwebstaub PM_{10}-Konzentrationen an dem Messpunkt MP 3 für den Zeitraum vom 01.08.2010 bis 29.07.2011.

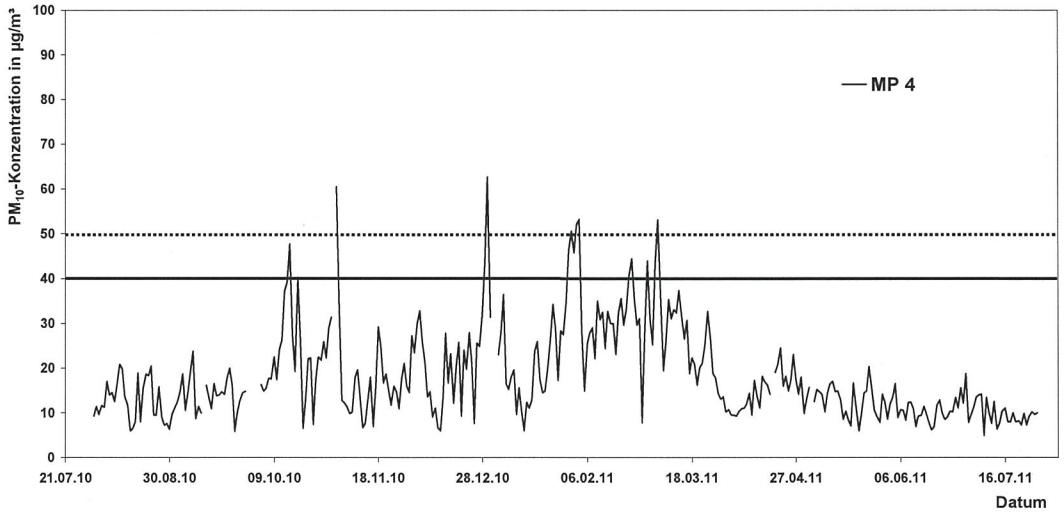

Abbildung 4 Zeitlicher Verlauf der Schwebstaub PM_{10}-Konzentrationen an dem Messpunkt MP 4 für den Zeitraum vom 01.08.2010 bis 29.07.2011.

\\S-STR-FS01\PRJPERSON\EDR\85\85697\M85697_02_Ber_6D.DOC

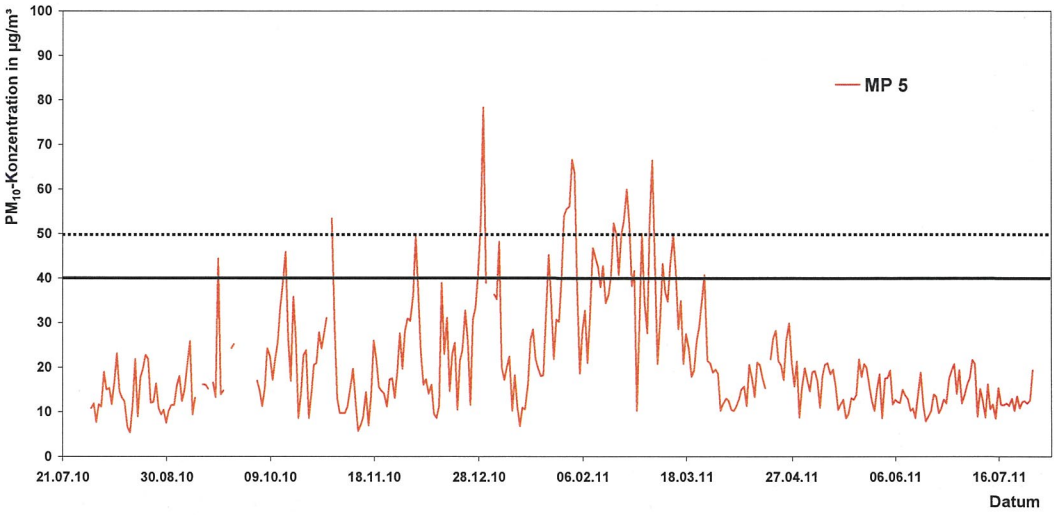

Abbildung 5 Zeitlicher Verlauf der Schwebstaub PM_{10}-Konzentrationen an dem Messpunkt MP 5 für den Zeitraum vom 01.08.2010 bis 29.07.2011.

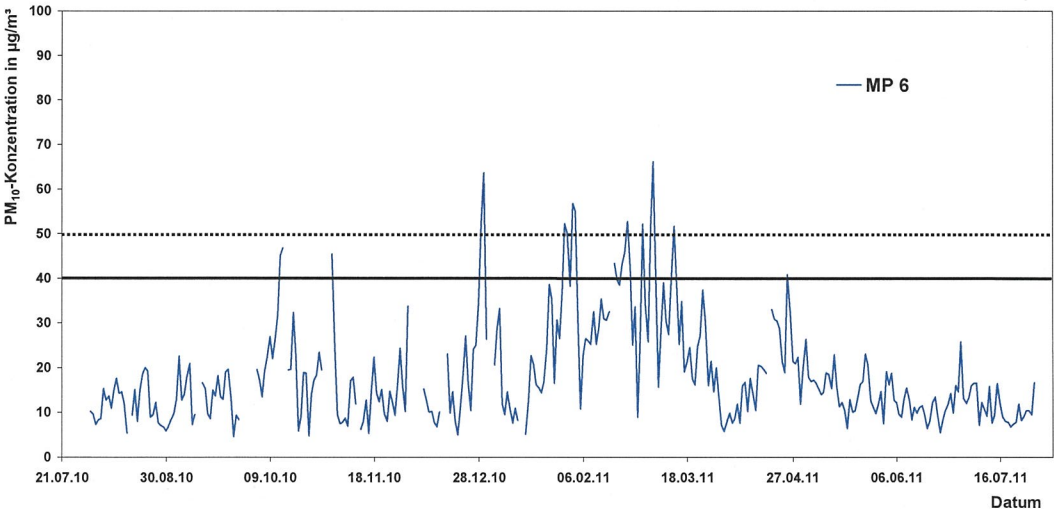

Abbildung 6 Zeitlicher Verlauf der Schwebstaub PM_{10}-Konzentrationen an dem Messpunkt MP 6 für den Zeitraum vom 01.08.2010 bis 29.07.2011.

\\S-STR-FS01\PRJPERSON\EDR\85\85697\M85697_02_Ber_6D.DOC

Anhang 3 Messwerte PM_{10}-Konzentration

PM_{10} in µg/m³	MP1	MP2	MP3	MP4	MP5	MP6
01.08.2010	14		15	9	11	10
02.08.2010	13		16	11	12	9
03.08.2010	11		13	10	8	7
04.08.2010	16		15	12	12	8
05.08.2010	14		15	11	11	9
06.08.2010	20		20	17	19	15
07.08.2010	17		16	14	15	13
08.08.2010	17		14	14	15	14
09.08.2010	14		14	12	12	11
10.08.2010	20		16	16	16	15
11.08.2010	24	68	20	21	23	18
12.08.2010	19	20	18	20	15	14
13.08.2010	17	18	14	14	13	14
14.08.2010	15	17	11	12	12	12
15.08.2010	7	6	7	6	7	5
16.08.2010	8	10	7	7	5	
17.08.2010	11		11	8	11	9
18.08.2010	22		22	19	22	15
19.08.2010	13		11	8	9	8
20.08.2010	20		18	15	18	15
21.08.2010	24		19	19	20	18
22.08.2010	24		20	18	23	20
23.08.2010	25		20	20	22	19
24.08.2010	12		12	9	12	9
25.08.2010	14		11	9	12	9
26.08.2010	44	23	17	16	16	12
27.08.2010	10	12	11	9	11	8
28.08.2010	8	10	9	7	9	7
29.08.2010	7	8	8	8	10	7
30.08.2010	5	8	8	6	7	6
31.08.2010	9	20	11	10	10	7
01.09.2010	11	25	11	11	11	8
02.09.2010	14	20	12	12	11	10
03.09.2010	14	20	15	15	16	13
04.09.2010	21	26	20	19	18	22
05.09.2010	12	14	12	11	12	13
06.09.2010	13	31	13	14	15	14
07.09.2010	20	26	21	19	20	18
08.09.2010	24	29	26	24	26	21
09.09.2010	9	19	12	9	9	7
10.09.2010	15	20	16	11	13	9
11.09.2010	12			10		
12.09.2010						
13.09.2010	22	23	20	16	16	16
14.09.2010	30	25	18	13	16	15
15.09.2010	15	20	18	11	15	9
16.09.2010	15	19	7	16		9
17.09.2010	21	22	22	14	16	15
18.09.2010	15	17	87	14	13	14
19.09.2010	20	16	23	15	44	18
20.09.2010	19	18	17	14	14	13
21.09.2010	17	18	16	18	15	13
22.09.2010	25	21	18	20		19
23.09.2010	27	23	22	16		20
24.09.2010	17	21	21	6	24	13
25.09.2010	6	9	7	10	25	5
26.09.2010	11	13	11	13		9
27.09.2010	15	19	14	14	11	8
28.09.2010	17	21		15		
29.09.2010	29	27	40			
30.09.2010	29	30	13			
01.10.2010	20	18	16			
02.10.2010	19	20	16			
03.10.2010	12	14	14			
04.10.2010	18	18	16	16	17	19
05.10.2010	21	21	16	15	15	17
06.10.2010	22	22	18	16	11	13
07.10.2010	24	26	20	18	15	19
08.10.2010	26	28	22	18	24	22
09.10.2010	27	31	26	22	22	27
10.10.2010	24	25	21	17	17	22
11.10.2010	32	32	27	24	22	26
12.10.2010	35	36	34	26	26	32

PM_{10} in µg/m³	MP1	MP2	MP3	MP4	MP5	MP6
13.10.2010	45	48	41	37	33	45
14.10.2010	52	51	43	39	38	47
15.10.2010				48	46	
16.10.2010	31	31	49	27	26	19
17.10.2010	20	22	14	19	17	20
18.10.2010	41	43	39	40	36	32
19.10.2010	32	29	30	26	26	22
20.10.2010	11	9	8	7	9	6
21.10.2010	21	19	18	13	14	9
22.10.2010	33	34	30	22	23	19
23.10.2010	28	28	29	22	24	19
24.10.2010	10	9	9	7	9	5
25.10.2010	19	22	16	17	14	14
26.10.2010	24	25	22	22	20	17
27.10.2010	29	31	25	22	21	18
28.10.2010	34	35	32	26	28	23
29.10.2010	35	35	32	22	24	19
30.10.2010	36	36	35	29	27	
31.10.2010	32	32	32	31	31	
01.11.2010						
02.11.2010	61	67	65	61	53	45
03.11.2010	36	34	34	33	29	24
04.11.2010	19	16	18	13	13	9
05.11.2010	19	15	16	12	10	7
06.11.2010	15	13	14	11	10	8
07.11.2010	11	12	11	10	10	9
08.11.2010	17	16	15	10	11	7
09.11.2010	28	34	22	18	15	17
10.11.2010	27	28	25	20	20	18
11.11.2010	20	16	17	13	12	12
12.11.2010	11	9	8	7	6	
13.11.2010	16	14	11	8	7	6
14.11.2010	22	24	19	13	9	8
15.11.2010	21	26	19	18	14	13
16.11.2010	13	13	11	7	7	5
17.11.2010	20	23	16	16	14	15
18.11.2010	35	37	31	29	26	22
19.11.2010	34	36	28	25	22	14
20.11.2010	18	23	19	17	15	12
21.11.2010	17	19	18	19	14	15
22.11.2010	20	18	18	15	14	10
23.11.2010	16	13	14	12	11	8
24.11.2010	24	19	22	16	17	15
25.11.2010	33	24	22	15	17	12
26.11.2010	21	18	17	11	13	9
27.11.2010	28	29	20	18	19	16
28.11.2010	29	28	25	21	28	24
29.11.2010	27	21	21	16	20	16
30.11.2010	21	19	16	14	28	10
01.12.2010	39	41	35	27	31	34
02.12.2010	41	38	36	23	30	
03.12.2010	44	45	41	30	36	
04.12.2010	51	50	51	33	49	
05.12.2010	43	47	44	26	37	
06.12.2010	30	35	33	21	23	
07.12.2010	39	41	31	14	16	15
08.12.2010	27	29	26	15	17	13
09.12.2010	17	17	16	9	14	10
10.12.2010	22	17	17	11	16	10
11.12.2010	14	11	11	7	9	8
12.12.2010	14	9	13	6	9	7
13.12.2010	18	21	15	13	11	10
14.12.2010	45	47	38	28	39	
15.12.2010		32	33	17	23	
16.12.2010	38	34	34	23	31	23
17.12.2010	21	20	18	12	14	10
18.12.2010	33	33	30	20	23	14
19.12.2010	33	32	33	26	25	8
20.12.2010	20	17	16	9	10	5
21.12.2010	39	46	41	24	21	11
22.12.2010	32	35	31	20	24	18
23.12.2010	40	42	38	28	33	27
24.12.2010	30	30	29	21	26	16

PM_{10} in µg/m³	MP1	MP2	MP3	MP4	MP5	MP6
25.12.2010	13	12	11	8	11	10
26.12.2010	33	33	29	26	31	24
27.12.2010	33	37	30	25	33	25
28.12.2010	47	43	45	32	41	34
29.12.2010	57	64	58	43	52	52
30.12.2010	79	83	79	63	78	64
31.12.2010	37	38	39	31	39	26
01.01.2011						
02.01.2011						
03.01.2011	47	42	31	23	36	21
04.01.2011	35	46	33	28	35	29
05.01.2011	43	54	52	36	48	33
06.01.2011	26	37	31	16	20	12
07.01.2011	31	40	35	15	17	9
08.01.2011	35	42	39	18	20	14
09.01.2011	28	30	31	20	22	11
10.01.2011	14	16	12	10	10	8
11.01.2011	24	20	22	16	18	11
12.01.2011	18	12	13	10	11	8
13.01.2011	11	8	7	6	7	
14.01.2011	18	16	22	12	11	
15.01.2011	21	21	16	11	11	5
16.01.2011	30	30	22	13	16	12
17.01.2011		29	28	24	26	23
18.01.2011	45	34	34	26	28	21
19.01.2011	35	28	23	17	22	16
20.01.2011	43	24	19	14	20	15
21.01.2011	26	24	16	15	18	14
22.01.2011	30	37	20	20	18	17
23.01.2011	37	37	33	26	32	24
24.01.2011	51	46	48	34	45	39
25.01.2011	39	33	35	29	35	35
26.01.2011	27	25	25	17	22	16
27.01.2011	34	37	31	28	31	31
28.01.2011	37	43	30	27	30	26
29.01.2011	44	46	40	35	40	37
30.01.2011	54	55	57	46	54	52
31.01.2011	63	66	61	51	55	50
01.02.2011	58	60	68	46	56	38
02.02.2011	68	68	81	52	66	57
03.02.2011	83	70	75	53	63	55
04.02.2011	49	40	42	28	37	31
05.02.2011	33	17	24	15	18	11
06.02.2011	45	33	37	25	28	23
07.02.2011	67	59	52	28	33	26
08.02.2011	53	51	55	29	21	26
09.02.2011	38	46	34	22	31	25
10.02.2011	60	48	58	35	47	32
11.02.2011	74	51	59	31	44	25
12.02.2011	58	48	52	32	42	29
13.02.2011	49	41	44	24	38	35
14.02.2011	53	54	46	33	43	31
15.02.2011	47	50	35	30	34	31
16.02.2011	45	50	39	30	36	32
17.02.2011		56	41	23	41	
18.02.2011	61	69	58	32	52	43
19.02.2011	52	57	50	35	50	40
20.02.2011	41	44	42	30	41	38
21.02.2011	50	55	50	33	49	43
22.02.2011	54	60	54	40	53	46
23.02.2011	69	67	59	44	60	53
24.02.2011	62	56	55	35	52	43
25.02.2011	38	43	37	30	38	25
26.02.2011	48	46	37	31	41	33
27.02.2011	15	14	10	8	10	9
28.02.2011	35	40	31	27	29	26
01.03.2011	63	61	52	44	50	52
02.03.2011	41	42	37	31	35	34
03.03.2011	33	36	30	25	28	26
04.03.2011	57	56	53	43	54	51
05.03.2011	76	77	72	53	66	66
06.03.2011	52	53	50	36	43	40
07.03.2011	30	25	17	19	21	16

\\S-STR-FS01\PRJPERSONEDR\85\85697\M85697_02_Ber_6D.DOC

PM_{10} in µg/m³	MP1	MP2	MP3	MP4	MP5	MP6
08.03.2011	47	40	38	26	30	28
09.03.2011	57	55	53	35	43	39
10.03.2011	45	40	41	31	37	30
11.03.2011	42	39	35	33	35	27
12.03.2011	53	52	49	32	43	39
13.03.2011	58	52	55	37	49	52
14.03.2011	51	48		32	41	39
15.03.2011		34		26	28	25
16.03.2011		41		31	35	35
17.03.2011	29	31	30	19	21	19
18.03.2011	33	30	32	22	27	21
19.03.2011	33	35	29	21	24	24
20.03.2011	21	20	19	16	18	17
21.03.2011	26	26	25	20	19	16
22.03.2011	31	31	27	21	26	25
23.03.2011	35	36	32	25	29	27
24.03.2011	49	47	41	33	35	37
25.03.2011	42	39	37	27	41	30
26.03.2011	28	29	28	19	21	16
27.03.2011	26	27	25	18	21	21
28.03.2011	22	25	22	14	19	14
29.03.2011	25	26	24	13	19	20
30.03.2011	28	23	24	14	18	13
31.03.2011	18	16	19	10	10	7
01.04.2011	23	11	17	11	12	6
02.04.2011	18	19	14	9	13	8
03.04.2011	17	16	14	9	12	10
04.04.2011	19	14	13	9	10	8
05.04.2011	19	14	14	10	10	9
06.04.2011	20	18	15	11	11	12
07.04.2011	20	19	15	11	13	8
08.04.2011	24	24	20	12	15	16
09.04.2011	22	22	19	14	16	17
10.04.2011	15	12	11	9	11	10
11.04.2011	27	26	24	17	20	18
12.04.2011	21	19	22	14	17	14
13.04.2011	17	17	18	11	13	10
14.04.2011	27	24	24	18	21	20
15.04.2011	24	24	18	17	20	20
16.04.2011		24	20	16	18	20
17.04.2011		19	18	14	15	19
18.04.2011						
19.04.2011	32	29	28	19	22	33
20.04.2011	36	28	29	21	26	31
21.04.2011	32	33	32	24	28	30
22.04.2011	24	23	22	16	21	29
23.04.2011	26	28	25	18	20	21
24.04.2011	25	20	20	15	17	19
25.04.2011	24	23	21	17	26	41
26.04.2011	30	32	29	23	30	32
27.04.2011	27	26	24	17	21	21
28.04.2011	24	25	18	14	16	21
29.04.2011	28	28	25	18	21	22
30.04.2011	17	18	16	10	9	12
01.05.2011	21	19	18	13	15	20
02.05.2011	27	32	20	16	20	26
03.05.2011	20	21	19		17	18
04.05.2011	22	21	17	12	14	17
05.05.2011	27	38	16	15	19	17
06.05.2011	24	24	22	15	19	16
07.05.2011	20	22	18	14	17	15
08.05.2011	16	15	14	10	11	14
09.05.2011	20	20	17	14	18	14
10.05.2011	29	25	22	16	20	19
11.05.2011	27	27	24	17	21	18
12.05.2011	23	23	23	15	18	15
13.05.2011	25	24	23	15	19	23
14.05.2011	18	17	19	13	16	16
15.05.2011	11	11	8	9	10	11
16.05.2011	15	18	11	10	12	12
17.05.2011	16	18	17	8	13	11
18.05.2011	13	14	11	7	9	6
19.05.2011	11	18	14	17	10	13

PM_{10} in µg/m³	MP1	MP2	MP3	MP4	MP5	MP6
20.05.2011	12	16	14	11	13	10
21.05.2011	13	15	13	6	13	10
22.05.2011	15	16	14	10	14	13
23.05.2011	18	20	16	14	22	16
24.05.2011	18	20	20	15	18	17
25.05.2011	20	23	24	20	21	23
26.05.2011	23	22	26	16	20	21
27.05.2011	14	15	14	11	16	12
28.05.2011	11	13	8	9	12	11
29.05.2011	10	11	10	8	10	10
30.05.2011	16	16	16	14	15	12
31.05.2011	15	18	18	12	18	15
01.06.2011	9	10	8	9	9	7
02.06.2011	14	16	12	12	17	19
03.06.2011	19	21	18	13	18	16
04.06.2011	21	22	21	16	19	19
05.06.2011	12	11	12	9	12	13
06.06.2011	13	13	14	11	13	12
07.06.2011	12	14	12	11	12	9
08.06.2011	11	13	14	8	12	9
09.06.2011	14	16	15	12	15	13
10.06.2011	17	16	15	12	14	15
11.06.2011	10	14	14	11	13	13
12.06.2011	9	10	9	7	10	8
13.06.2011	10	11	12	9	11	11
14.06.2011	12	12	12	9	9	10
15.06.2011	13	15	13	11	14	11
16.06.2011	18	16	13	10	19	11
17.06.2011	11	11	11	8	12	9
18.06.2011	7	8	8	6	8	6
19.06.2011	7	8	9	7	9	8
20.06.2011	13	12	15	12	10	12
21.06.2011	13	16	18	13	14	13
22.06.2011	14	14	14	10	13	9
23.06.2011	9	8	11	9	10	5
24.06.2011	10	10	12	9	11	8
25.06.2011	13	12	15	10	13	10
26.06.2011	12	11	12	10	12	12
27.06.2011	18	18	18	13	17	14
28.06.2011	18	16	19	11	19	10
29.06.2011	21	21	20	16	21	16
30.06.2011	16	15	19	12	14	14
01.07.2011	27	23	25	19	19	26
02.07.2011	12	13	12	8	12	13
03.07.2011	12	11	13	9	14	12
04.07.2011	16	13	16	11	16	13
05.07.2011	19	16	20	14	18	16
06.07.2011	22	19	24	14	22	16
07.07.2011	18	16	19	14	21	16
08.07.2011	8	10	11	5	9	7
09.07.2011	14	13	15	13	15	12
10.07.2011	11	12	11	10	12	11
11.07.2011	12	11	11	8	9	9
12.07.2011	15	13	17	12	16	16
13.07.2011	6	9	12	6	11	8
14.07.2011	9	10	12	8	12	9
15.07.2011	16	13	17	10	8	16
16.07.2011	16	15	15	11	15	12
17.07.2011	11	13	12	8	11	9
18.07.2011	11	10	12	8	11	8
19.07.2011	12	12	11	10	12	8
20.07.2011	9	11	11	8	11	7
21.07.2011	12	12	13	8	13	7
22.07.2011	10	11	11	7	10	8
23.07.2011	14	12	12	10	13	12
24.07.2011	10	9	10	7	11	8
25.07.2011	15	12	13	9	12	9
26.07.2011	15	12	15	10	12	10
27.07.2011	15	12	14	10	12	10
28.07.2011	13	12	13	10	12	9
29.07.2011	19	19	20		19	17

\\S-STR-FS01\PRJPERSONEDR\85\85697\M85697_02_Ber_6D.DOC

Anhang 4 Messreihen zum Vergleich

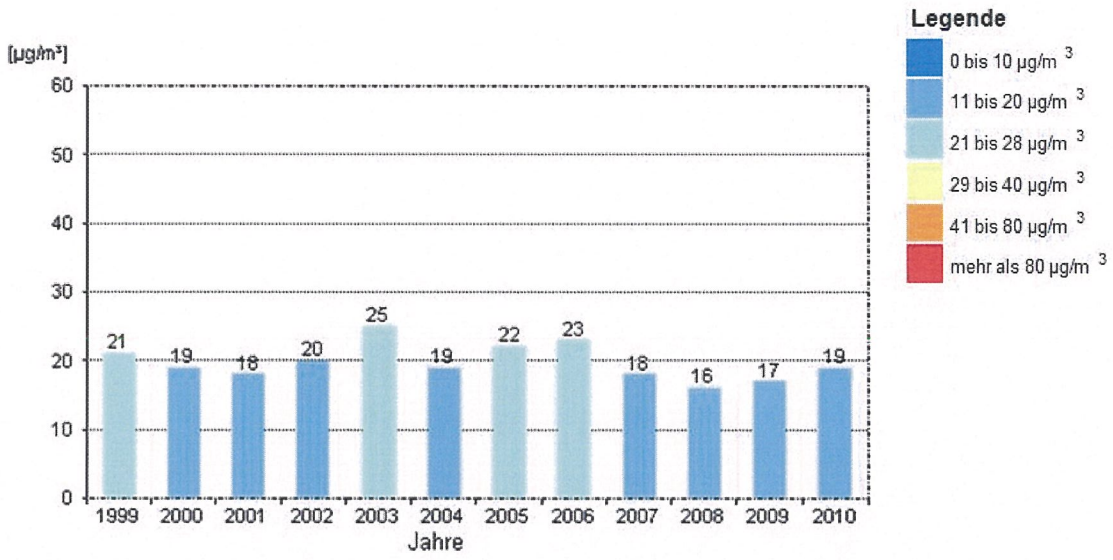

Abbildung 7 Auszug mehrjähriger PM_{10}-Messdaten aus Biberach [18].

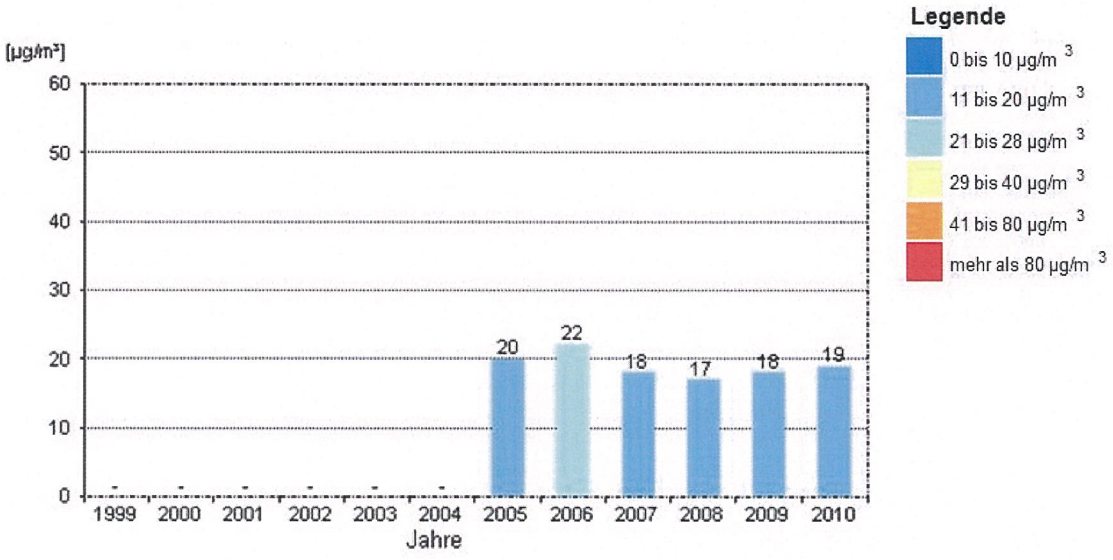

Abbildung 8 Auszug mehrjähriger PM_{10}-Messdaten aus Pfullendorf [18].

\\S-STR-FS01\PRJPERSONEDR\85\85697\M85697_02_Ber_6D.DOC

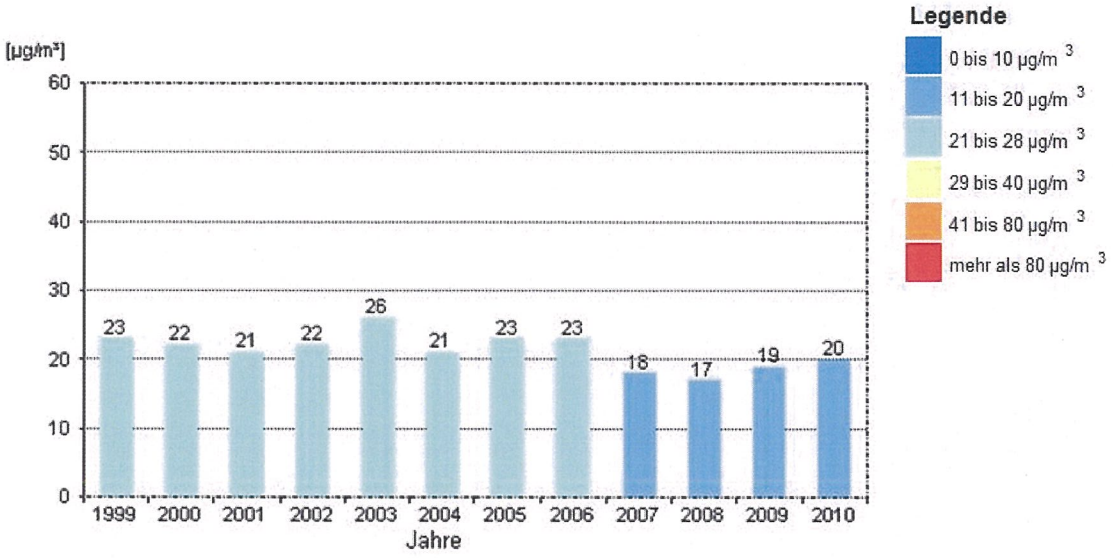

Abbildung 9 Auszug mehrjähriger PM_{10}-Messdaten aus Friedrichshafen [18].

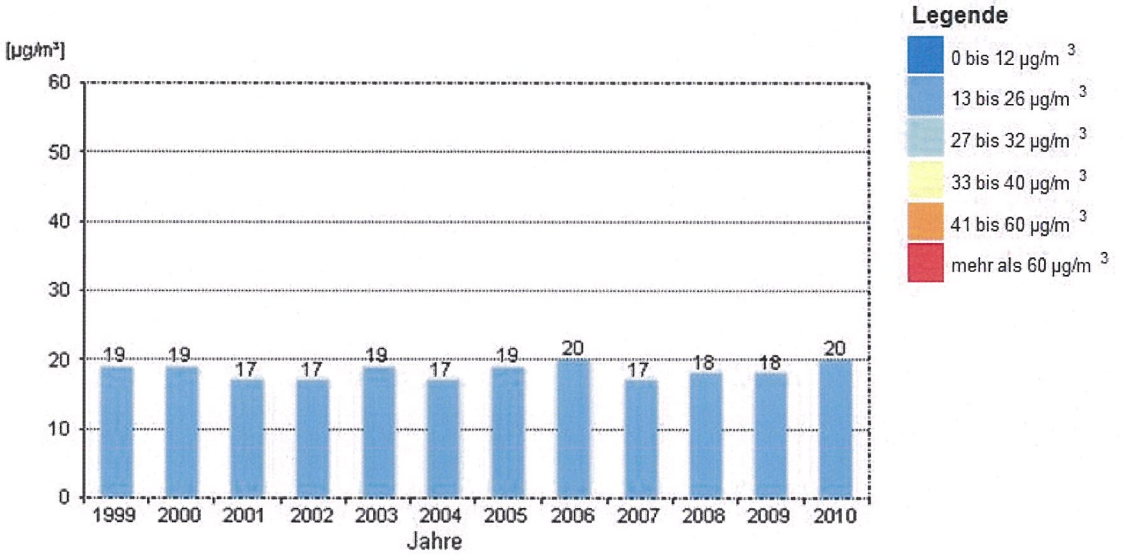

Abbildung 10 Auszug mehrjähriger NO_2-Messdaten aus Biberach [18].

\\S-STR-FS01\PRJPERSONIEDR\85\85697\M85697_02_Ber_6D.DOC

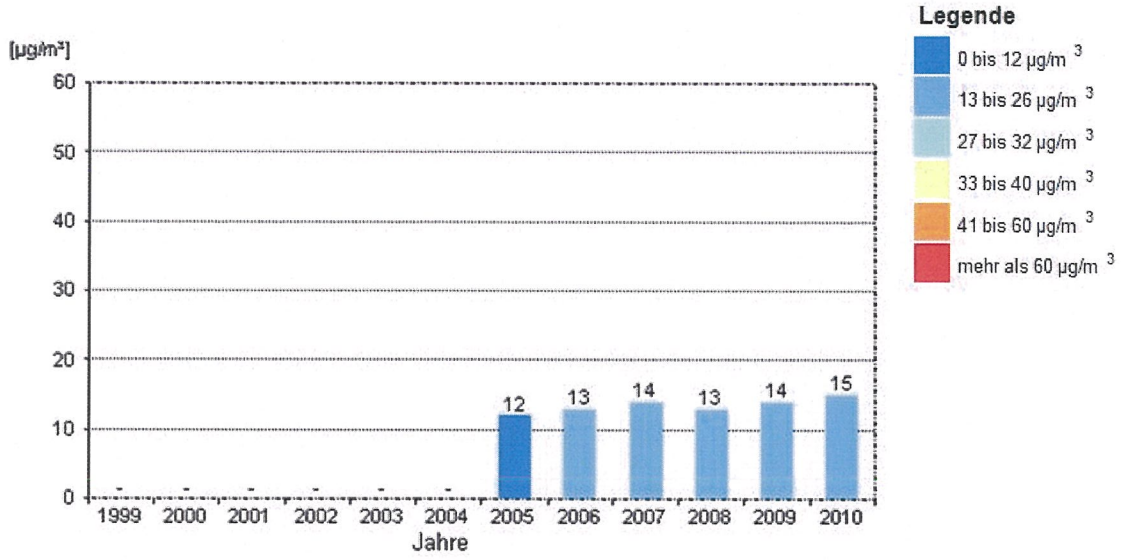

Abbildung 11 Auszug mehrjähriger NO_2-Messdaten aus Pfullendorf [18].

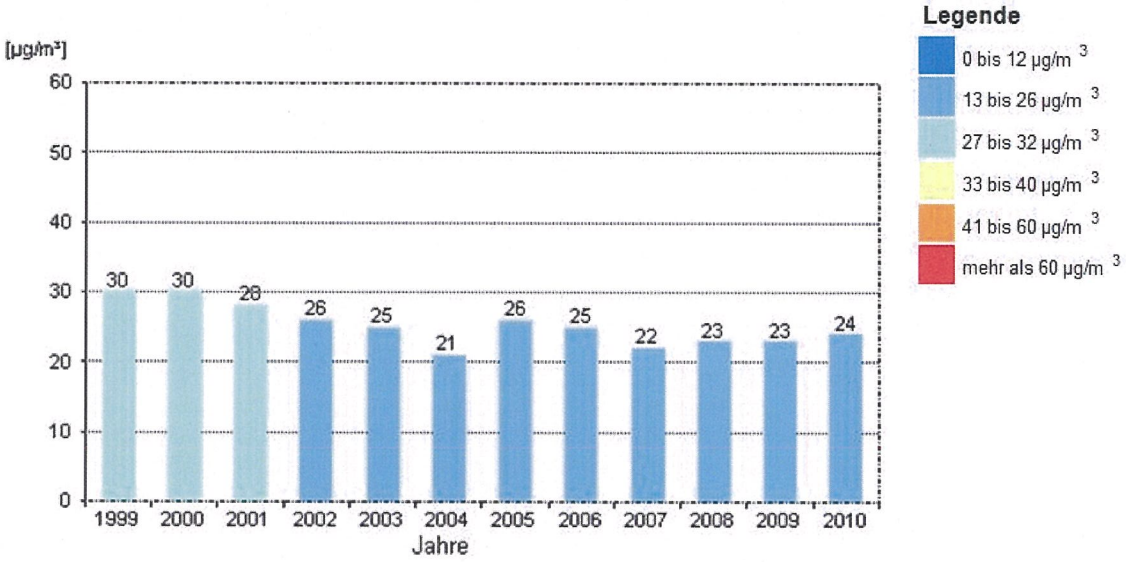

Abbildung 12 Auszug mehrjähriger NO_2-Messdaten aus Friedrichshafen [18].

\\S-STR-FS01\PRJPERSONIEDR\85\85697\M85697_02_Ber_6D.DOC