

**Ingenieurbüro
Dr.-Ing. Achim Lohmeyer
Karlsruhe und Dresden**
Strömungsmechanik
Immissionsschutz
Windkanaluntersuchungen

An der Roßweid 3
76229 Karlsruhe

Telefon: 0721 / 6 25 10 -0
Telefax: 0721 / 6 25 10 30
E-Mail: info.ka@lohmeyer.de
USt-IdNr.: DE 143545044

3. Materialienband für Maßnahmenpläne nach der EU-Richtlinie zur Luftqualität

Kurzbericht

AEROSOLBUDGET IN EINEM LANDWIRTSCHAFTLICH GEPRÄGTEN GEBIET IN NIEDERSACHSEN

Auftraggeber: Niedersächsisches Landesamt
für Ökologie NLÖ
Göttinger Straße 14
30449 Hannover

In Zusammenarbeit

**Ing.-Büro
Dr.-Ing. Achim Lohmeyer,
Karlsruhe**

Dr.-Ing. W. Bächlin
Dr.-Ing. A. Lohmeyer

IUTA, Duisburg
Dr.rer.nat. T. Kuhlbusch

**Institut für Verfahrenstechnik
und Dampfkesselwesen,
Universität Stuttgart**
Dipl.-Ing. A. Dreiseidler
Prof. Dr.-Ing. G. Baumbach

**Niedersächsisches Lan-
desamt für Ökologie NLÖ,
Hannover**

Dr. K.-P. Giesen
Dr. B. Heits
Dipl.-Met. W.J. Müller
Dipl.-Ing. E. Klasmeier
CTA Heike Schmidt

Dezember 2003

Projekt 1890

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG.....	1
2	BESCHREIBUNG UNTERSUCHUNGSGEBIETE UND STATIONEN.....	1
3	VORGEHENSWEISE	3
4	ERGEBNISSE.....	6
	4.1 Meteorologie.....	6
	4.2 Massenkonzentrationen	6
	4.3 Vergleich Gravimetrie und Radiometrie.....	9
	4.4 Inhaltsstoffe	9
	4.5 Partikelgrößenverteilung.....	13
5	FAZIT	14
6	LITERATUR.....	15

Hinweise:

Die Tabellen und Abbildungen sind kapitelweise durchnummeriert.

Literaturstellen sind im Text durch Name und Jahreszahl zitiert und nur in der Langfassung ausgewiesen. Es werden Dezimalpunkte (= wissenschaftliche Darstellung) verwendet, keine Dezimalkommas. Eine Abtrennung von Tausendern erfolgt durch Leerzeichen.

1 EINLEITUNG

Der Grenzwert für die Anzahl der Überschreitungen des PM10-Tagesmittelwertes (Tagesmittelwerte $TMW > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) gemäß der 1. EU-Tochtrichtlinie 1999/30/EG bzw. 22. BImSchV (2002) wird in Niedersachsen an mehreren Messstellen überschritten (LÜN-Jahresberichte 2000-2003). Es bedarf daher für PM10 einer detaillierteren Betrachtung der möglichen Quellen und Ursachen. Da sich diese Überschreitungen nicht nur auf städtische, verkehrsgeprägte Messstellen beziehen sondern auch im ländlichen Bereich registriert werden, wurde vom Niedersächsischen Landesamt für Ökologie, NLÖ eine Untersuchung initiiert. Sie hat zum Ziel, das Aerosolbudget in einem landwirtschaftlich geprägten Gebiet näher zu beschreiben und mit dem eines städtisch geprägten Gebietes zu vergleichen. Dabei sollen die qualitativen und quantitativen Unterschiede der Feinstaub PM10-Belastungen herausgearbeitet werden für

- einen Standort, der durch landwirtschaftliche Aktivitäten, insbesondere Tierhaltung geprägt wird und
- einen Standort in einem Ballungsgebiet, der hinsichtlich seiner PM10-Belastung städtisch geprägt und somit durch den Kraftfahrzeugverkehr dominiert wird.

Ausgewählt wurden als repräsentative Standorte die beiden LÜN-Messstationen in Bösel (BLWW) und Hannover (HRSW). Untersucht und verglichen wurden die Massenkonzentrationen PM10, die Inhaltsstoffe und die Partikelgrößenverteilungen an beiden Stationen.

In dem vorliegenden Kurzbericht werden die Ergebnisse zusammengefasst. Der Gesamtbericht (Bächlin et al., 2003a) steht im Internet unter www.nloe.de bzw. www.lohmeyer.de zur Verfügung und liegt auf CD vor. Eine Kopie kann beim NLÖ angefordert werden.

2 BESCHREIBUNG UNTERSUCHUNGSGEBIETE UND STATIONEN

Die Station Bösel (BLWW) befindet sich am Rand der Kleinstadt Bösel. Bösel ist ein Ort mit ca. 7 500 Einwohnern und liegt im Regierungsbezirk Weser-Ems im Landkreis Cloppenburg nördlich der Stadt Cloppenburg und südwestlich der Stadt Oldenburg (siehe **Abb. 1**). Der Landkreis Cloppenburg ist durch eine sehr hohe Tierdichte gekennzeichnet. Die eingerichtete Messstelle Bösel des Lufthygienischen Überwachungssystems Niedersachsen LÜN liegt am südwestlichen Rand der Gemeinde auf einem freien Platz in unmittelbarer Nähe eines Wohnhauses; die nächsten landwirtschaftlichen Anwesen finden sich in ca. 200-300 m Entfernung. **Abb. 2** zeigt den Messcontainer mit Blick aus Nordwest. Die Messstation Bösel war in Ergänzung zur Standardausrüstung als LÜN-Station mit zwei Digital DHA-80-Sammlern mit PM10-Probenahmesystemen ausgestattet. Die Ansaugöffnungen der beiden Geräte befinden sich in ca. 3 m Höhe. Zusätzlich werden seit Mitte 2002 orientierende Ammoniak-Messungen mit kontinuierlich arbeitenden Messgeräten und mit verschiedenen Passivsammlern durchgeführt.

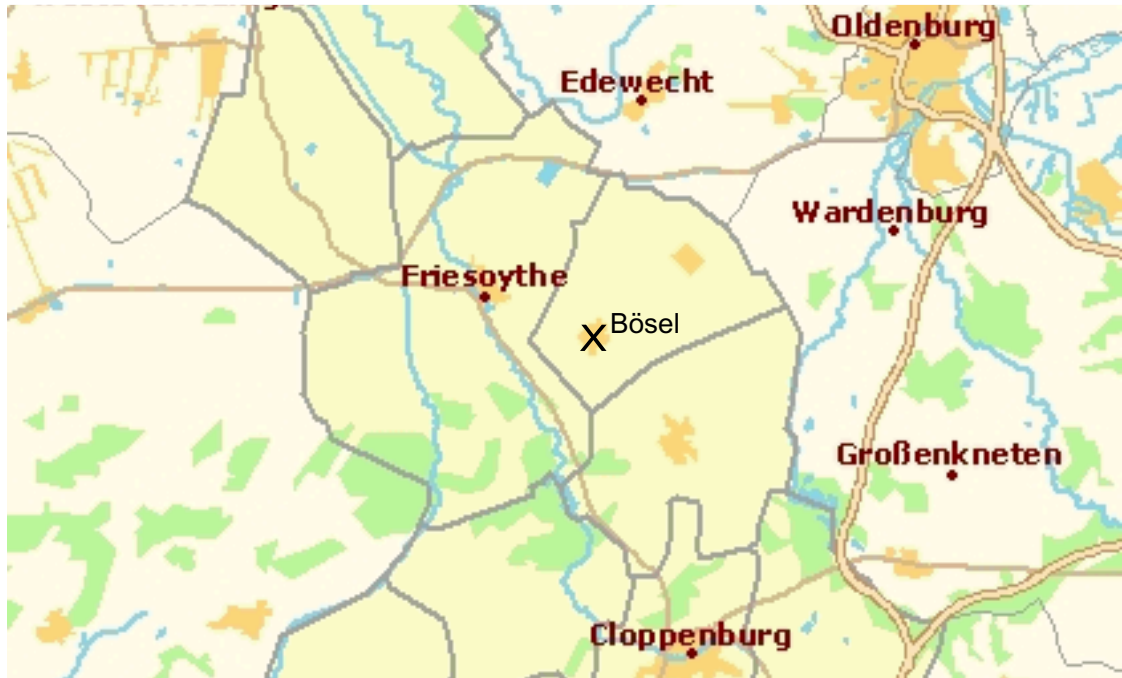


Abb. 1: Übersichtskarte zum Standort Bösel

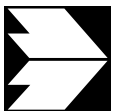


Abb. 2: Messstation Bösel in landwirtschaftlich geprägtem Gebiet - Blick aus Nordwest

Die Station Hannover (HRSW) befindet sich auf dem Dach des Gebäudes des Niedersächsischen Landesamtes für Ökologie (32 m über Grund) in der Göttinger Straße im Stadtteil Linden im Südwesten von Hannover.

Die Umgebung westlich der Göttinger Straße (siehe Bächlin et al. (2003)) ist geprägt durch das frühere Hanomag-Industriegelände, heute Fa. Komatsu-Hanomag AG, und östlich der Göttinger Straße durch städtische 4-6 stöckige Bebauung (siehe **Abb. 3**). Teile der Industriegebäude wurden in den letzten Jahren zurückgebaut, es haben sich Baumärkte und Speditionen mit großen Frei- und Parkplatzflächen angesiedelt. Das Dach des NLÖ-Gebäudes ist ein Flachdach mit einer Höhe von 32 m auf dem sich die Station befindet.

In unmittelbarer Nähe (ca. 20 m Abstand) zur LÜN-Station HRSW wurden auf dem Flachdach des NLÖ-Gebäudes zwei Digital DHA-80-Sammler mit PM10-Probenahmesystem aufgestellt. Die Ansaugstutzen befanden sich in ca. 2 m Höhe über Dachniveau; die beiden Geräte sind in **Abb. 4** dargestellt.

Die meteorologischen Größen Windgeschwindigkeit und Windrichtung wurden an der Station Bösel (BLWW) mittels eines Schalenkreuzanemometers (Fa. Thies) in 10 m Höhe erfasst. An der Station Hannover (HRSW) wurde ebenfalls ein Schalenkreuzanemometer eingesetzt, das Messgerät befand sich ca. 10 m über dem Flachdach in 42 m Höhe bezogen auf das Straßenniveau.

Die Messwerte der LÜN-Stationen wurden als Halbstundenmittelwerte abgelegt und daraus für die vorliegende Studie die Tagesmittelwerte gebildet. Die Windrichtung wurde vektoriell gemittelt.

In Ergänzung zu den beiden oben genannten Messorten wurden die Messergebnisse von weiteren Stationen herangezogen und verglichen. Es waren dies die durch das Umweltbundesamt betriebenen Stationen Bassum und Waldhof, zwei Messstellen aus den Niederlanden, gekennzeichnet mit den Nummern NL 722 (Eibergen) und NL 929 (Valthermond) und die Messstation nördlich von Wilhelmshaven WNCC (Jadebusen) des LÜN (siehe **Abb. 5**).

3 VORGEHENSWEISE

Die Filter-Proben wurden an jedem der beiden Standorte mit jeweils zwei Digital DHA-80-Sammlern mit PM10-Probenahmesystem erfasst. Über einen Zeitraum von einem Jahr, vom 01.04.2002 bis zum 31.03.2003, wurden Tagesproben gezogen. Es wurde somit eine Vegetationsperiode repräsentativ abgedeckt.

Die beiden Sammler an einem Standort wurden mit zwei unterschiedlichen Filtermaterialien betrieben, um die Erfordernisse der Stoffanalyse bezüglich des Filtermaterials zu erfüllen.

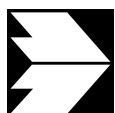


Abb. 3: Blick vom Dach des NLÖ-Gebäudes nach Nordosten in Richtung Zentrum Hannover



Abb. 4: Digital-Sammler auf dem Dach des NLÖ-Gebäudes in Hannover (HRSW) - Blick aus Nordwest

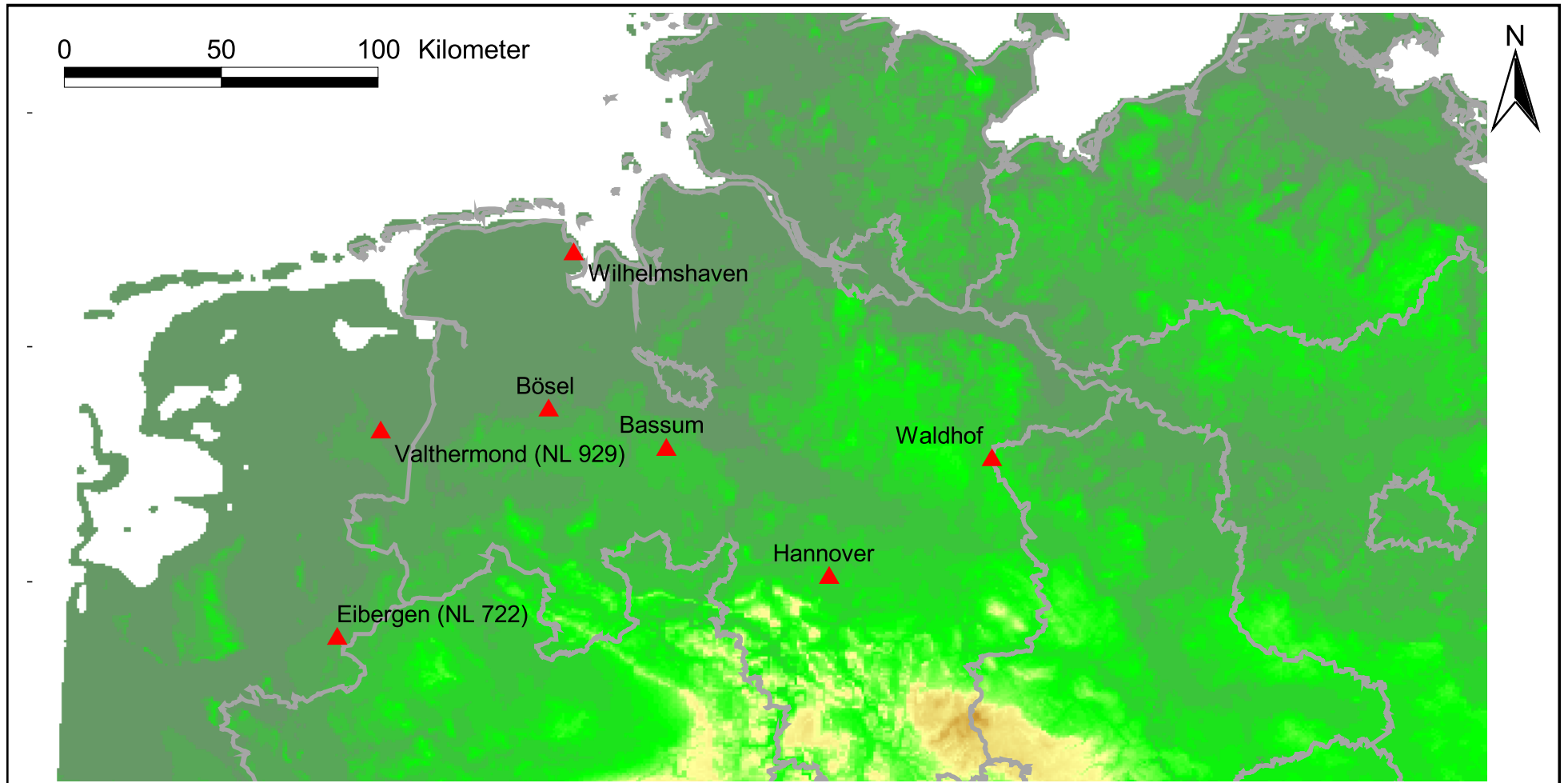


Abb. 5: Lageplan der Messstellen - Bösel (BLWW) R 342908 H 587447 - Hannover (HRSW) R 354870 H 580310 sowie weitere Vergleichsstationen

Zum Einsatz kamen Quarzfaser- und Cellulose-Nitrat-Filter. Die Massenkonzentrationen wurden für alle Proben gravimetrisch ermittelt; ergänzend wurden diese verglichen mit den Tagesmittelwerten (TMW) der an beiden Stationen betriebenen Beta-Staubmetern FH62 I-N. Eine ausgewählte Probenanzahl von 100 Filtern je Messgerät wurde auf die chemischen Inhaltsstoffe hin analysiert.

Ergänzend zu diesen Arbeiten wurden während zweier Intensivmessphasen von jeweils ca. 14 Tagen Parallelmessungen mit zwei optischen Partikelzählern durchgeführt.

4 ERGEBNISSE

4.1 Meteorologie

Die an den beiden Standorten erfassten Windverteilungen unterscheiden sich, wie in **Abb. 6** dargestellt. Während in Bösel Winde aus Süd-Südwest und Ost-Südost vorherrschten, ergaben sich für Hannover vorwiegend Winde aus West bis West-Nordwest und aus Ost-Südost. Die mittlere Geschwindigkeit in Bösel lag bei 2.2 m/s in 10 m über Grund, in Hannover bei 3.4 m/s in 42 m über Grund bzw. 10 m über Dach.

4.2 Massenkonzentrationen

Bei der Gegenüberstellung der Massenkonzentrationen zwischen den beiden Filtermaterialien ergaben sich keine signifikanten Unterschiede. Die Verläufe der Konzentrationszeitreihen an beiden Stationen waren während des Betrachtungszeitraumes sehr ähnlich. Die Zeitreihen und die Korrelationen für die beiden Stationen sind in **Abb. 7** dargestellt.

Die gemessenen Jahresmittelwerte während des Messzeitraumes April 2002 bis März 2003 unterscheiden sich um weniger als 5 %. Die Anzahl der Überschreitungen eines Tagesmittelwertes PM₁₀ von 50 µg/m³ lag mit 45 in Hannover (HRSW) und 44 in Bösel (BLWW) deutlich über der zulässigen Anzahl von 35 Überschreitungen im Jahr (Grenzwert ab 2005).

Der Vergleich mit anderen Stationen in Niedersachsen und in den Niederlanden zeigte ebenfalls ähnliche Verläufe der Zeitreihen, wenn sich auch die durchschnittlichen PM₁₀-Konzentrationen regional geringfügig unterscheiden. Diese Aussage wird auch unterstützt durch die gemessenen Partikelanzahlverteilungen an den beiden Stationen. Dies führt zu dem Schluss, dass ein wesentlicher Anteil der PM₁₀-Massenkonzentrationen durch großräumige meteorologische Verhältnisse bedingt ist. Untermauert wird diese Aussage durch Vergleich mit der als Hintergrundmessstation angenommenen LÜN-Station Jadebusen in Wilhelmshaven. Der Jahresmittelwert an der Hintergrundmessstation lag bei 26 µg/m³, während an den beiden betrachteten Stationen in Bösel (BLWW) und Hannover (HRSW) Werte von 30 µg/m³ bzw. 32 µg/m³ gemessen wurden.

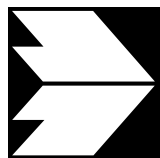
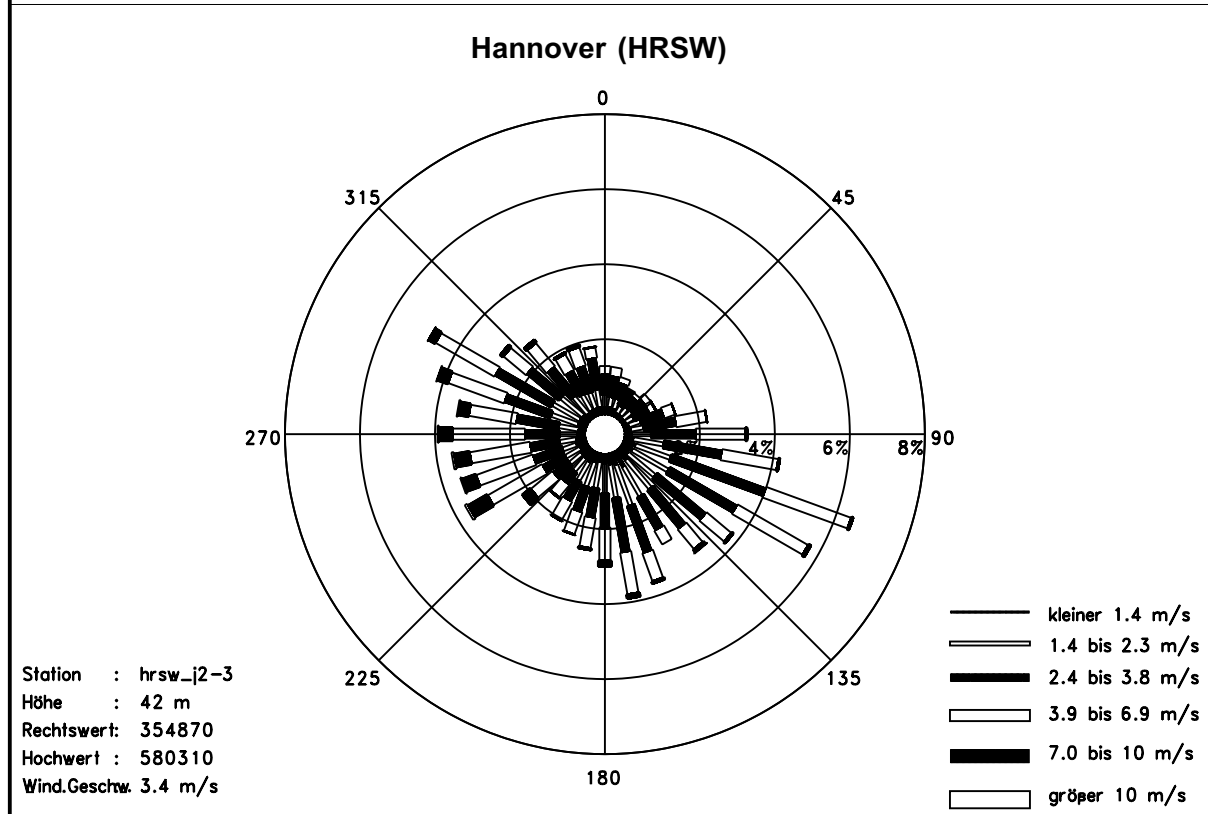
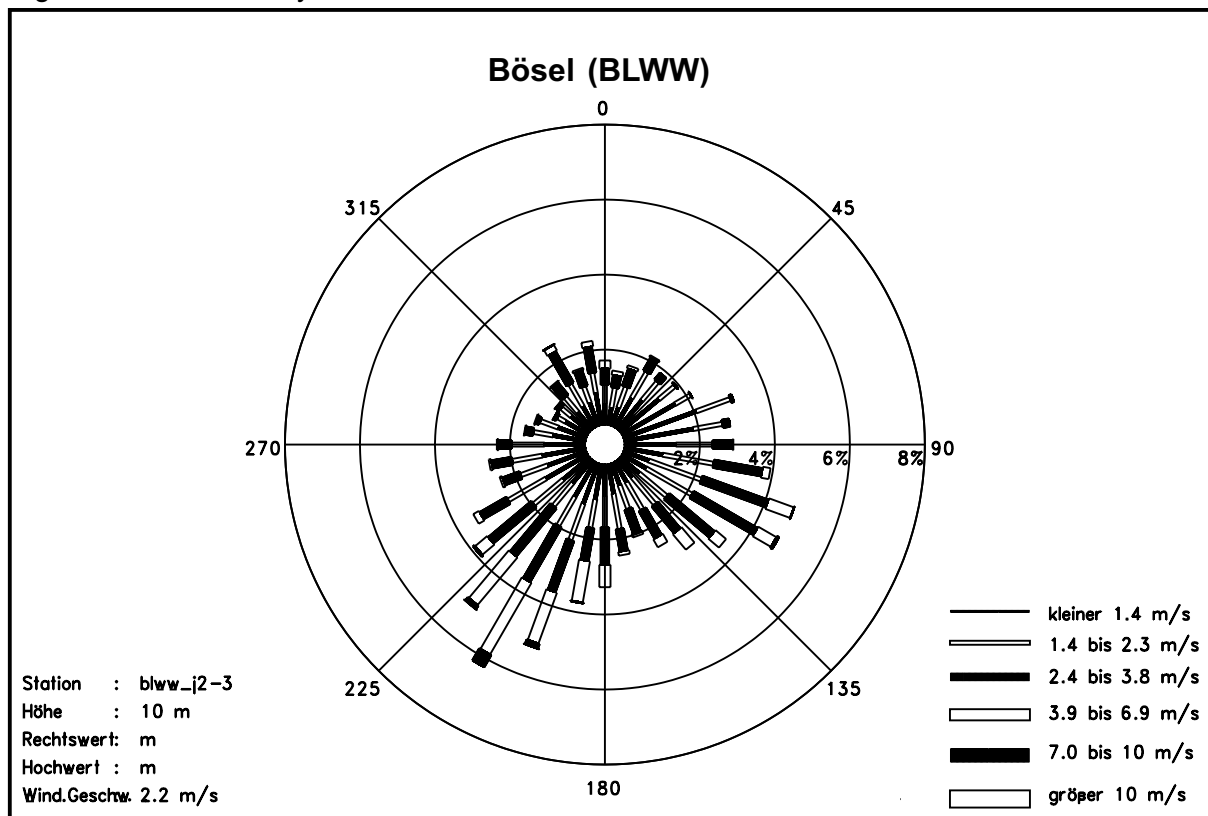


Abb. 6: Windrichtungs- und -geschwindigkeitsverteilung in Bösel (BLWW) und Hannover (HRSW) für den Zeitraum 1.4.02 bis 31.3.03

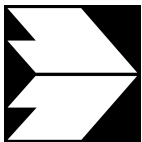
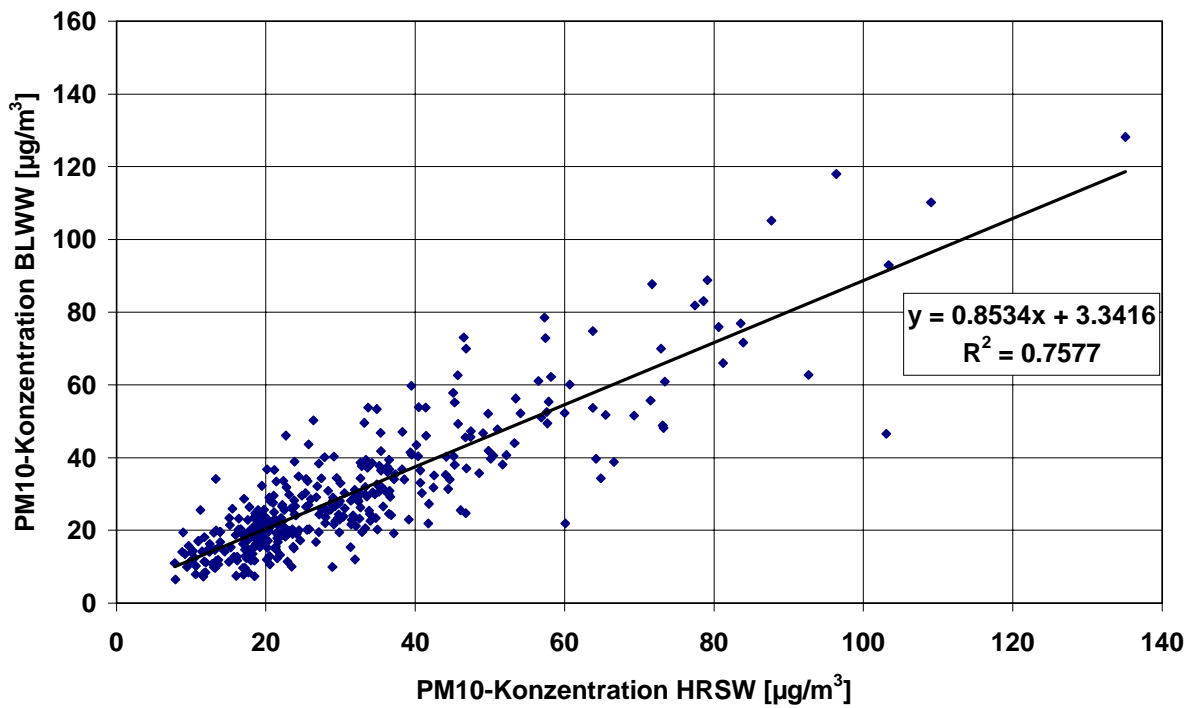
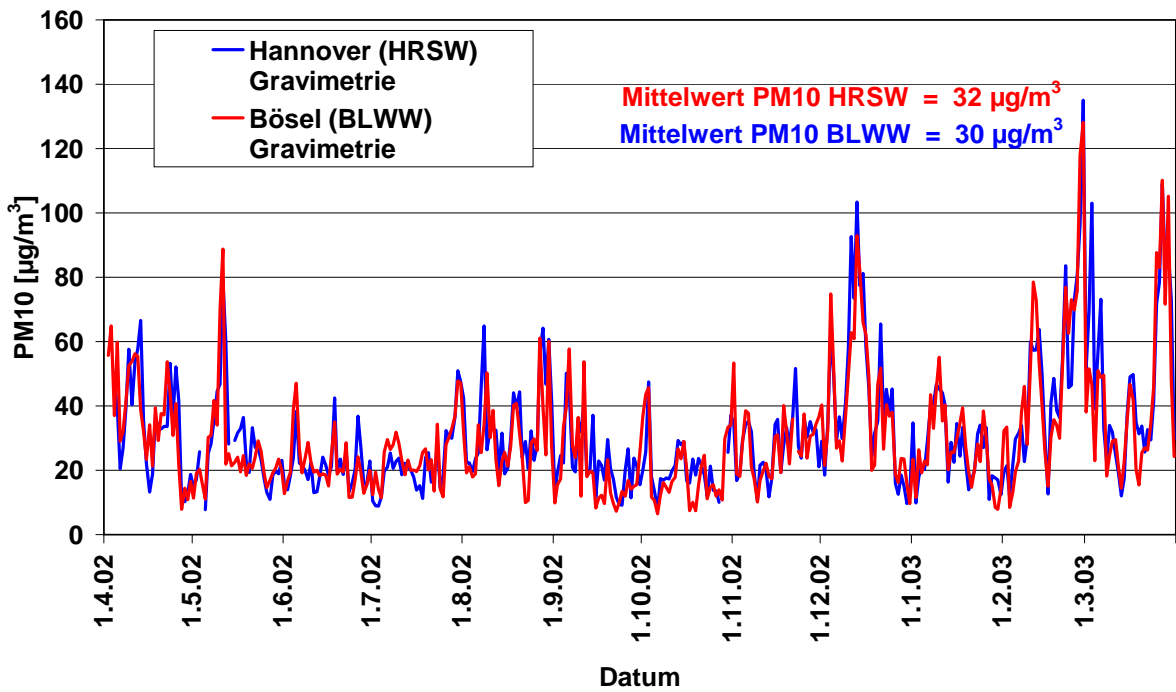


Abb. 7: Vergleich der aus beiden Filtertypen gemittelten Zeitreihen für die Stationen Bösel (BLWW) und Hannover (HRSW)
 oben : Zeitreihen
 unten: Korrelation

Zu ähnlichen Aussagen führt auch das MODMESS-Vorhaben (siehe Jacobs et al. (2004)), bei dem modellgestützte Analysen der PM-Messungen durchgeführt wurden. Mit diesen Werten ergibt sich ein Anteil von ca. 20 % für die regionalen und lokalen Quellen im Bereich Bösel. Auf diesen Anteil an der allgemeinen PM₁₀-Belastung kann durch Minderungsmaßnahmen in der näheren Umgebung Einfluss genommen werden. Ungefähr 80 % sind nach diesen Abschätzungen im westlichen Niedersachsen auf überregionale Einflüsse zurückzuführen.

4.3 Vergleich Gravimetrie und Radiometrie

Ein weiterer Untersuchungspunkt war das PM₁₀-Äquivalenzmessverfahren mittels kontinuierlich registrierendem Monitor FH62 I-N. Es ergaben sich aus den Vergleichsmessungen zwischen der Gravimetrie und der Radiometrie unterschiedliche Bewertungsansätze. **Abb. 8** zeigt die Ergebnisse für beide Stationen. Daraus folgt, dass für PM₁₀-Messungen zur Analyse der Ursachen von Grenzwertüberschreitungen Äquivalenzmessverfahren mit der Referenzmethode (Filtermessverfahren) zu kalibrieren sind. Trotz der relativ homogenen Partikelverteilungen in den Untersuchungsgebieten sind die Kalibrierungen auf den jeweiligen Einsatzort bezogen durchzuführen. Bei der Berichtserstattung über die Ergebnisse von PM₁₀-Messungen müssen das eingesetzte Messverfahren und die gegebenenfalls verwendeten Korrekturfaktoren angegeben werden.

4.4 Inhaltsstoffe

Die Konzentrationsverläufe für einige Inhaltsstoffe zeigen ebenfalls zeitlich und räumlich ähnliche Verläufe wie die PM₁₀-Massenkonzentrationen (z.B. Elementarer Kohlenstoff (EC) und Nitrat (NO₃⁻)); andere wie z.B. Eisen (Fe) zeigen deutliche Unterschiede (siehe **Abb. 9**). Mit steigenden PM₁₀-Massenkonzentrationen steigt der prozentuale Anteil der Ionen und von EC an, wohingegen die prozentualen Anteile von OC, den Erdkrustenelementen Ca+Al, den Seesalzkomponenten Na+Mg sowie der Metalle abnehmen. **Abb. 10** zeigt den Vergleich der chemischen Zusammensetzung zwischen den beiden Stationen für Tage mit PM₁₀ Massenkonzentrationen TMW > 50 µg/m³.

In der **Tab. 1** werden die typischen Zusammensetzungen des Feinstaubes in Bösel und Hannover angegeben. Ein Vergleich der Summe der Inhaltsstoffkonzentrationen an beiden Stationen belegt, dass die Unterschiede der analytisch bestimmbareren Komponenten an der PM₁₀-Massenkonzentration ca. 15 % (4 - 6 µg/m³) ausmachen. Dieser Unterschied kann nur durch Beiträge aus Quellen der näheren Umgebung erklärt werden. Somit ist der nach dieser Methode abgeschätzte Beitrag der lokalen Quellen an der mittleren PM₁₀-Massenkonzentration etwa 15 %. Insgesamt sind die Unterschiede zwischen den Stationen geringer als erwartet. Dies wird erklärt durch den relativ hohen Anteil der Hintergrundkonzentration und durch die herrschenden meteorologischen Randbedingungen.

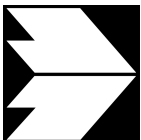
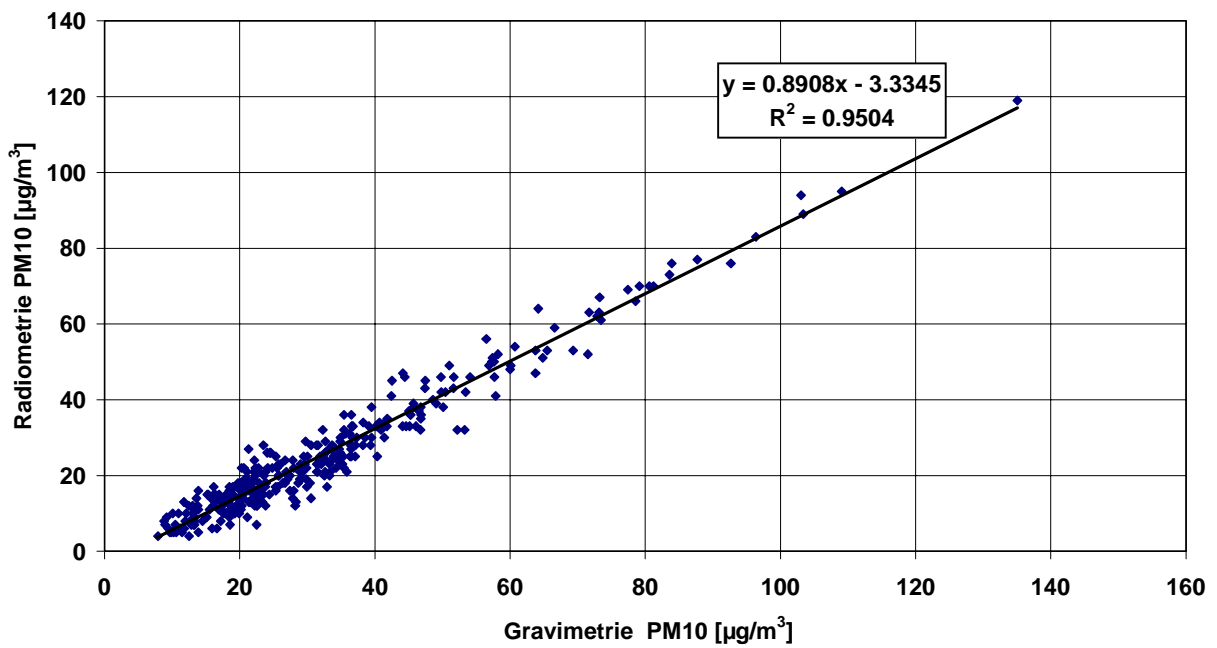
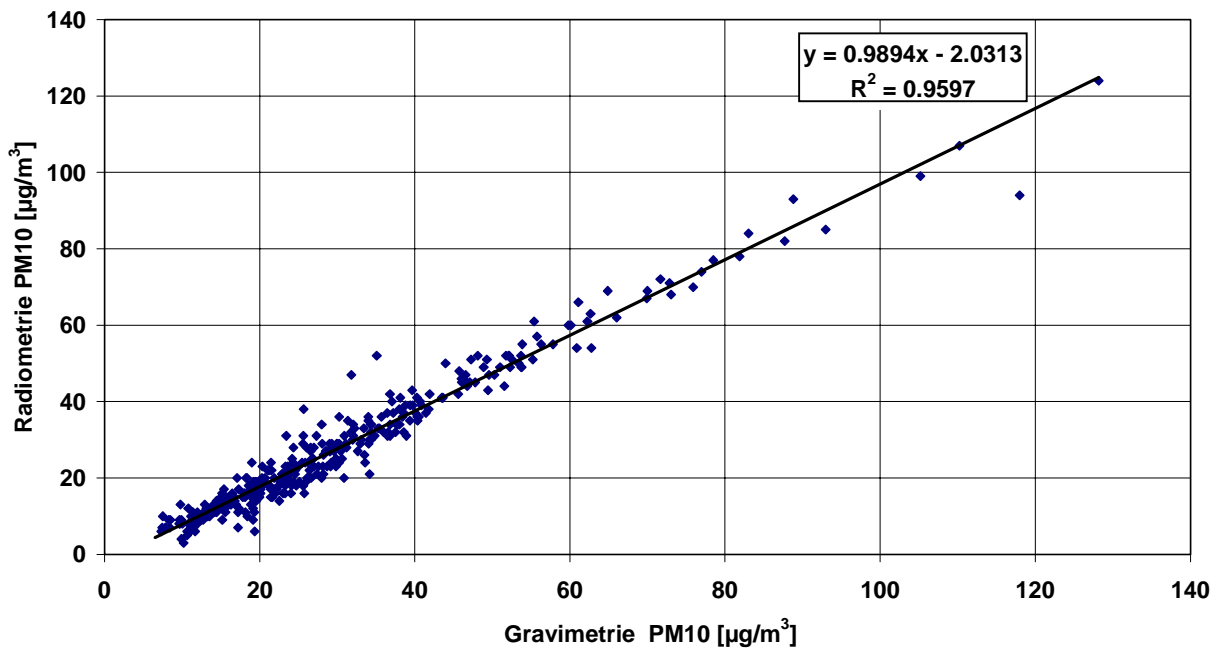


Abb. 8: Vergleich der Ergebnisse aus Gravimetrie und Radiometrie
 oben : Station Bösel (BLWW)
 unten: Station Hannover (HRSW)

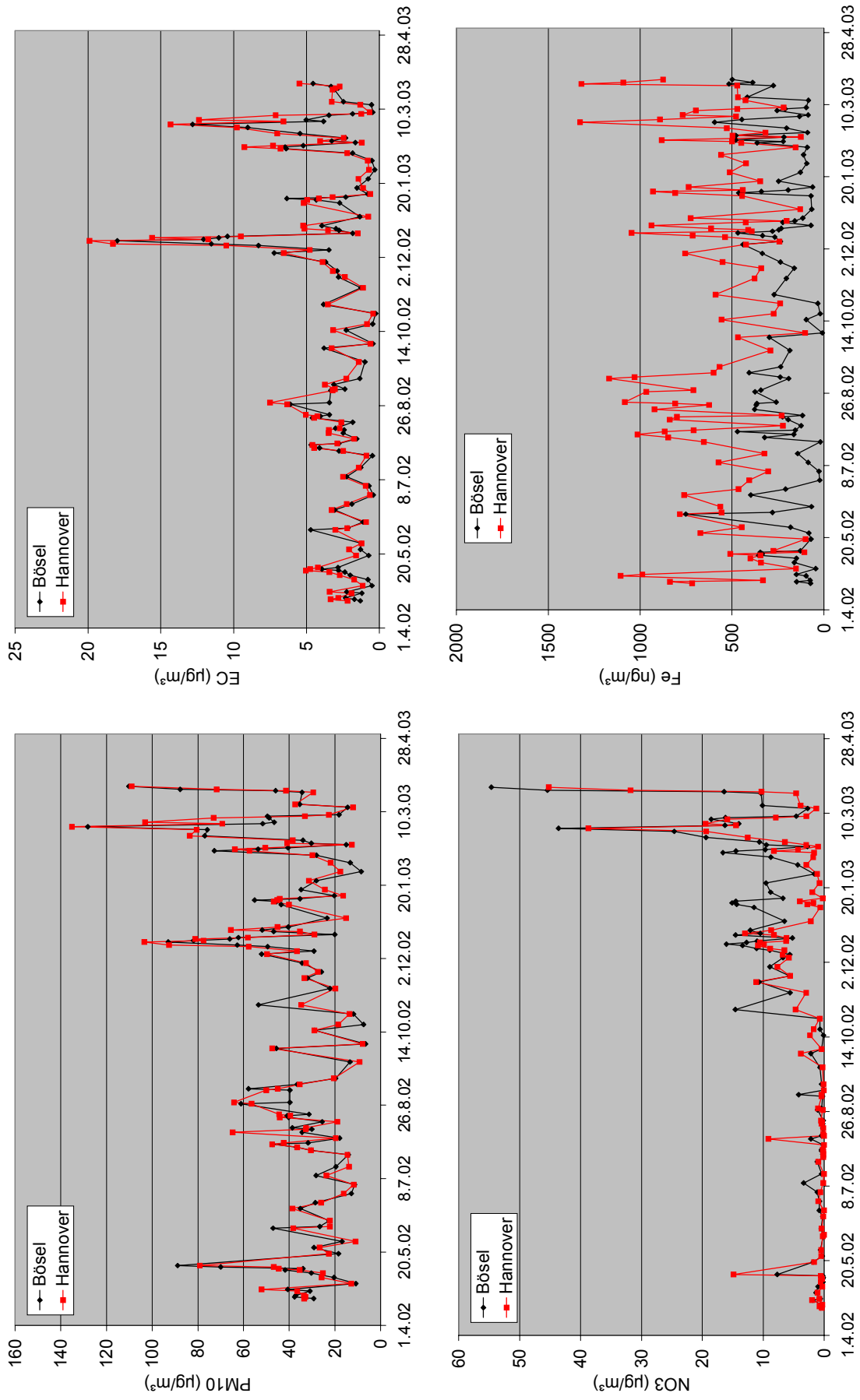


Abb. 9: Zeitreihen von PM10, EC, NO₃⁻ und Fe, Darstellung von 100 Tagesmitteln

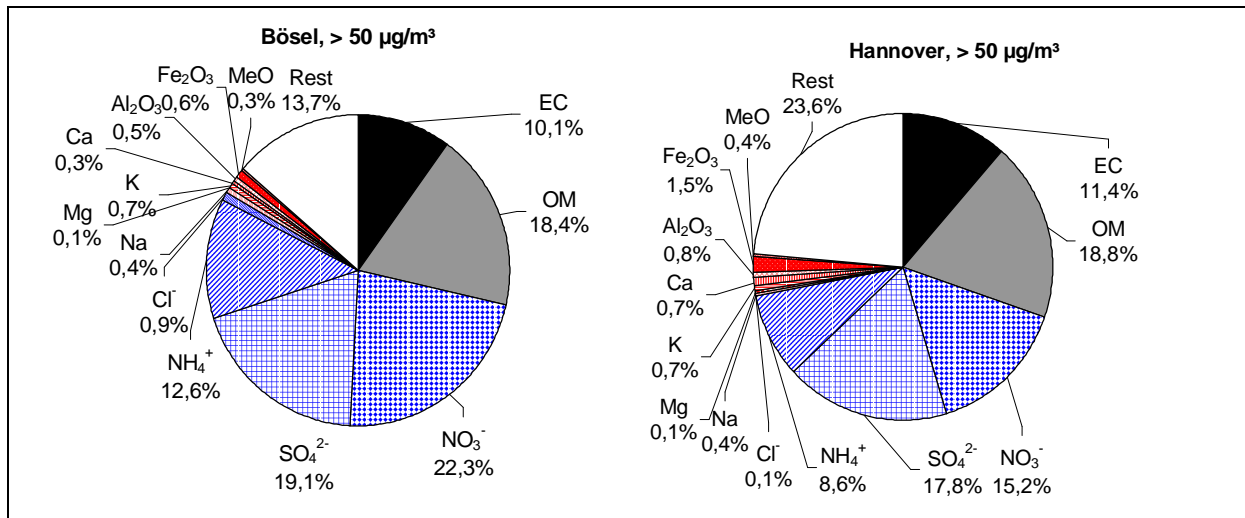


Abb. 10: Gegenüberstellung chemische Zusammensetzung für TMW > 50 µg/m³ für Bösel (BLWW) und Hannover (HRSW)

Filter Mittlere PM10- Belastung	Bösel (BLWW)			Hannover (HRSW)		
	überregionale Belastung µg/m³	regionale Belastung µg/m³	JMW µg/m³	überregionale Belastung µg/m³	regionale Belastung µg/m³	JMW µg/m³
PM10	35 ca. 90 %	4 ca. 10 %	39 100 %	35 ca. 85 %	6 ca. 15 %	41 100 %
Nitrat	3,7	2,3		3,7		
Ammonium	2,4	1,0		2,4		
Sulfat	7,1	0,0		7,1		
Chlorid	0,2	0,8		0,2		
EC	3,1			3,1	0,7	
OM	8,6			8,6	1,2	
Fe	0,4			0,4	0,6	
Al,Na,K,Mg,Ca	1,8			1,8	0,3	
Rest	8,0			8,0	3,1	

Tab. 1: Vergleich der überregionalen und regionalen, lokalen Feinstaubbelastungen in Bösel und Hannover; Datenbasis 100 Filterproben (TMW) während des Zeitraumes April 2002 bis März 2003 unter Berücksichtigung aller Filter mit TMW größer 50 µg/m³

Die Vergleiche der Massenkonzentrationen und der Inhaltsstoffkonzentrationen der betrachteten Stationen führen zu einem Anteil zwischen 15 bis 25 % verursacht durch die Quellen der näheren Umgebung. Mit beiden Verfahren (Staubinhaltsstoffanalyse und MODMESS)

ergeben sich vergleichbare Aussagen zu den Quellenanteilen und damit zu den möglichen Minderungspotentialen in dem näheren Umfeld.

4.5 Partikelgrößenverteilung

Es konnte auf Grund der Messungen aufgezeigt werden, dass es einen erkennbaren grundsätzlichen Zusammenhang im zeitlichen Verlauf der Partikelanzahlkonzentrationen in Bösel und Hannover für alle betrachteten Fraktionen gibt. **Abb. 11** zeigt den parallelen Verlauf exemplarisch für einen ausgewählten Zeitraum für die Fraktionen 0.3-0.5 μm und 2.0-10 μm .

Dies lässt auf überregionale Einflüsse schließen, denn die beiden Stationen sind etwa 140 km Luftlinie von einander entfernt. Dieser überregionale grundsätzliche Einfluss des zeitlichen Verlaufes der Partikelanzahlkonzentrationen kann jedoch von besonderen meteorologischen Bedingungen (z.B. Regen, hohe Windgeschwindigkeiten) ebenso beeinflusst werden wie auch von direkten lokalen Quellen, wie dies beispielsweise anhand von **Abb. 12** aufgezeigt wird.

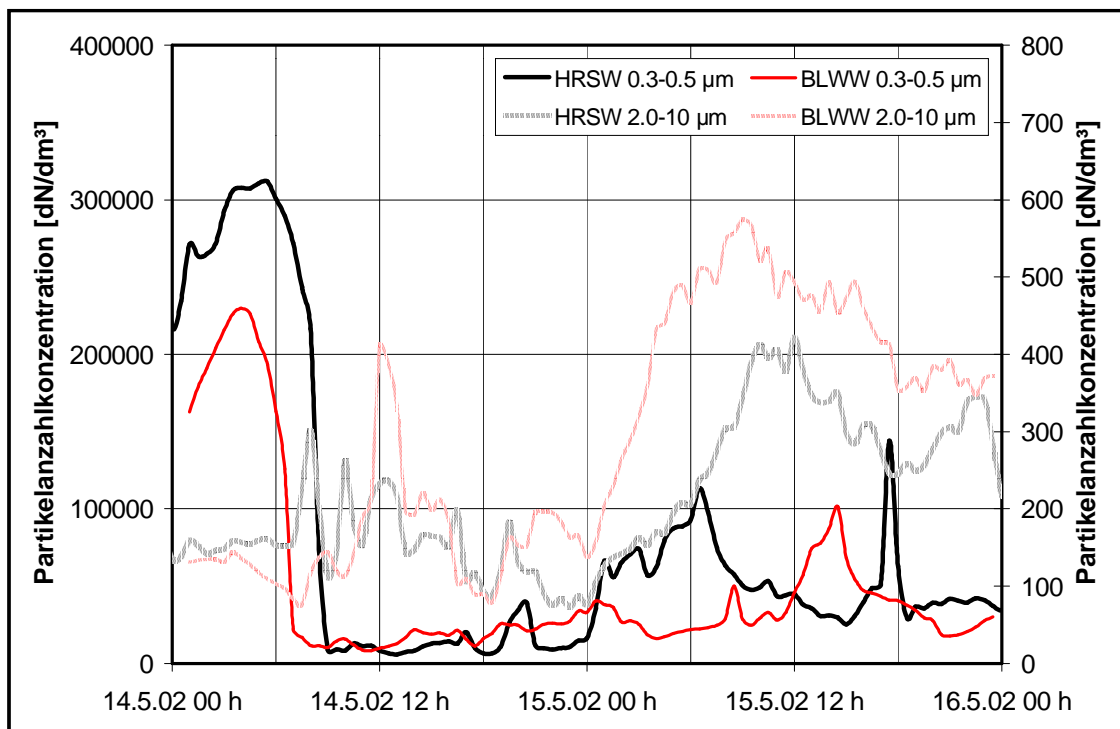


Abb. 11: Verlauf der Partikelanzahlkonzentration für kleine und große Partikel in der Intensivmessphase. Größenachse: Achse links für kleine Partikel, rechts für große Partikel

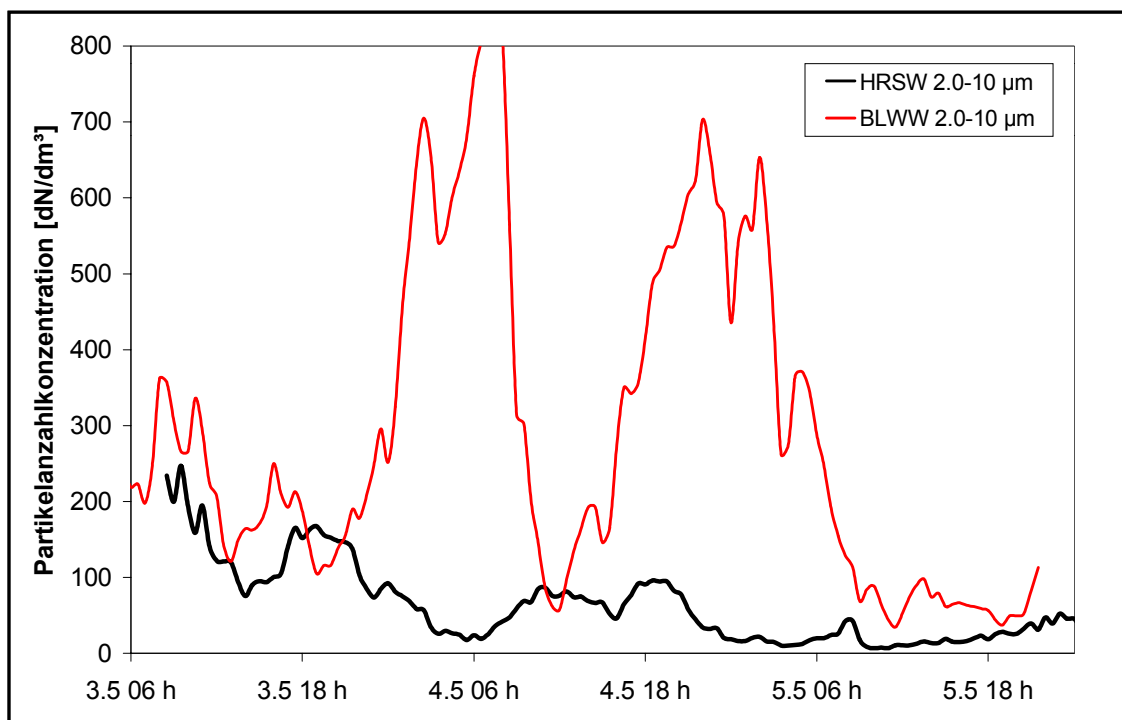


Abb. 12: Verlauf der Partikelanzahlkonzentration für große Partikel aus einem Zeitausschnitt der Intensivmessphase Mai 2002

Im Mittel wurden für die Fraktionen 0.3-0.5 µm und 0.5-2.0 µm für die urbane Hintergrundstation Hannover (HRSW) höhere Konzentrationen festgestellt, während für die ländlich geprägte Station in Bösel (BLWW) höhere Anzahlkonzentrationen der Fraktion 2.0-10 µm ermittelt werden konnten.

Insgesamt ist anzumerken, dass diese Intensivmessphasen nur kurze Zeit andauerten und daher die Allgemeingültigkeit der Aussagen zu hinterfragen ist.

5 FAZIT

Ein detaillierter Vergleich der chemischen Zusammensetzung von PM₁₀ an den beiden Standorten zeigte erhöhte NO₃⁻, NH₄⁺ und Cl⁻ Konzentrationen für den Standort Bösel, sowie erhöhte Werte für EC, Erdkrustenelemente und Metalle für den Standort Hannover auf dem Dach des NLÖ-Gebäudes. Die Differenzen zwischen den Stationen können auf die lokalen Emittenten zurückgeführt werden. Die Unterschiede zwischen den beiden betrachteten Stationen sowohl bei den PM₁₀-Massenkonzentrationen als auch bei den Inhaltsstoffen sind geringer als erwartet. Ein Grund hierfür ist der große Anteil der großräumigen Hintergrundkonzentration, welcher die PM₁₀-Belastungen prägt.

- Im Jahresmittel liegen die Konzentrationen an Nitrat und Ammonium in Bösel etwa $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ höher als in Hannover und die Konzentrationen von EC, OM und Fe etwa $2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in Hannover höher als in Bösel. Auch der chemisch nicht bestimmte Restanteil ist in Hannover $2 - 3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ größer als in Bösel.
- Basierend auf Vergleichen der PM10-Massenkonzentrationen und der chemischen Zusammensetzungen ist der Anteil der überregionalen Belastung in Hannover und in Bösel im Jahresmittel größer als ca. 75 %.
- Leitsubstanzen, die deutlich zu erhöhten PM10-Massenkonzentrationen (TMW $> 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) beitrugen, waren insbesondere NO_3^- , NH_4^+ und EC. An Tagen mit erhöhten PM10-Massenkonzentrationen liegen die Massenanteile der Ionen (NO_3^- , SO_4^{2-} , NH_4^+) bei 54 % (Bösel) und 42 % (Hannover). Auch hier zeigt sich der lokale Einfluss der Emissionen an NH_4^+ für Bösel recht deutlich.
- Mit Blick auf zukünftige Maßnahmenplanungen zur Reduktion der PM10-Belastung sollte der Beitrag der großräumigen Belastung stärker in die Überlegungen mit einbezogen werden. Der Einfluss allein durch einzelne lokale Maßnahmen wird - außer an den Hot Spots des Straßenverkehrs - nur bedingt zu signifikanten Minderungen führen. Da insbesondere die Konzentrationen der sekundären Partikelbestandteile (SO_4^{2-} , NO_3^- , NH_4^+) an den Tagen mit erhöhten PM10-Massenkonzentrationen ansteigen, ist zu prüfen, in wie weit überregionale Minderungen der Emissionen von Vorläufersubstanzen wie z.B. Ammoniak möglich sind.
- Das westliche Niedersachsen wird nicht durch einzelne, stark emittierende industrielle Quellen sondern durch eine Vielzahl relativ kleiner Quellen, den Anlagen zur Haltung und Aufzucht von Tieren, geprägt. Damit sind auch flächendeckende lokale Maßnahmen zur Minderung der Emissionen von Vorläuferstoffen des Feinstaubes notwendig.

6 LITERATUR

22. BImSchV (2002): Zweiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Immissionswerte). BGBl. I, Nr. 60, S. 3626 vom 17.09.2002.

Bächlin, W., Lohmeyer, A., Kuhlbusch, T., Dreiseidler, A., Baumbach, G., Giesen, K.-P., Heits, B., Müller, W.J., Klasmeier, E., Schmidt, H. (2003a): Aerosolbudget in einem landwirtschaftlich geprägten Gebiet in Niedersachsen; Abschlussbericht, Dez. 2003.

Bächlin, W., Frantz, H., Lohmeyer, A., Dreiseidler, A., Baumbach, G., Theurer, W., Heits, B., Müller, W.J., Giesen, K.-P. (2003): 1. Materialienband für Maßnahmenpläne nach der EU-Richtlinie Luftqualität: Feinstaub und Schadgasbelastungen in der Göttinger Straße, Hannover, Reihe Nachhaltiges Niedersachsen, Band 24 (2003) - Kurzfassung; ISSN 0949-8265.

Jakobs, H.J., Friese, E., Memmesheimer, M., Ebel, A., Müller W.J. (2004): 2. Materialienband für Maßnahmenpläne nach der EU-Richtlinie Luftqualität: MODMESS - Modellgestützte Analyse der PM- und Ozonmessungen an den Stationen Bösel und Hannover, Reihe Nachhaltiges Niedersachsen, Band 26 (2004); ISSN 0949-8265.

LÜN-Jahresberichte 2000, 2001, 2002, 2003 veröffentlicht im Internet unter www.nloe.de

Richtlinie 1999/30/EG (1999): Richtlinie 1999/30/EG des Rates vom 22.04.1999 über Grenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Stickstoffoxide, Partikel und Blei in der Luft. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften vom 29.06.1999, Nr. L 163/41 ff.