

**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

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

Kurzbericht

FEINSTAUB UND SCHADGASBELASTUNGEN IN DER GÖTTINGER STRASSE, HANNOVER

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

In Zusammenarbeit

**Ingenieurbüro
Dr.-Ing. Achim Lohmeyer
Karlsruhe**

Dr.-Ing. W. Bächlin
Dipl.-Met. H. Frantz
Dr.-Ing. A. Lohmeyer

**Institut für Verfahrenstechnik
und Dampfkesselwesen,
Universität Stuttgart**

Dipl.-Ing. A. Dreiseidler
Prof.Dr.-Ing. G. Baumbach

**Ingenieurbüro Theurer
Dr.-Ing. W. Theurer**

**Niedersächsisches
Landesamt für Ökologie
(NLÖ), Hannover**

Dr. B. Heits
Dipl.-Met. W.J. Müller
Dr. K.-P. Giesen

Februar 2003
Projekt 1847

INHALTSVERZEICHNIS

ABSTRACT	I
1 EINLEITUNG	1
2 UNTERSUCHUNGSGEBIET UND ÖRTLICHE VERHÄLTNISSE	2
3 VORGEHENSWEISE	6
3.1 Messungen des Lufthygienischen Überwachungssystems Niedersachsen LÜN.....	6
3.2 Ergänzende Messungen	8
3.3 Ausbreitungsmodellierung	8
3.4 Rezeptormodellierung.....	9
3.5 Sensitivitätsbetrachtung.....	9
4 ERGEBNISSE	10
4.1 Ergänzende Messungen	10
4.1.1 Gravimetrische Bestimmung der PM10- und PM2.5- Konzentrationen	10
4.1.2 Messung der Partikelgrößenanzahlverteilungen.....	11
4.1.3 Straßenabsaugungen	12
4.1.4 Ergebnisse der OPSIS-Messungen.....	15
4.2 Ausbreitungsmodellierung	15
4.3 Rezeptormodellierung.....	16
4.4 Sensitivitätsanalyse	22
5 MASSNAHMEN.....	24
6 FAZIT	25
7 LITERATUR	27

Hinweise:

Die Tabellen und Abbildungen sind kapitelweise durchnummeriert.

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

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

ABSTRACT

The amendment of the German 22. BImSchV (2002) transferred the first EC Air Quality Directive (1999/30/EC) into national German legislation. For particles (PM₁₀), this introduced limit values plus temporary margins of tolerance, the latter being reduced stepwise to zero until the year 2005. In Göttinger Strasse, the present PM₁₀ concentrations exceed the limit values. In case no action plans will be taken, the concentrations are not expected to decrease, thus the limit values will also be exceeded in 2005 and later. For the development of the action plans, being required according to the EC Directive in such cases, the PM₁₀ sources and the reasons for the exceedances have to be determined in detail.

Therefore the Lower Saxony State Agency for Ecology (NLÖ) appointed a study to find out the origins for the PM₁₀ concentrations inside the street canyon Göttinger Strasse in Hannover and to quantify the importance of the traffic induced emissions in the concentrations. The full report on this study (see Bächlin et al., 2003) is downloadable from www.nloe.de and upon request from NLÖ also available on CD.

Conclusions

- The PM₁₀ concentrations in Göttinger Strasse have a 30 – 40 % share, which is caused by the traffic in Göttinger Strasse. This could be shown as well by the dispersion calculations as by source apportionment.
- The share, caused by the traffic, consists by app. 20 % from vehicle exhaust pipe emissions and to app. 80 % from non exhaust pipe emissions caused by abrasion (of road and vehicle components), dirt carried in and resuspension.
- The dust on the road itself consists to max. 2/3 of abrasion from the material of the road surface. The rest is abrasion from tires, clutch and brakes and materials as dirt carried in by tires, material lost from vehicles etc. The high truck content of the traffic causes a significant contribution to the high PM₁₀ concentrations.
- Other relevant sources for the high (compared to the urban background) concentrations in Göttinger Strasse, than the traffic could not be detected.
- The influence of possible actions to reduce the emissions were enumerated, discussed and preliminary assessed. They have to be discussed in detail with the other authorities and institutions.
- Additionally to the above mentioned study for the local scale Göttinger Strasse, presently a study is under way to document and find out the causes for the macro-scale PM₁₀ concentrations in the western part of Lower Saxony in comparison to Hannover.

1 EINLEITUNG

Mit der 22. BImSchV (2002) wurde die 1. EU-Tochterraichtlinie (1999/30/EG) in nationales Recht umgesetzt. Für den Schutz der menschlichen Gesundheit beträgt der ab 2005 einzuhalten über 24 h gemittelte Immissionsgrenzwert für Partikel PM10 $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bei 35 zugelassenen Überschreitungen im Kalenderjahr. Für diesen Grenzwert beträgt die Toleranzmarke $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sie vermindert sich ab 01.01.2003 bis zum 01.01.2005 stufenweise um jährlich $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Es ist davon auszugehen, dass - ohne Minderungsmaßnahmen - 2005 und später Grenzwertüberschreitungen zum Schutz der menschlichen Gesundheit zu erwarten sind. Zur Vorbereitung von damit notwendigen Maßnahmeplänen nach EU Richtlinie ist es notwendig, die verursachenden Quellen und Prozesse für den Ursprung der Grenzwertüberschreitungen der Partikel PM10 detailliert zu ermitteln

Vom Niedersächsischen Landesamt für Ökologie (NLÖ) wurde hierzu eine Studie mit dem Ziel in Auftrag gegeben, die Entstehungsmechanismen der Feinstaubimmissionen im Straßenraum der Göttinger Straße in Hannover näher zu untersuchen und den Anteil des Verkehrs an den PM10-Gesamtmissionen im Straßenraum zu quantifizieren. Der Gesamtbericht (siehe Bächlin et al., 2003) steht im Internet unter www.nloe.de zur Verfügung und liegt auf CD vor. Sie kann beim NLÖ angefordert werden.

2 UNTERSUCHUNGSGEBIET UND ÖRTLICHE VERHÄLTNISSE

Das Untersuchungsgebiet liegt im Südwesten von Hannover im Stadtteil Linden (siehe **Abb. 1**). Das Areal wird westlich der Göttinger Straße geprägt durch frühere Industriegebäude, die in den letzten Jahren zurück gebaut wurden. Es haben sich Baumärkte und Speditionen mit großen Frei- und Parkplatzflächen angesiedelt. Der östliche Teil der Göttinger Straße ist geprägt durch städtische 4-6 stöckige Bebauung.

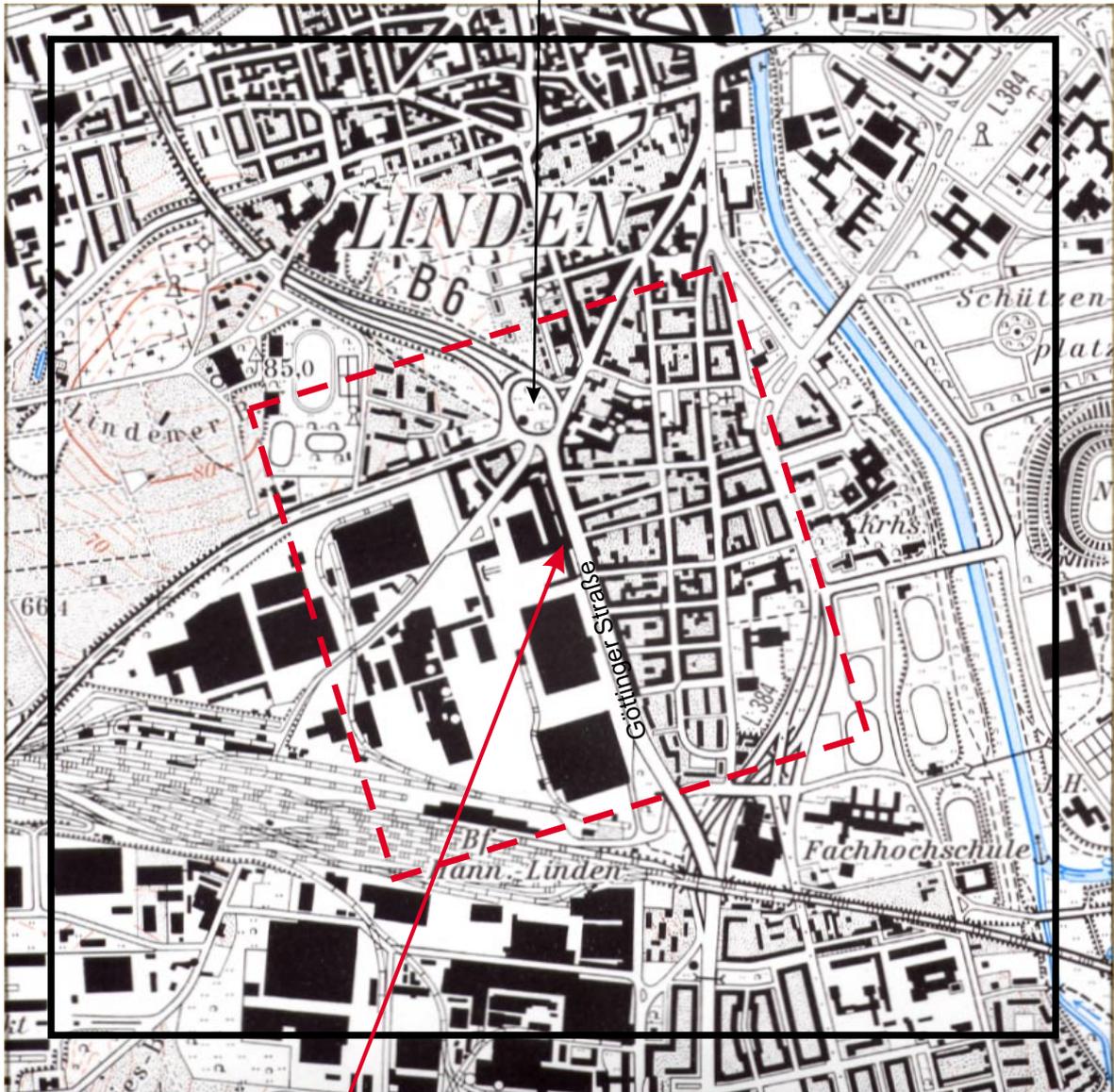
Auf dem Dach des Gebäudes des NLÖ in der Göttinger Straße in einer Höhe von ca. 35 m befindet sich die Messstation **HRSW** des Lüfthygienischen Überwachungssystems Niedersachsen (LÜN). Hier werden kontinuierlich meteorologische Parameter, u. a. Windrichtung und Windgeschwindigkeit sowie die Feinstaubkonzentration PM10 und gasförmige Schadstoffkomponenten in Überdachhöhe erfasst. HRSW kann als eine Messstation charakterisiert werden, die den allgemeinen städtischen Hintergrund repräsentiert. Im direkt angrenzenden Straßenraum und in der näheren Umgebung befinden sich weitere Messstationen, die als Verkehrsstationen zu charakterisieren sind (siehe **Abb. 2** und **Abb. 3**).

Die Göttinger Straße ist eine stark befahrene 4-spurige Ein-/Ausfallstraße in Hannover. In der Straße sind vor dem Gebäude des NLÖ Induktionsschleifen in allen vier Fahrspuren eingelassen. Die Induktionsschleifen registrieren die passierenden Fahrzeuge.

Die großräumigen Windverhältnisse im Untersuchungsgebiet sind geprägt durch einen hohen prozentualen Anteil von Anströmungen aus einem westlichen bis nordwestlichen Sektor mit häufig hohen Windgeschwindigkeiten. Windrichtungen aus Ost werden hingegen dominiert von niedrigeren Windgeschwindigkeiten. Die mittlere Windgeschwindigkeit in Überdachhöhe für den Zeitraum von Januar 2002 bis Dezember 2002 beträgt 3.8 m/s.



Deister Platz



Gebäude
NLÖ

1000 m



Abb. 1: Göttinger Straße, Hannover
Erweitertes Untersuchungsgebiet Fläche ca. 2 km x 2 km
(äußeres Quadrat)
Kernbereich, Fläche 1 km x 1 km (gestrichelt umrandet)



Abb. 2: Lage der Immissionsmessungen des LÜN im Bereich der Göttinger Straße



Abb. 3: Blick Richtung Deister Platz vom NLÖ-Gebäude in die Göttinger Straße

3 VORGEHENSWEISE

Für die Ursachenanalyse der Feinstaubbelastung PM10 wurden verschiedene Verfahren eingesetzt:

- Innerhalb des Straßenraums der Göttinger Straße im Nahbereich des NLÖ-Gebäudes sowie auf dem Dach dieses Gebäudes und in der näheren Umgebung werden umfangreiche Messungen an mehreren Stationen durchgeführt. Diese Messungen wurden für die Analyse herangezogen.
- Die Dauermessungen wurden ergänzt durch zeitlich begrenzte Intensivmessungen, die nachfolgend näher beschrieben werden.
- Neben den Messergebnissen erfolgte zur Identifikation und Quantifizierung der möglichen Quellen eine Rezeptoranalyse.
- Untermauert wurden die Messergebnisse durch Ausbreitungsrechnungen, die den Straßenschluchtbereich und die nähere Umgebung mit einbezogen haben.

3.1 Messungen des Lufthygienischen Überwachungssystems Niedersachsen LÜN

Die Langzeitentwicklung für Feinstaub PM10 an der Überdachstation HRSW, die die allgemeine Luftbelastung von Hannover darstellt, ist in **Abb. 4** gezeigt. Es ist dabei zu beachten, dass bis zum Jahre 1998 der Gesamtstaub (TSP) erfasst wurde. Ab Januar 1999 erfolgte an der Station HRSW eine Umstellung auf den Feinstaub PM10. Längere Vergleichsmessungen mit TSP- und PM10-Probennahme an der Station HRSW ergaben einen PM10-Anteil am Gesamtstaub von etwa 90 %. Der Jahresmittelwert für PM10 ist in den letzten beiden Jahren nahezu konstant geblieben.

Während die gemessenen Jahresmittelwerte unter dem Grenzwert lagen, ergaben sich bei den Überschreitungshäufigkeiten des Tagesmittelwertes von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sowohl an der Überdachstation HRSW als auch an allen Messstellen innerhalb des Straßenraums der Göttinger Straße deutliche Überschreitungen der zulässigen Kurzzeitwerte. Die Anzahl der Überschreitungen an den verschiedenen Messstellen in Niedersachsen für die Jahre 1999 bis 2002 ist in der **Abb. 5** gezeigt.

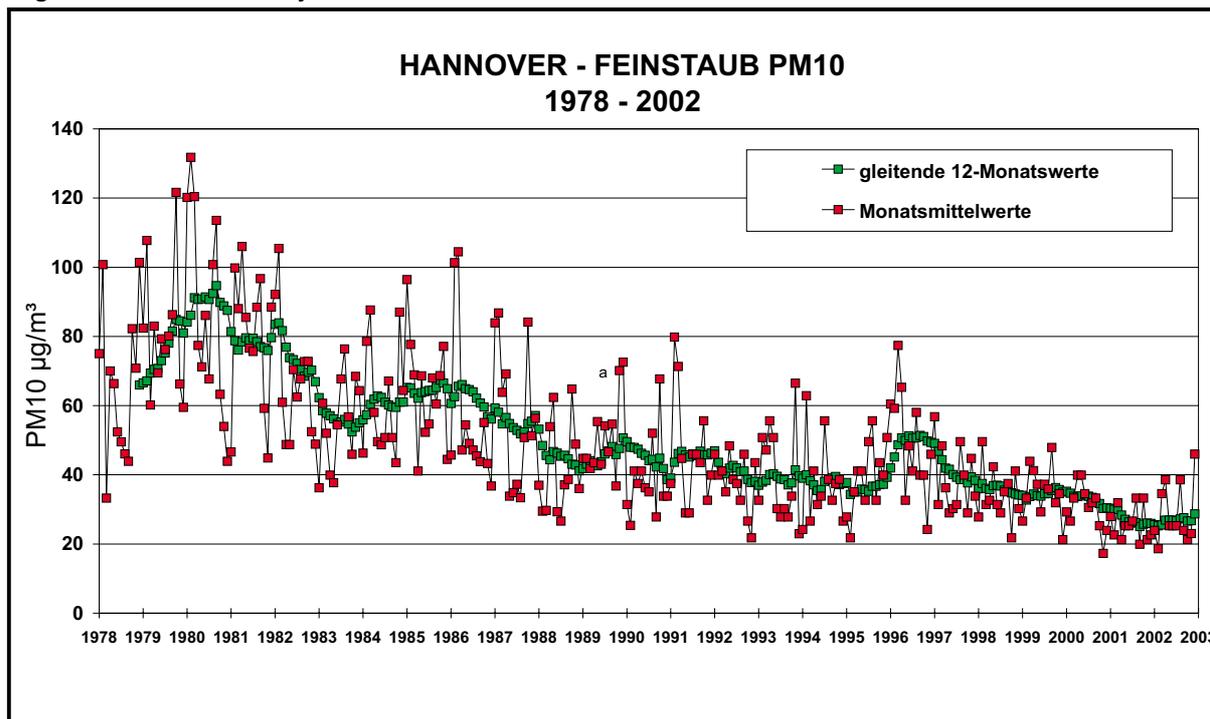


Abb. 4: Entwicklung der Konzentrationswerte an der Überdachstation HRSW in Hannover, Göttinger Straße

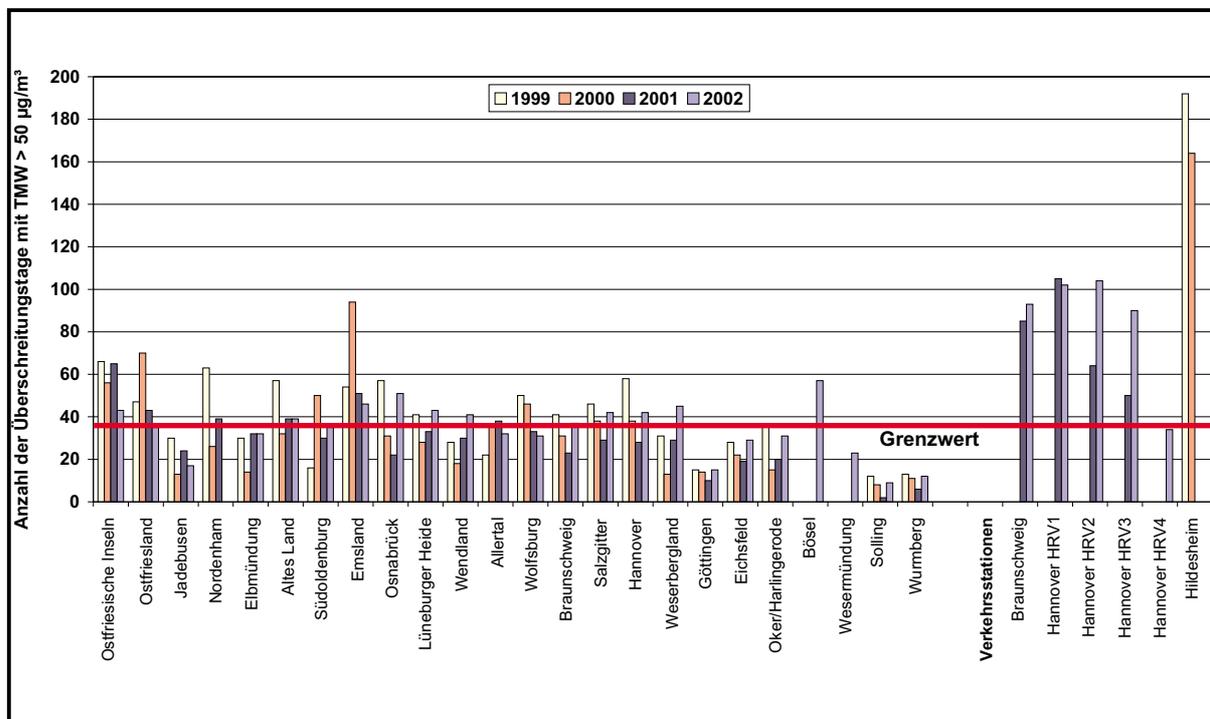


Abb. 5: Anzahl der Überschreitungen des Tagesmittelwertes von $50 \mu\text{g PM}_{10}/\text{m}^3$ an den verschiedenen Messstellen in den Jahren 1999, 2000, 2001 und 2002

3.2 Ergänzende Messungen

Die über die Dauermessungen hinausgehenden Messkampagnen erfolgten im Zeitraum April 2002 bis August 2002. Ergänzend zu den BETA-Staubmonitoren in den Dauermessstellen wurden Messungen mit Kleinfiltergeräten (24 h-Probennahme) an verschiedenen Standorten im Straßenraum und an der Station HRSW auf dem Dach des NLÖ-Gebäudes in der Göttinger Straße durchgeführt. Die Filter wurden gravimetrisch und bzgl. der Inhaltsstoffe ausgewertet. Vom Straßenmaterial (Asphalt) und dem unbefestigten Streifen am westlichen Straßenrand wurden ebenfalls Proben entnommen und analysiert.

Die Größenverteilung der emittierten und in der Straßenschlucht aus den Vorläufersubstanzen gebildeten Feinstäuben wurden zeit- und größen aufgelöst mittels zweier optischer Partikelzähler innerhalb der Straßenschlucht und auf dem Dach (städtischer Hintergrund) erfasst und verglichen. Diese Messungen erfolgten während zweier Intensivmessphasen von jeweils ca. 14 Tagen Dauer.

Die PM_x-Emissionen in einer verkehrsreichen Straßenschlucht setzen sich zusammen aus den direkten Auspuffabgasen, der Aufwirbelung des Straßenstaubes (z. B. Abrieb von Straßen-, Brems-, Kupplungsbelag sowie Reifenabrieb) sowie aus den Beiträgen, die von außen in den Straßenraum eingetragen werden. Zur Ermittlung des verfügbaren Staubbelages wurden an insgesamt vier Terminen Straßenabsaugungen vorgenommen und daraus die PM_{7.5}- und PM₁₀-Anteile sowie die Inhaltsstoffe bestimmt. Die Emissionsanteile aus den Auspuffabgasen können über eine Emissionsmodellierung auf der Basis vorhandener Verkehrszahlen und entsprechender Emissionsfaktoren (UBA, 1999) beschrieben werden.

Mit den Ergebnissen aus den zuvor dargestellten Untersuchungen liegen die Eingangsinformationen für eine Ursachenanalyse vor. Diese erfolgt nach zwei unterschiedlichen Methoden: zum einen anhand von Ausbreitungsrechnungen, zum anderen unter Zuhilfenahme einer Rezeptormodellierung.

3.3 Ausbreitungsmodellierung

Für die Ausbreitungsmodellierung wurde die Göttinger Straße und die nähere Umgebung detailliert mit einem numerischen Strömungs- und Ausbreitungsmodell abgebildet. Im Kernbereich des Untersuchungsgebietes erfolgte die detaillierte Berücksichtigung der Bebauung, für die Simulation wurde das Modell MISKAM eingesetzt. Im äußeren Bereich wurden die wesentlichen Straßenemissionen detailliert modelliert und daraus mit dem Modell PROKAS die Einflüsse dieser Straßen auf den Kernbereich berücksichtigt. Überlagert wurde diesen

Berechnungen die großräumige Vorbelastung, die aus den gemessenen Werten an der Überdachstation HRSW ermittelt wurde.

Die PM10-Emissionen wurden mit einem dem Stand der Technik entsprechenden Emissionsmodell bestimmt und mit Hilfe des Ausbreitungsmodells die Immissionen berechnet. Diese werden verglichen mit den gemessenen Immissionen, diskutiert und Rückschlüsse bzgl. des Verkehrsanteils an der Gesamtfinstaubbelastung geliefert. Die Ausmaße des Untersuchungsgebietes sind in **Abb. 1** dargestellt.

3.4 Rezeptormodellierung

Als zweite unabhängige Methode wurde die Rezeptormodellierung durchgeführt. Als Eingangsdaten wurden die Inhaltsstoffe der Staubbelastungen der Filter verwendet. Aus deren Spektrum wurden diejenigen Inhaltsstoffe ausgewählt, die für bestimmte Emissionsquellen spezifisch sind, keine chemische Änderung erfahren und somit Rückschlüsse auf die jeweilige Quelle ermöglichen.

Die Rezeptormodellierung erfolgte über eine statistische Auswertung der Daten über eine Faktorenanalyse mit reduzierter Faktorenlösung. Die Extraktion der Faktoren erfolgte mittels Hauptkomponentenmethode mit Varimax-Transformation. Zur Bestimmung der geeigneten Anzahl relevanter Quellen (= Faktoren) für den untersuchten Standort wurden verschiedene Abbruchkriterien angewandt. Die aus der Hauptkomponentenanalyse ermittelten Faktoren wurden über allgemeine Kenntnisse über die Zusammensetzungen typischer Emissionsquellen den Faktoren zugeordnet und ihre mittleren Beiträge zur Immissionsbelastung des betrachteten Standortes quantifiziert.

3.5 Sensitivitätsbetrachtung

Im Rahmen einer Sensitivitätsbetrachtung wurden basierend auf dem Ansatz der derzeitigen Emissionsmodellierung PM10 im Straßenbereich die Einflüsse der einzelnen Parameter wie z.B. Anzahl PKW, mittleres Gewicht PKW, Anteil LKW am Verkehr, mittleres LKW-Gewicht etc. näher betrachtet und mit Blick auf Maßnahmen diskutiert.

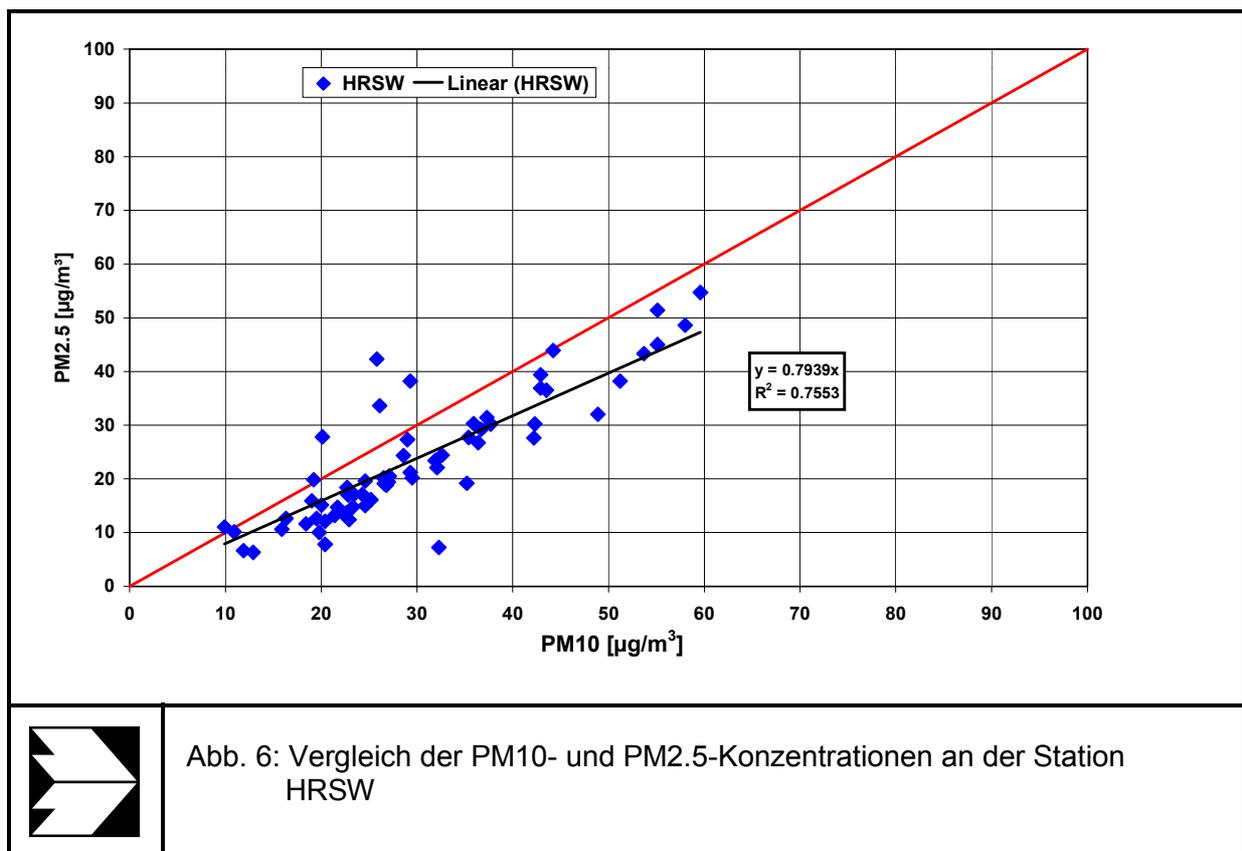
4 ERGEBNISSE

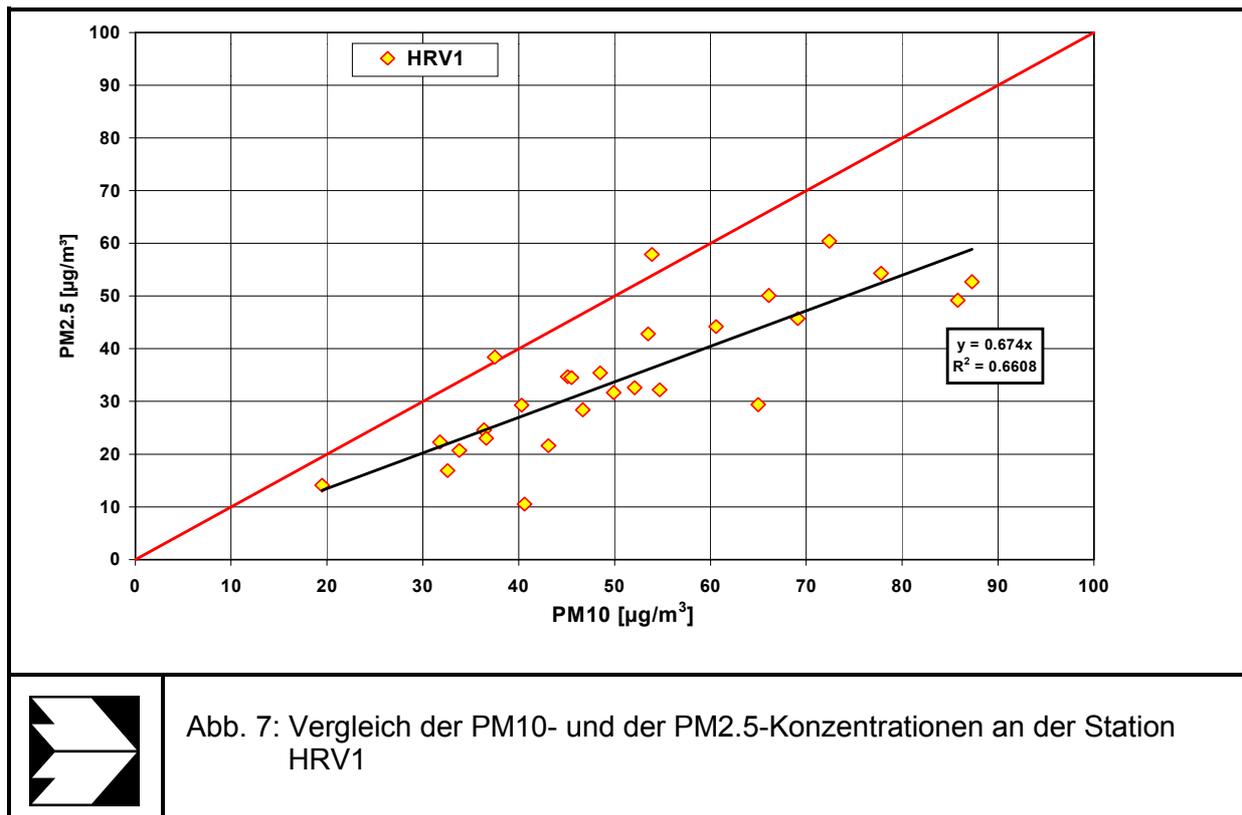
4.1 Ergänzende Messungen

4.1.1 Gravimetrische Bestimmung der PM10- und PM2.5-Konzentrationen

Die stichprobenartigen Messungen mit den Kleinfiltergeräten bestätigten die vom Lufthygienischen Überwachungssystem Niedersachsen (LÜN) kontinuierlich erfassten Werte. Eine Hochrechnung der jährlichen Überschreitung aus diesen Messungen führt zu ähnlichen Überschreitungshäufigkeiten.

Mit den Kleinfiltergeräten wurden die PM10- und auch die PM2.5-Konzentrationen ermittelt. Der Vergleich der Ergebnisse an der Überdachstation mit denen der Straßenstation lieferte über Dach höhere PM2.5-Anteile. Die Ergebnisse zeigen exemplarisch die **Abb. 6** für die Station HRSW und die **Abb. 7** für die Station HRV1 im Straßenbereich. Im Mittel ergab sich an der Hintergrundstation ein Verhältnis PM2.5/PM10 von ca. 0.79, an den beiden Straßenmessstellen HRV1 und HRV2 ein Verhältnis PM2.5/PM10 von ca. 0.65.



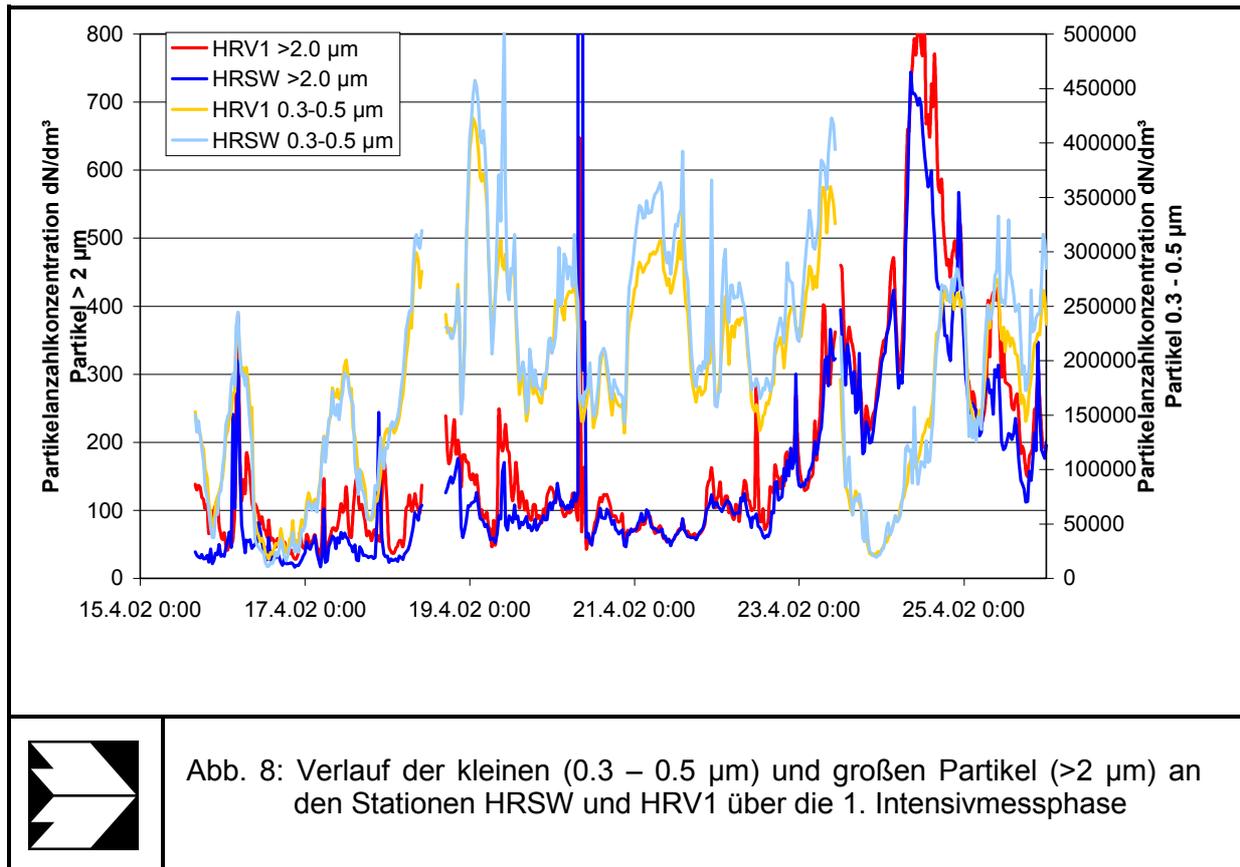


4.1.2 Messung der Partikelgrößenanzahlverteilungen

Die mit den optischen Partikelzählern erfassten Partikelanzahlverteilungen umfassen ein Größenspektrum von 0,3 bis > 10 µm. In **Abb. 8** ist der zeitliche Verlauf der Partikelanzahlkonzentrationen während der 1. Intensivmessphase aufgetragen. Die Abbildung zeigt die Partikelanzahlkonzentrationen für kleine und große Partikel an den Stationen HRSW und HRV1 aufgetragen (y1-Achse: Konzentration Partikel > 2 µm; y2-Achse: Konzentration Partikel 0.3-0.5 µm).

Der zeitliche Verlauf für die Partikelanzahlkonzentrationen, sowohl der kleinen, als auch der großen Partikel, ist an den Messstellen HRSW und HRV1 nahezu deckungsgleich. Wenn signifikante Differenzen zwischen den beiden Stationen auftreten, so stellt man höhere Konzentrationen für kleine Partikel eher an der Hintergrundstation HRSW fest. Höhere Konzentrationen für große Partikel lassen sich an der Verkehrsstation HRV1 feststellen. Dies bestätigte sich auch in der zweiten Intensivmessphase im August 2002.

Abb. 9 zeigt die Differenz der Partikelanzahlkonzentration für kleine Partikel zwischen HRSW und HRV1 in Abhängigkeit von der Windrichtung. Die höchsten Differenzen in der Partikelanzahl-Konzentration zwischen den beiden Standorten ist festzustellen, wenn eine Anströmung aus west-nordwestlicher Richtung erfolgt. Dieses Ergebnis legt die Vermutung nahe, dass eine lokale Partikelquelle aus west-nordwestlicher Richtung direkt den Standort HRSW beeinflusst.



4.1.3 Straßenabsaugungen

Die Straßenabsaugungen an insgesamt vier Tagen lieferten für die Göttinger Straße im Vergleich zu anderen Untersuchungen hohe Staubbeladungswerte. Obgleich es sich hier um einen neuwertigen (Baujahr 1999) Straßenbelag handelt, ergaben sich ähnlich hohe Werte wie für Straßen mit beschädigten Oberflächen. In **Abb. 10** sind die in die PM₁₀-Emissionsmodellierung einfließenden Staubbeladungen PM₇₅ der abgesaugten Straßenoberflächen nach dem derzeitigen Emissionsansatz für die Göttinger Straße (0.2 g/m²) im Vergleich zu den Messergebnissen aus Hannover, Berlin und Leipzig dargestellt. In Leipzig handelte es sich dabei um eine vergleichsweise alte, teils beschädigte und ausgeflickte Straßenoberfläche.

- Die hohen Beladungen in der Göttinger Straße können teilweise auf die vergleichsweise hohen LKW-Anteile zurückzuführen sein, die für einen stärkeren Abrieb der Straßenoberfläche sorgen. Allerdings sind die LKW-Anteile nicht so hoch, dass hiermit die hohen Werte alleine begründbar wären. Ergänzend zu den Straßenflächen wurden auch die seitlichen Rinnen abgesaugt. Hier waren die PM₁₀-Beladungen bis um den Faktor 100 höher als auf den Straßenflächen.

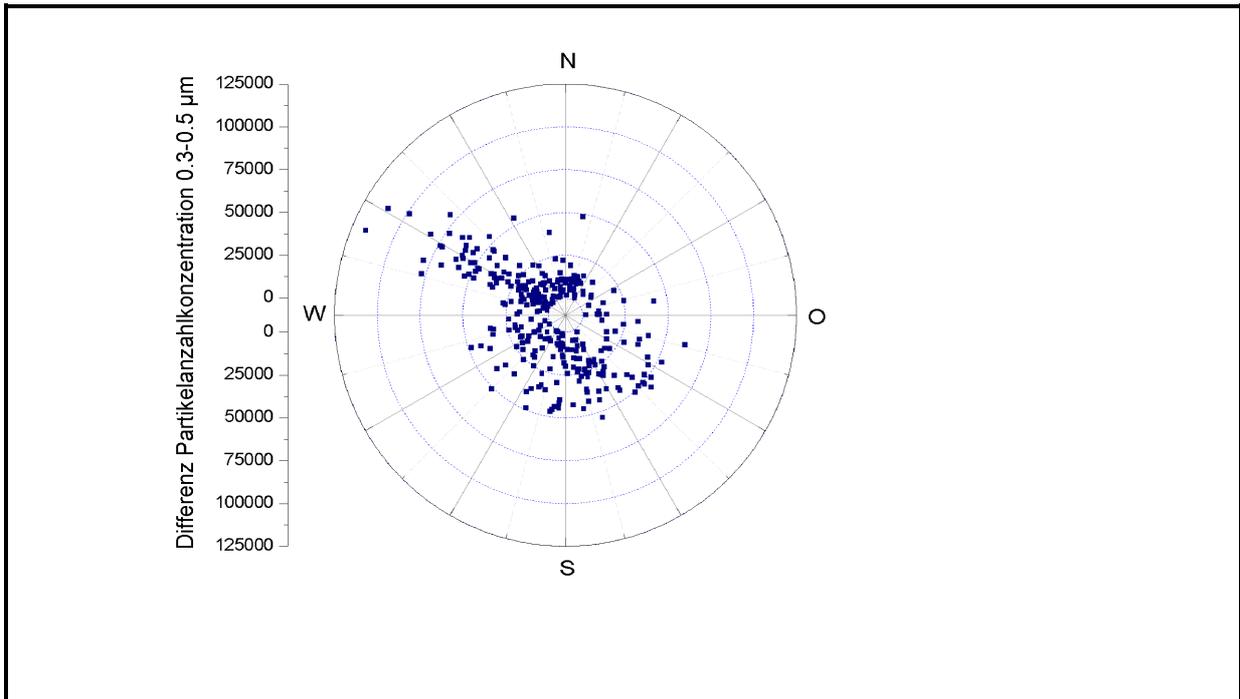


Abb. 9: Differenz der Partikelanzahlkonzentration zwischen HRSW und HRV1 in Abhängigkeit von der Windrichtung für kleine Partikel (0.3-0.5 µm) HRSW - HRV1

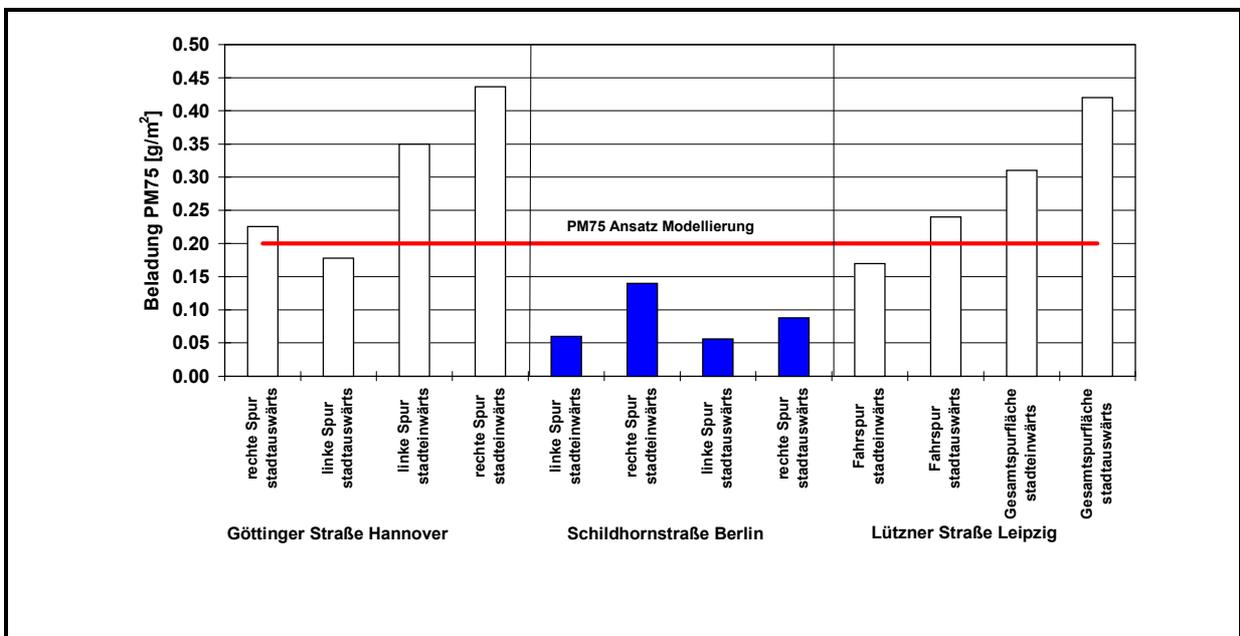


Abb. 10: Vergleich der PM75-Beladung verschiedener Straßen in Hannover, Berlin und Leipzig

Es ist davon auszugehen, dass sich der Straßenstaub aus verschiedenen Quellen zusammensetzt. Hierzu gehören das Straßenmaterial selbst, das infolge Abrieb sich an der Straßenoberfläche ablagert, Material aus dem Grünstreifen an der westlichen Straßenseite, sowie Anteile durch nahe Emissionsquellen (Verkehr – Fahrzeugabrieb (Bremsen, Katalysator, Reifen) und Auspuff; Materialabtrag von nahen Gebäuden), Verschleppung (durch verschmutzte Fahrzeuge) und der überregionale Eintrag. Die Fraktionen PM10 und PM75-10 des abgesaugten Straßenstaubs wurden hinsichtlich der Zusammensetzung ihrer Elemente mittels Röntgenfluoreszenzanalyse RFA analysiert. Neben den Absaugungen wurden auch mehrere Straßenmaterialproben sowie eine Probe aus dem seitlichen Grünstreifen entnommen und analysiert.

- Die Straßenstaubinhaltsstoffe zeigen zum Teil untereinander ähnliche Verhältnisse wie das Straßenmaterial selbst. Die Inhaltsstoffe des Erdmaterials schlagen weniger durch. **Tab. 1** zeigt die ermittelten Elementgehalte für die unterschiedlichen Materialien.

ppm (mg/kg)	Straßen- material	Grün- streifen	1. Absaugung		2. Absaugung		3. Absaugung	
			PM10	PM75-10	PM10	PM75-10	PM10	PM75-10
Si	138.649	238.069	165.790	188.256	164.445	191.758	150.242	195.170
Ca	84.416	10.567	149.510	102.263	144.348	98.002	107.083	81.396
Fe	85.151	14.529	78.600	49.214	88.072	55.323	83.393	54.880
Al	40.601	21.178	36.081	24.377	36.396	25.092	34.656	25.825
Ti	9.951	2.455	6.731	7.116	6.801	6.439	6.867	7.900
Na	5.516	1.591	5.693	3.481	3.547	3.618	11.094	4.891
Mg	19.318	1.769	9.253	6.286	9.103	6.247	6.944	5.858
K	10.333	12.325	12.251	10.558	12.512	10.742	12.733	11.152
Ni	81	0	425	169	511	120	1.085	152
V	337	37	189	123	200	118	253	119
Cu	45	0	1.270	487	1.542	583	1.512	704
S	6.491	783	1.058	1.731	371	1.417	5.973	3.914
Cr	257	39	309	265	331	260	335	306
Mn	1.969	525	1.953	1.332	2.053	1.318	2.136	1.355
Zn	177	146	2.464	1.045	2.618	1.381	2.898	1.550
Ba	224	280	585	419	423	513	1.232	866
Pt	4	13	27	21	39	18	29	20
Pb	20	47	377	174	368	177	571	369
Cl	387	4	4.209	2.544	1.621	1.230	1.655	759

Tab. 1: Mittelwerte der Elementgehalte für analysiertes Straßenmaterial, Grünstreifen und Fraktionen PM10 und PM75-10 der Absaugungen in ppm (mg/kg)

4.1.4 Ergebnisse der OPSIS-Messungen

Im Bereich der Straßenschlucht Göttinger Straße wurde auf einer etwa 180 m langen Strecke zwischen dem Eingang NLÖ-Dienstgebäude (Nähe Station HRVS) bis Deister Platz (Station HRV2) neben den vier Verkehrsstationen (siehe **Abb. 2**) ein OPSIS-System zur längenintegrierenden Erfassung der Luftschadstoffe NO₂, Ozon, Benzol, Toluol, SO₂ eingesetzt und als Station HRT1 in das LÜN-System integriert. Die Halbstundenwerte wurden wie die Daten der Punktmessstellen geprüft und den Plausibilitätsprüfungen unterworfen. Das wesentliche Ergebnis dieser zweijährigen Untersuchungen war, dass sich die OPSIS-Daten recht gut mit den Daten der LÜN-Messstationen vergleichen lassen.

Insbesondere die NO₂-Daten zeigen eine gute Übereinstimmung mit den gemittelten Daten der Punktmessungen. Die Benzol- und Schwefeldioxid-Konzentrationen werden richtig erfasst, sind aber aufgrund der inzwischen recht niedrigen Werte nicht so aussagekräftig. Die Ozonkonzentrationen in der Straßenschlucht sind im Mittel etwa 25% niedriger als an der Überdachstation HRSW. Dies beruht auf den in der Straßenschlucht herrschenden hohen NO-Konzentrationen, die einen beschleunigten Abbau des Ozons bewirken. Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Belastungsverhältnisse durch die längenintegrierende OPSIS-Messungen gut wiedergegeben werden.

4.2 Ausbreitungsmodellierung

Im Kernbereich des für die Ausbreitungsmodellierung berücksichtigten Gebietes wurden die einzelnen Gebäude detailliert berücksichtigt. **Abb. 11** zeigt eine perspektivische Darstellung aller im Modell berücksichtigten Gebäude.

Die Strömungsfelder im Untersuchungsgebiet für die verschiedenen Anströmrichtungen wurden für die Rechengitterboxen berechnet und mit den punktuellen Messungen in Natur im Straßenraum verglichen. **Abb. 12** zeigt exemplarisch die Ergebnisse für die Anströmrichtung 120/130 Grad. Die meisten Werte liegen innerhalb eines Bandes von $\pm 50\%$. Teilweise treten recht gute Übereinstimmungen mit den Naturdaten auf. Ein Messstationsort kann auch verschiedene Abweichungen für verschiedene Anströmrichtungen aufzeigen. Die Ausbreitungsrechnungen wurden für den Monat April 2002 und für den Zeitraum Januar-August 2002 durchgeführt. Da die PM10-Emissionsmodellierung angesichts vieler Einflussfaktoren verglichen mit den Emissionsmodellierungsansätzen für andere Schadstoffe eher als weniger belastbar angesehen wird, erfolgten die Ausbreitungsrechnungen sowohl für PM10 als auch für den bzgl. der Emissionsmodellierung als belastbarer angenommene Schadstoff NO_x. Für beide Stoffe wurden Ausbreitungsrechnungen durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Berechnungen sind für beide Schadstoffe jeweils für die beiden Betrachtungszeiträume April 2002 bzw. Januar bis August 2002 und für alle Messstellen im Straßenraum auf den Immissionswert normiert in **Abb. 13** dargestellt. Während sich für NO_x kleine Abweichungen erga-

ben und eher eine leichte Unterschätzung vorliegt, ergaben sich für PM10 durchweg Überschätzungen bis zu 45 %. Dies weist darauf hin, dass die PM10-Emissionsmodellierung in der vorliegenden Form die tatsächlichen Werte eher überschätzt.

- Die Ausbreitungsrechnungen lieferten insgesamt eine befriedigende Übereinstimmung zwischen den prognostizierten und gemessenen Immissionen. Die Abweichungen zwischen Messung und Rechnung lagen innerhalb der zulässigen Schwankungsbreiten nach der 22. BImSchV.
- Der Anteil der auspuffbedingten PM10-Emissionen an den gesamten Kfz-bedingten Emissionen liegt in der Göttinger Straße bei ca. 20 %. Der Verkehr in der Göttinger Straße trägt insgesamt zum PM10-Immissionswert zu ca. 35-40 % bei.

4.3 Rezeptormodellierung

Zur Ermittlung der Anzahl und Art der Quellen sowie ihrer Beiträge wird wie eine Faktorenanalyse nach der Hauptkomponentenmethode angewendet. Die Korrelationsmatrix (**Tab. 2**) gibt einen ersten Überblick darüber, ob die Elemente zueinander und in welcher Stärke korrelieren. So ist anhand dieser Matrix eine Korrelation von Chrom, Kupfer, Eisen und Zink festzustellen. Zink korreliert außerdem zu Kalzium, Eisen, Mangan, Titan, PM10 und PM2.5. Kalzium, Kalium, Titan, PM10 und PM2.5 bilden ein drittes Cluster. Ein viertes Cluster setzt sich aus Schwefel, Natrium und Magnesium zusammen. Weitere Cluster sind Kupfer-Eisen-Barium sowie Kupfer-Eisen-Ruß.

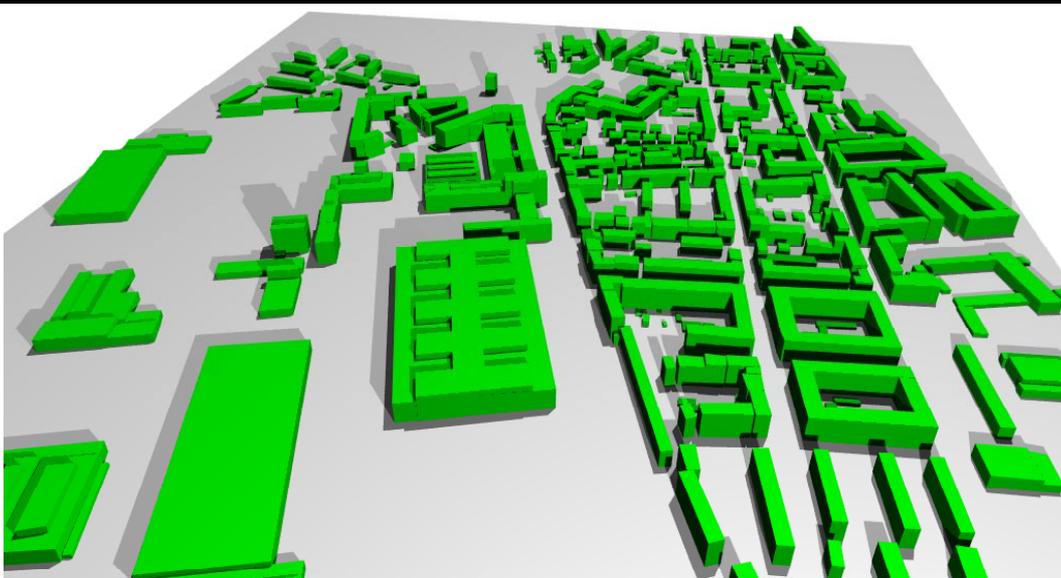


Abb. 11: Perspektivische Darstellung der Bebauung im Untersuchungsgebiet mit Blick nach Norden

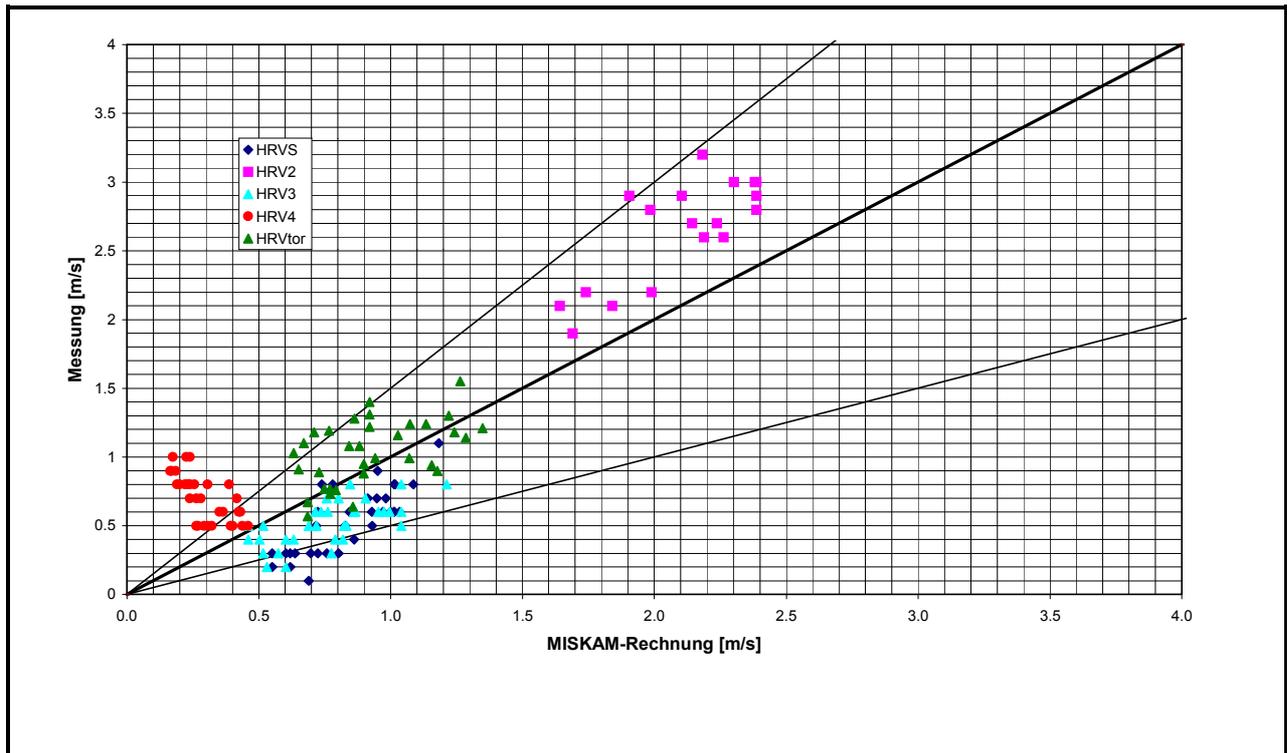


Abb. 12: Vergleich der horizontalen Windgeschwindigkeit – Anströmung von 120 und 130 Grad

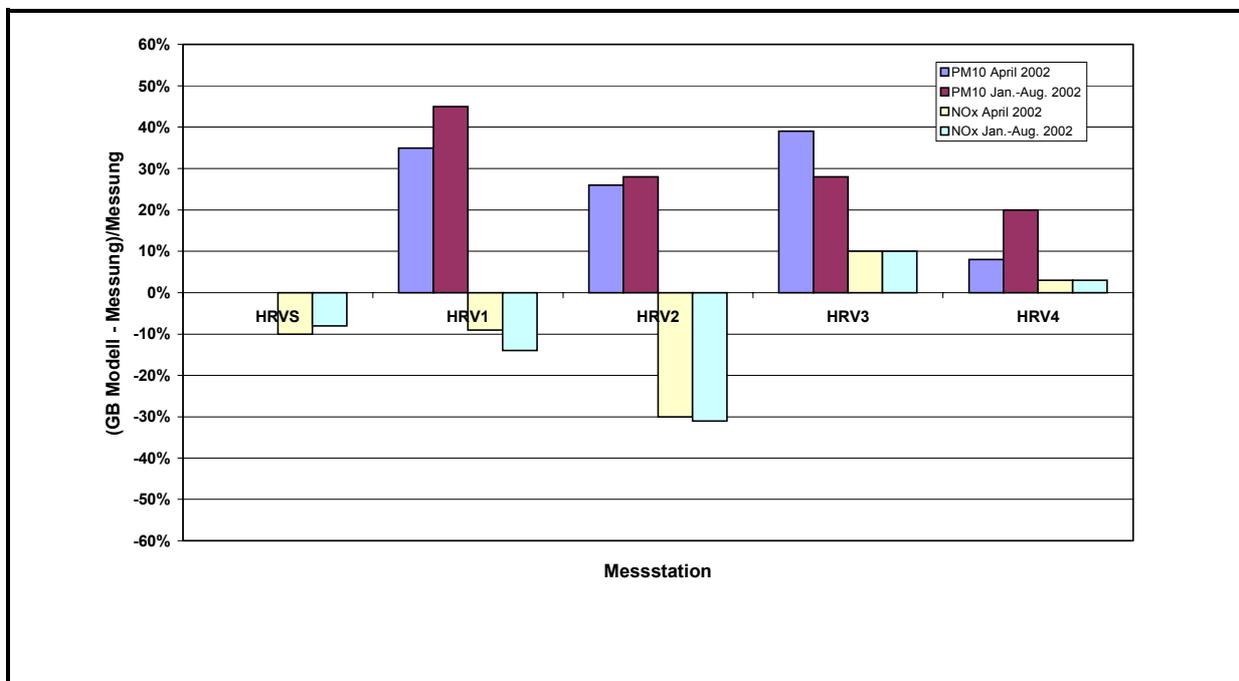


Abb. 13: Abweichungen zwischen berechneter Gesamtbelastung und Immissionswert in Bezug zum Immissionsmesswert für die Stoffe PM10 und NO_x an den Messstationen HRVS, HRV1, HRV2, HRV3 und HRV4 in der Göttinger Straße

	Cr	Cu	Al	K	Si	Na	Mg	Ca	Mn	Fe	P	Pb	Ba	S	Zn	Cl	Ti	Ruß	PM10	PM2.5
Cr	1,00	0,59	0,27	-0,10	0,04	-0,22	0,02	0,37	0,44	0,65	0,06	0,16	0,35	-0,08	0,54	0,06	0,33	0,43	0,36	0,26
Cu	0,59	1,00	0,00	-0,23	0,03	-0,04	-0,10	0,09	0,42	0,96	0,15	0,42	0,54	0,14	0,52	0,15	0,13	0,69	0,18	0,26
Al	0,27	0,00	1,00	0,27	-0,17	-0,16	0,45	0,47	0,33	0,08	0,32	0,23	0,03	0,25	0,49	-0,03	0,38	-0,14	0,34	0,30
K	-0,10	-0,23	0,27	1,00	0,25	0,14	0,11	0,66	0,23	-0,10	0,41	-0,04	0,01	0,24	0,27	-0,09	0,70	-0,34	0,57	0,51
Si	0,04	0,03	-0,17	0,25	1,00	-0,26	-0,50	-0,02	-0,08	0,06	0,52	-0,18	-0,01	-0,29	-0,06	-0,33	0,09	0,33	0,22	0,22
Na	-0,22	-0,04	-0,16	0,14	-0,26	1,00	0,58	-0,02	0,08	-0,09	-0,26	0,07	0,11	0,57	-0,06	0,06	0,05	-0,17	-0,06	0,11
Mg	0,02	-0,10	0,45	0,11	-0,50	0,58	1,00	0,17	0,09	-0,12	-0,10	0,16	-0,03	0,72	0,15	0,10	0,15	-0,28	0,04	0,15
Ca	0,37	0,09	0,47	0,66	-0,02	-0,02	0,17	1,00	0,56	0,27	0,05	0,08	0,23	0,06	0,67	0,06	0,93	-0,23	0,70	0,49
Mn	0,44	0,42	0,33	0,23	-0,08	0,08	0,09	0,56	1,00	0,54	0,16	0,30	0,26	0,16	0,60	0,13	0,49	0,10	0,46	0,41
Fe	0,65	0,96	0,08	-0,10	0,06	-0,09	-0,12	0,27	0,54	1,00	0,20	0,40	0,57	0,11	0,63	0,11	0,27	0,62	0,28	0,32
P	0,06	0,15	0,32	0,41	0,52	-0,26	-0,10	0,05	0,16	0,20	1,00	0,16	-0,06	0,23	0,12	-0,21	0,12	0,35	0,38	0,48
Pb	0,16	0,42	0,23	-0,04	-0,18	0,07	0,16	0,08	0,30	0,40	0,16	1,00	0,36	0,31	0,30	0,31	0,06	0,05	0,04	0,16
Ba	0,35	0,54	0,03	0,01	-0,01	0,11	-0,03	0,23	0,26	0,57	-0,06	0,36	1,00	0,08	0,34	0,09	0,21	0,23	0,01	0,10
S	-0,08	0,14	0,25	0,24	-0,29	0,57	0,72	0,06	0,16	0,11	0,23	0,31	0,08	1,00	0,16	0,20	0,11	-0,05	0,09	0,30
Zn	0,54	0,52	0,49	0,27	-0,06	-0,06	0,15	0,67	0,60	0,63	0,12	0,30	0,34	0,16	1,00	-0,04	0,63	0,16	0,57	0,48
Cl	0,06	0,15	-0,03	-0,09	-0,33	0,06	0,10	0,06	0,13	0,11	-0,21	0,31	0,09	0,20	-0,04	1,00	0,06	-0,26	-0,07	-0,11
Ti	0,33	0,13	0,38	0,70	0,09	0,05	0,15	0,93	0,49	0,27	0,12	0,06	0,21	0,11	0,63	0,06	1,00	-0,14	0,74	0,59
Ruß	0,43	0,69	-0,14	-0,34	0,33	-0,17	-0,28	-0,23	0,10	0,62	0,35	0,05	0,23	-0,05	0,16	-0,26	-0,14	1,00	0,16	0,24
PM10	0,36	0,18	0,34	0,57	0,22	-0,06	0,04	0,70	0,46	0,28	0,38	0,04	0,01	0,09	0,57	-0,07	0,74	0,16	1,00	0,81
PM2.5	0,26	0,26	0,30	0,51	0,22	0,11	0,15	0,49	0,41	0,32	0,48	0,16	0,10	0,30	0,48	-0,11	0,59	0,24	0,81	1,00

Tab. 2: Korrelationsmatrix von Elementen an HRV1/HRV2 aus PM10-Filterproben, gravimetrischer Auswertung der Kleinfiltergeräte (PM10 und PM2.5) plus Rußkonzentration aus LÜN-Daten (Anzahl der Werte: 45)

Zur Extraktion der Faktoren wurde die Hauptkomponenten-Analyse mit anschließender Varimax-Transformation ausgewählt. Bei der Hauptkomponentenanalyse werden lineare Kombinationen der Variablen (hier: Elemente und PM10) gebildet. Der erste Faktor, der bei der Hauptkomponentenanalyse extrahiert wird, ist derjenige, der den größten Teil der Gesamtstreuung aller Variablen erklärt. Da der Faktor in diesem Fall eine „Quelle“ darstellt, repräsentiert dieser Faktor den Anteil dieser Quelle. Der zweite Faktor bildet den zweitgrößten Anteil usw. Eine Anzahl von 45 analysierten Filterproben lässt als Kriterium eine Nicht-Berücksichtigung der Faktorladungen von 0.2 bis 0.25 zu.

Als erstes Abbruchkriterium für eine reduzierte Faktorenlösung werden nur Faktoren mit einem Eigenwert > 1 betrachtet. Hiermit ergab sich eine Anzahl von vier Faktoren, die ca. 75 % der Gesamtvarianz aller Daten erklären. Die meisten Elemente zeigen hohe Kommunalitäten, d. h. sie werden mit den extrahierten Faktoren gut abgebildet. Niedrige Kommunalitäten liegen jedoch bei Chrom, Mangan, Blei und Barium vor. **Tab. 3** zeigt die mit der Hauptkomponentenmethode extrahierten Faktoren nach Varimax-Orthogonalrotation.

Rotierte Faktor-Matrix					
	Faktoren („Quellen“)				
	Faktor 1	Faktor 2	Faktor 3	Faktor 4	Kommunalität
PM10	0.84	0.23			0.79
CR	0.30	0.66		0.21	0.61
CU		0.95			0.94
K	0.77	-0.28	0.21		0.72
NA			0.90		0.83
MG			0.80	0.25	0.77
CA	0.92			0.22	0.90
MN	0.52	0.40		0.33	0.55
FE		0.92		0.24	0.94
PB		0.29		0.69	0.60
BA		0.51		0.47	0.50
S			0.87		0.79
ZN	0.63	0.45		0.42	0.78
TI	0.93				0.87
AL	0.54			0.60	0.86
RUSS		0.82		-0.27	0.79
Eigenwert	4.15	3.78	2.39	1.72	
% der Varianz	26.0	23.6	15.0	10.8	
% kumulierter Anteil	26.0	49.6	64.5	75.3	

Tab. 3: Faktoren, ihre jeweiligen Beiträge, Faktorladungen der Elemente und ihre Kommunalitäten (Faktorladungen < 0.2 werden nicht berücksichtigt; Abbruchkriterium: Eigenwert < 1)

Die Faktoren („Quellen“) 1, 2 und 3 geben die bereits aus der Korrelationsmatrix aufgezeigten Cluster sehr gut wieder. Faktor 1 ist gekennzeichnet durch seine hohen Faktorenladungen von PM10, Kalium, Kalzium, Titan und den zusätzlichen Anteilen von Mangan, Zink und Aluminium (Cluster 2 und Cluster 3). Dies lässt carbonatische Anteile vermuten, d.h. dieser Faktor ist in erster Linie auf bodenoriginären Staub zurückzuführen, der sich noch nicht mit dem „Straßenstaub“ vermischt hat. Nicht erklärbar an dieser Stelle ist jedoch die hohe Faktorladung von Zink in diesem Faktor. In der Literatur wird Zink den Quellen Reifenabrieb, Bremsabrieb oder auch der Verbrennung (Müllverbrennung, fossile Brennstoffe) zugeordnet.

Faktor 2 ist durch die Elemente Chrom, Kupfer, Eisen und Ruß gekennzeichnet, sowie mit geringeren Faktorladungen von PM10, Mangan, Blei, Barium und Zink (Cluster 1, 5 und 6). Als typische Kupferquelle für eine verkehrsnahen Station ist der Bremsabrieb von Fahrzeugen bekannt mit weiteren nicht vernachlässigbaren Elementgehalten für Eisen, Blei und Zink. Aus den vorgenommenen Untersuchungen der Elementzusammensetzung des Straßenmaterials, des Grünstreifens und des Straßenstaubes ist im Vergleich festzustellen, dass eine Anreicherung u. a. für die Elemente Kupfer, Zink und Blei vorliegt. Weiterhin ist über Cluster 6 auch eine hohe Faktorladung für Ruß in Faktor 2 festzustellen. Ruß an einer verkehrsnahen

Station ist Dieselfahrzeugen zuzuordnen, insbesondere trifft dies für schwere Nutzfahrzeuge zu. Es ist anzunehmen, dass es sich bei Faktor 2 um eine „Mix-Quelle“ handelt. Zum einen ist die hohe Faktorladung für Ruß auf Auspuffemissionen von Dieselfahrzeugen zurückzuführen, zum anderen deuten die Faktorladungen der weiteren Elemente auf die in erster Linie fahrzeuginduzierte Resuspension von Straßenstaub hin.

Faktor 3 gibt praktisch das aus der Korrelationsmatrix gebildete Cluster 4 wieder. Der Faktor ist bestimmt durch Natrium, Magnesium und Schwefel. Natrium und Magnesium sind zusammen mit Chlor klassische Seesalzpartikel. Schwefel ist in Form des Sulfats ein typischer sekundärionischer Anteil. Es ist daher anzunehmen, dass Faktor 3 ein Mix aus Seesalz- und Sekundärionen-Ferneintrag darstellt.

Faktor 4 zeigt hohe Ladungen für Blei und Aluminium, sowie weitere geringere Ladungen für eine Anzahl von Elementen, u. a. Barium, Zink und Mangan. Blei, Barium, Mangan und Zink deuten auf Auspuff- und Abriebemissionen v. a. von Benzinfahrzeugen hin. Die relativ hohe Faktorladung für Aluminium lässt sich jedoch nicht unbedingt den Fahrzeugemissionen zuordnen, so dass vermutet werden kann, dass es sich bei Faktor 4 um eine Mix-Quelle handelt, die sowohl Anteile von Auspuffemissionen, jedoch auch unbestimmte weitere Anteile einer Aluminium dominierten Quelle enthält.

Um weitere Quellen zu ermitteln, wurde die Anzahl der Faktoren variiert. In der nachfolgenden **Tab. 4** wurde eine Faktorenanalyse mit Hauptkomponentenmethode und Varimax-Orthogonalrotation mit insgesamt sechs Faktoren durchgeführt.

Feststellbar ist, dass die Extraktion zweier weiterer Faktoren auf die ersten drei Faktoren praktisch keinen Einfluss haben. Faktor 4 aus **Tab. 3** spaltet sich nun in drei Faktoren auf. Faktor 4 (**Tab. 4**) mit den hohen Faktorladungen von Aluminium und Zink, sowie weiteren Ladungen für Kalzium, Chrom, Magnesium, Mangan und Titan ist vermutlich eine weitere Quelle hauptsächlich bodenoriginären Staubes.

Faktor 5 (**Tab. 4**) ist dominiert vom Element Blei, mit weiteren, jedoch geringeren, Faktorladungen für die Elemente Kupfer, Eisen, Mangan, Barium und Schwefel. Faktor 5 entspräche hier weitgehend der Interpretation aus anderen Veröffentlichungen (z. B. Hüglin, 2000) für Direkteintrag aus dem Verkehr über Auspuffemissionen und kraftfahrzeugspezifischer Abriebe (z. B. Bremse, Kupplung).

Rotierte Faktoren-Matrix							
	Faktoren („Quellen“)						
	Faktor 1	Faktor 2	Faktor 3	Faktor 4	Faktor 5	Faktor 6	Kommunalität
PM10	0.82	0.29				-0.28	0.85
CR		0.68		0.44	-0.21	0.28	0.81
CU		0.90			0.27	0.24	0.95
K	0.85	-0.30					0.85
NA			0.88	-0.23			0.86
MG			0.87	0.39			0.94
CA	0.87			0.37		0.24	0.94
MN	0.45	0.39		0.36	0.26		0.58
FE		0.87			0.26	0.28	0.95
PB					0.88		0.88
BA		0.35			0.25	0.81	0.86
S			0.86		0.29		0.85
ZN	0.50	0.45		0.55			0.80
TI	0.92			0.21			0.92
AL	0.31			0.85			0.85
RUSS		0.87					0.85
Eigenwert	3.6	3.5	2.4	1.8	1.2	1.2	
% der Varianz	22.6	22.0	14.7	11.3	7.8	7.3	
Kummulierte %	22.6	44.6	59.4	70.7	78.5	85.8	

Tab. 4: Faktorenanalyse mit Extraktion von sechs Faktoren mit Hauptkomponentenmethode und Varimax-Orthogonalrotation

Faktor 6 weist eine hohe Ladung für das Element Barium auf mit weiteren Faktorladungen der Schwermetalle Chrom, Kupfer und Eisen, sowie einer negativen Faktorladung für die PM10-Konzentration. In direkter Umgebung der Göttinger Straße befindet sich eine lokale Quelle, die den industriellen Prozessen zuzuordnen ist (Lohnhärterei). Typisch für diese industrielle Quelle dürfte insbesondere das Element Barium sein, so dass sich Faktor 6 als ein Quellbeitrag der nahen Industriequelle interpretieren ließe.

Bei der Festlegung von vier relevanten Quellen (**Tab. 3**) trägt Faktor 2 mit 24 % zur Varianz der Daten bei, Faktor 4 zu einem Anteil von etwa 11 %. Faktor 2 ist direkt dem Verkehr zuzuordnen, Faktor 4 zum einen hohen Anteil. Damit liegt der mittlere Anteil des Verkehrsbeitrages zur PM10-Immission an HRV1/HRV2 aus den analysierten Filterproben zwischen 30 und 35 %. Etwa 25 % der PM10-Gesamtvarianz sind bei der Wahl von vier Faktoren nicht erklärt.

- Bei einer Wahl von sechs Faktoren (**Tab. 4**) lassen sich zwei Faktoren direkt dem Verkehr zuzuordnen (Faktor 2 und Faktor 5). Der Anteil des Verkehrsbeitrages lässt sich bei der

Wahl von sechs Faktoren daher mit 30 % abschätzen. Bei der Wahl von sechs Faktoren sind etwa 15 % der PM10-Gesamtvarianz durch die reduzierte Faktorenlösung nicht erklärt.

4.4 Sensitivitätsanalyse

Basierend auf dem Emissionsmodellierungsansatz für nicht auspuffbedingtes PM10 nach dem derzeitigen Stand der Technik (siehe Lohmeyer (2001)) wurde eine Sensitivitätsanalyse für die Parameter Staubbeladung, Anteil Regentage, mittlere PKW-Masse, mittlere Masse leichter Nutzfahrzeuge, mittlere LKW-Masse und LKW-Anteil durchgeführt. Diese ergab, dass die PM10-Emissionen sehr stark vom LKW-Anteil und der mittleren LKW-Masse geprägt werden und dass hier auch Ansatzpunkte für Minderungspotentiale gegeben sind. In **Abb. 14** sind diese Zusammenhänge aufgezeigt. Für die mittlere LKW-Masse wurde als Ausgangsgewicht 9 t (100 %) angesetzt. Bei einer angesetzten mittleren LKW-Masse von 14 t steigen nach dem derzeitigen Emissionsansatz die PM10-Emissionen um ca. 50 %. Für den LKW-Anteil wurden als Ausgangspunkt 8 % angesetzt. Bei einem LKW-Anteil von 18 % würden sich die anzusetzenden PM10-Emissionen verdoppeln. Schon bei einer Erhöhung von 8% auf 10 % erhöhen sich die derzeit anzusetzenden PM10-Emissionen um fast 20 %.

Bei der Sensitivitätsbetrachtung der einzelnen Parameter lässt sich erkennen, dass insbesondere die Staubbeladung der Straße und vor allen Dingen der LKW-Anteil sowie die mittlere LKW-Masse sensitive Größen darstellen. Das heißt, kleine Änderungen in den Eingangsdaten dieser Parameter, bewirken große Änderungen im Ergebnis. Ein großes Problem stellt die Bestimmung der Staubbeladung dar, weil hier eine Messung durch Straßenabsaugung verglichen mit den Standardwerten sehr unterschiedliche Werte liefern kann. Bei der Absaugung selbst wurde ausdrücklich Wert auf ein weitgehend vergleichbares Verfahren gelegt. Weniger ins Gewicht fällt der Anteil der Regentage sowie die mittlere Masse leichter Nutzfahrzeuge. Die LKW-Anteile und die mittlere LKW-Masse zeigen den größten Einfluss und sind deshalb möglichst exakt zu erfassen.

Sowohl die EPA-Formel als auch die innerhalb dieser Studie genutzte korrigierte EPA-Formel berücksichtigen nicht die Abhängigkeit der PM10-Emission von der Fahrzeuggeschwindigkeit. Es ist jedoch zu erwarten, dass es bei Fahrzeugen mit größerer Fahrgeschwindigkeit zu einer stärkeren Emission in Form von aufgewirbelter Staubbeladung kommt als bei Fahrzeugen mit geringerer Fahrgeschwindigkeit. Es erscheint notwendig, wenn eine Überarbeitung der EPA-Formel auch die mittlere Fahrgeschwindigkeit berücksichtigen würde, um bei der Fragestellung nach Emissionsminderungsmaßnahmen auch auf die Sensitivität der PM10-Emission auf die Fahrgeschwindigkeit eingehen zu können.

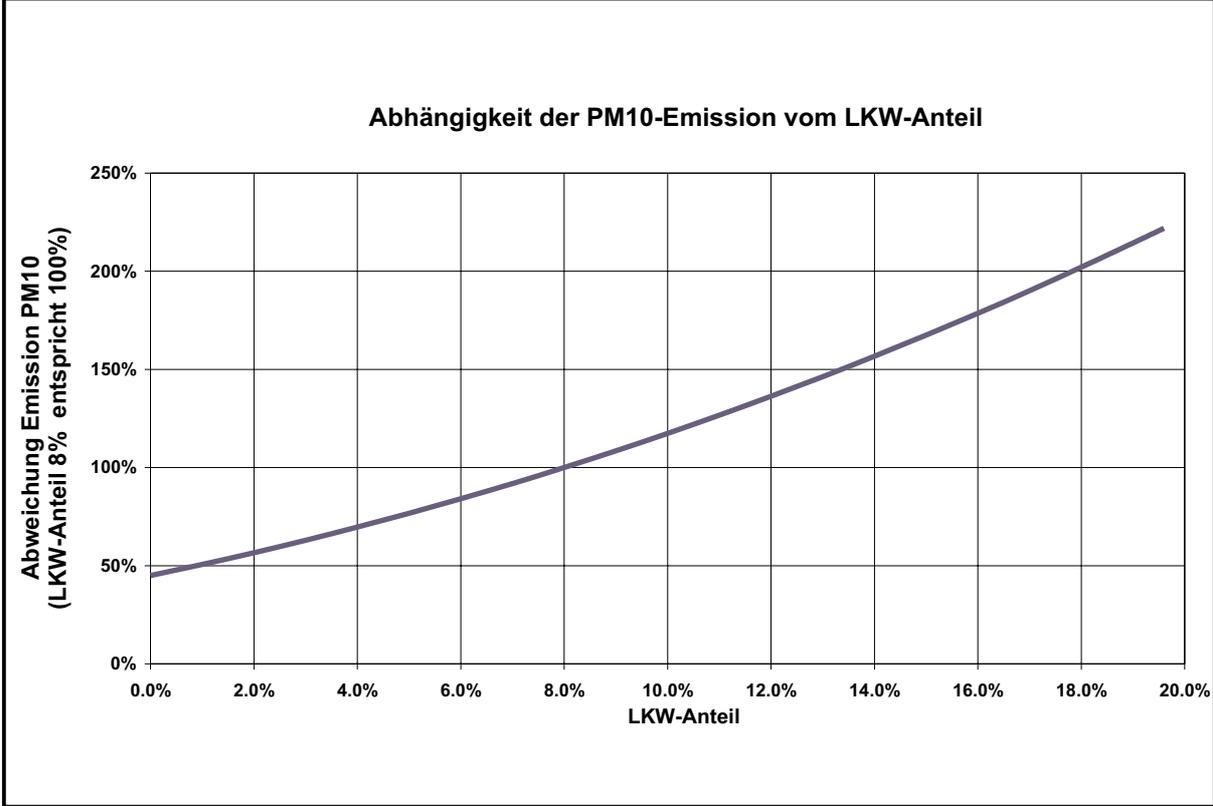
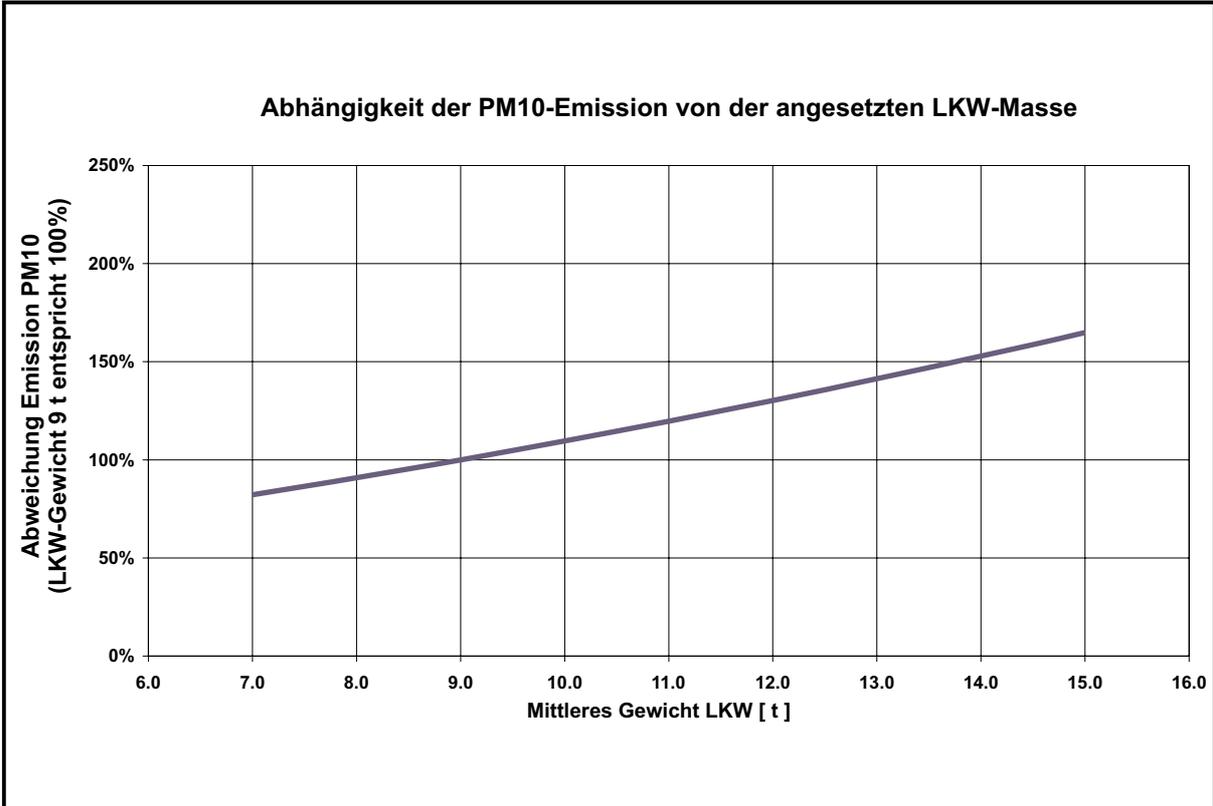


Abb. 14: Abhängigkeit der PM10-Emission von dem angesetzten Wert
oben : für LKW-Masse
unten: für LKW-Anteil

5 MASSNAHMEN

Aufbauend auf den zuvor ausgeführten Betrachtungen wurde eine Ursachenanalyse durchgeführt und diskutiert. Diese liefert die Grundlagen zur Erstellung eines Maßnahmenplanes zur Reduzierung der PM10-Immissionen im Bereich der Göttinger Straße als typisches Beispiel für ein städtisches Quartier. Als wesentliche Emissionseinflüsse ergaben sich:

Verkehrsaufkommen

Fahrweise der Fahrzeuge

Zusammensetzung der Fahrzeugflotte

auspuffbedingte Emissionsfaktoren sowie

nicht auspuffbedingte Emissionsfaktoren

Es wurden allgemeine Minderungsmaßnahmen zu vorgenannten Themenfeldern diskutiert, unterschieden nach den Quelltermen auspuffbedingte Emissionen und nichtauspuffbedingte Emissionen. Dabei wurde für beide Terme jeweils unterschieden zwischen zukünftigen Verringerungen der Emissionsfaktoren entsprechend dem Stand der Technik aus heutiger Sicht und darüber hinaus gehende Maßnahmen. Diese Minderungsmaßnahmen wurden diskutiert und für eine Anwendung in der Göttinger Straße beurteilt. Es gibt bzgl. der Quantifizierung der Wirkungen solcher Minderungsmaßnahmen bisher aber kaum belastbare Informationen.

Als erfolgversprechende Maßnahmen, anlehnend an den LAI-Bericht „Maßnahmenplanung“ (LAI, 2001), ergaben sich für die Göttinger Straße die Einführung von Verkehrsleit- oder Managementsystemen bzw. gebietsbezogene Verkehrsverbote und –beschränkungen. Die Verstetigung des Verkehrsflusses auch in Zusammenhang mit Geschwindigkeitsbeschränkungen wurde andiskutiert, die Auswirkungen können aber derzeit in diesem Projekt nicht quantifiziert werden.

6 FAZIT

- Die PM10-Immissionen in der Göttinger Straße werden mit einem Anteil von 30 - 40 % durch den Verkehr in der Göttinger Straße verursacht (**Abb. 15**). Dies konnte sowohl mit den Ausbreitungsrechnungen als auch mit der Rezeptormodellierung ermittelt werden.
- Die PM10-Verkehrsemissionen resultieren zu ca. 20 % aus den Auspuffabgasen und zu ca. 80 % aus Kfz-bedingtem Abrieb, Verschleppung und dem aufgewirbelten Straßenstaub.
- Der Straßenstaub wiederum resultiert zu max. 2/3 aus Straßenabrieb. Ein Minimalwert konnte hierfür nicht angegeben werden. Der Rest ist bedingt durch Reifen-, Kupplungs- und Bremsabrieb der durchfahrenden Fahrzeuge sowie durch sonstige Verschmutzungen (Schmutz durch Reifen, Abwehung von Ladungen etc.). Die hohen Anteile der LKW am Verkehr liefern einen wesentlichen Beitrag zu den hohen PM10-Immissionswerten. Andere dominante Quellen außer dem Verkehr konnten nicht ausgemacht werden.
- Die Auswirkungen von möglichen Minderungsmaßnahmen wurden aufgelistet, angesprochen und vorläufig bewertet. Sie sind im Detail mit anderen Behörden und Institutionen zu untersuchen.
- Neben dem hier aufgeführten Einflussbereich für Maßnahmen in dem lokalen Scale Göttinger Straße laufen zur Zeit Untersuchungen für die Beschreibung/Ursachenanalyse der weiträumigen PM10 Belastung im westlichen Niedersachsen im Vergleich zu Hannover.

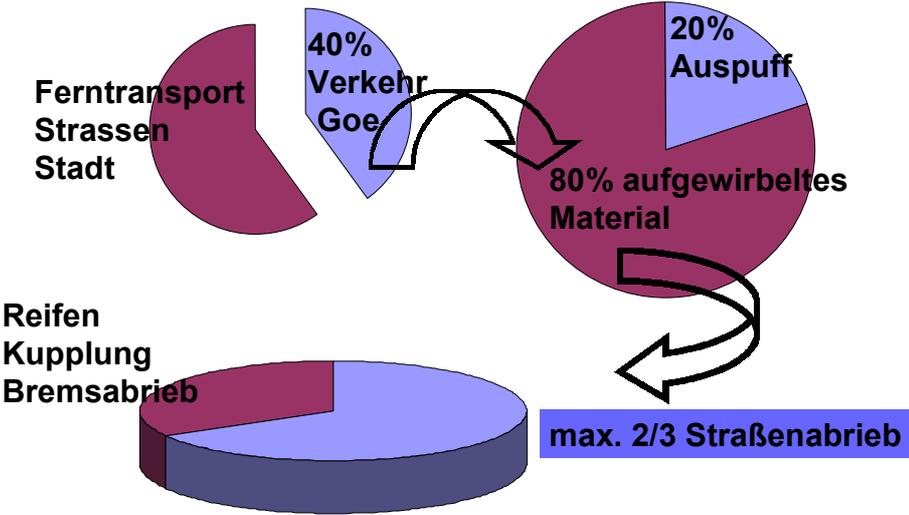


Abb. 15: Anteile der PM10 Herkunft in der Göttinger Straße

7 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., Frantz, H., Lohmeyer, A., Dreiseidler, A., Baumbach, G., Theurer, W., Heits, B., Müller, W.J., Giesen, K.-P. (2003): Feinstaub und Schadgasbelastungen in der Göttinger Straße, Hannover.

LAI (2001): Maßnahmenkatalog für Aktions- und Maßnahmepläne. Erstellt von dem Ad hoc-AK „Maßnahmenplanung“ des LAI, Bericht vom 2.10.2001.

Lohmeyer, A., Düring, I. (2001): Validierung von PM10-Immissionsberechnung im Nahbereich von Straßen und Quantifizierung der Feinstaubausbildung von Straßen. Auftraggeber: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Umweltschutz und Technologie, Berlin und Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Dresden. Bericht des Ing.-Büro Lohmeyer, Karlsruhe und Dresden, Juni 2001. Herunterladbar unter www.Lohmeyer.de/literatur.htm.

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.

UBA (1999): HBEFA Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs. Version 1.2/Januar 1999. INFRAS AG, Bern/Schweiz, Hrsg.: Umweltbundesamt, Berlin.