

Forschungsbericht FZKA-BWPLUS

**VERGLEICH VON  
MODELLANWENDUNGEN ZUR  
BERECHNUNG VON  
IMMISSIONSWERTEN INNERHALB  
EINES BEIDSEITIG BEBAUTEN  
STRASSENQUERSCHNITTS**

von

W. Bächlin, W.J. Müller, A. Lohmeyer

Ingenieurbüro Lohmeyer  
Karlsruhe und Dresden

Förderkennzeichen: PEF 297007 und BWE 99002

Die Arbeiten des Programms Lebensgrundlage Umwelt und ihre Sicherung werden mit Mitteln des Landes Baden-Württemberg gefördert

Dezember 2000

## **Anmerkung der Projektleitung**

Im Zuge des Reviewprozesses wurden einige kritische Bewertungen bzw. Kommentare zum vorliegenden Bericht abgegeben. Im Folgenden sind sie auszugsweise wiedergegeben:

### **Gutachter 1**

Die Durchführung des Ringvergleichs sowie dessen Dokumentation ist als sehr gelungen zu bezeichnen. Der Leser des Berichtes kann sich ein genaues Bild von der Güte der einzelnen Arbeitsschritte machen und hat durch die bereitgestellten Messdaten auch eine Dokumentation der tatsächlichen Schadstoffbelastung in einer typischen Straßenschlucht erhalten. Im Hinblick auf die Auswahl des geeigneten Rechenmodells (bzw. Windkanalmodells) wäre eine konkrete Identifikation der Teilnehmer und der verwendeten Verfahren hilfreich, wie es z.B. in den PEF-Vorhaben von Schädler et al. (1996, 1999) getan wurde. Aber als erster Schritt ist die Durchführung eines Ringvergleichs unter Wahrung der Anonymität der einzelnen Teilnehmer gerechtfertigt und auch sehr zu begrüßen.

Insgesamt kann die hier vorgelegte Vergleichsstudie als wegweisend im Hinblick auf eine Qualitätssicherung für die Erfassung und Prognose der Luftqualität in Stadtgebieten angesehen werden. Weitere Schritte in dieser Richtung können auch zu einem einheitlichen Standard für die Immissionsprognose Kfz-bedingter Luftschadstoffe in Stadtgebieten führen, was im Sinne der Rechtssicherheit sehr erstrebenswert ist.

### **Gutachter 2**

Das Projekt entspricht einem klaren Bedürfnis von Anwendern und Begutachtern von Luftschadstoff-Ausbreitungsstudien und in diesem Sinn natürlich auch der Öffentlichkeit. Die Art des Vorgehens ist für die vorliegende Problematik absolut neu und die Resultate sind entsprechend höchst interessant. Sie zeigen in sehr anschaulicher Weise die Unterschiede auf, mit denen man rechnen muss, wenn eine Immissionsberechnung aufgrund von teilweise unvollständigen Eingangsdaten erstellt werden muss. Insbesondere war für dieses Resultat wichtig, dass die Studie in zwei Phasen durchgeführt wurde, so dass eben eine Verbesserung der Eingangsdaten in Phase 2 augenfällig zu verbesserten Resultaten führt.

Ein interessantes Resultat ist die Tatsache, dass die Voraussagen für die einzelnen *Zwischenresultate* wesentlich größere Unterschiede zwischen den verschiedenen Teilnehmern zeigen als das jeweilige Schlussresultat (also die berechnete bzw. gemessene Immission). Dies deutet darauf hin, dass die

einzelnen Anwender offensichtlich eine Tendenz haben, ihre *Annahmen* entsprechend der Stärken oder Schwächen ihres jeweiligen *Tools* zu treffen [z.B.: ein Anwender eines Modells, dessen Physik er bekanntermaßen überschätzt, wird dazu tendieren, eher tiefe Emissionsfaktoren - immer im Bereich der Unsicherheit - zu verwenden]. Es heißt aber auch, dass diese Art von Modellierung eigentlich nicht von 'Laien' gemacht werden kann, wie das mit 'Modellpaketen', die eine entsprechend aufgearbeitete Computer-Oberfläche aufweisen, suggeriert wird.

Von großer Wichtigkeit war auch die Erweiterung des Projekts auf EU-Teilnehmer. Hier zeigte sich, dass die Unsicherheit in den getroffenen Annahmen durchaus größer wird, wenn die 'Verhältnisse vor Ort' aus der eigenen Erfahrung weniger genau bekannt sind. Offensichtlich besteht hier ein beträchtlicher Koordinationsbedarf.

Es wäre zu hoffen, dass in Zukunft ähnliche 'Ringmodellierungen' auch für andere Anwendungsbeispiele (Autobahnteilstück, Industrieemissionen, etc.) durchgeführt werden könnten. Allenfalls könnte sogar erwogen werden, die Teilnahme an solchen Versuchen für die 'Zulassung als geeignetes Modell bzw. Verfahren' zur Vorbedingung zu erklären.

### **Gutachter 3**

Die Modellberechnungen wurden von unterschiedlichen Institutionen durchgeführt. Berechnet wurden statistische Kennwerte in Form von Jahresmittelwerten und 98-Perzentilwerten, Teilnehmer an diesem Vergleich waren sowohl nationale wie auch im Rahmen des EU-geförderten Projektes TRAPOS internationale Organisationen.

Die für die Validierung der Modelle herangezogenen Immissionswerte wurden an einem einzelnen Punkt innerhalb der Straßenschlucht messtechnisch erhoben. Hier ergibt sich bereits eine gewisse Problematik eines Vergleichs, da gewisse Rechenmodelle nicht punktbezogen sondern volumsbezogen Ergebnisse liefern. Das heißt ein volumsgemittelter Konzentrationswert wird in weiterer Folge mit einem punktförmig erhobenen Immissionswert verglichen. Günstiger wäre gewesen hier zusätzlich eine streckengemittelte Immissionsmessung mittels eines "open-path remote-sensing..."Verfahrens (z.B. DOAS) durchzuführen. Trotzdem sollte für statistische Werte wie z. B. Jahresmittelwerte und 95- oder 98-Perzentilwerte die Datensicherheit genügend groß sein. Weiter erweist sich als problematisch, dass den Teilnehmern freigestellt wurde, welche Verkehrswerte sie verwenden konnten bzw. welche Emissionsfaktoren zum Einsatz kamen. Dadurch liegen bereits relativ große Streuung bei den Emissionsberechnungen durch die einzelnen Teilnehmer vor. Dies erschwert natürlich eine Bewertung der Ausbreitungsmodelle. Die Bewertung der Ausbreitungsmodelle erfolgte anhand

dimensionsloser Konzentrationen. Diese wurden gewählt, um so die Unterschiede der Emissionsdichten auszugleichen. Das geforderte Endergebnis war die Berechnung von Konzentrationswerten bzw. Immissionswerten in *Form* von statistischen Jahreskenngrößen. Berechnet wurden zwei Phasen, wobei die zweite Phase nicht von allen Teilnehmern mitgetragen wurde. Zusammenfassend wurde festgehalten, dass die gelieferten statistischen Jahresmittelwerte und 98-Perzentilwerte die Messwerte in einem bestimmten Vertrauensbereich gut trafen. Die relativ großen Streuungen waren zu erwarten, da die verwendeten Modellansätze doch sehr unterschiedlich sind und unterschiedliche Parametrisierungen verwenden.

Die durchgeführte Arbeit ist im Sinne einer Qualitätssicherung zu sehen, bei der unterschiedliche Modelle auf die gleiche Fragestellung angewendet wurden. Dies ist ein erster Schritt, um die Anwendungsbereiche und Vertrauensbereiche einzelner Modellansätze angeben zu können. Aus diesem Grund wird die durchgeführte Arbeit als durchaus positiv betrachtet, wenngleich auch Mängel in der Abstimmung zwischen den einzelnen Teilnehmern einen erfolgreicherem Abschluss des Projektes verhindert haben. Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Studie einen interessanten Überblick über einen groß angelegten Modellversuch zur Bewertung von Immissionsmodellen bietet. Dies ist sowohl für Anwender von Modellen als auch für Forscher eine interessante Grundlage. Wünschenswert wäre lediglich, wenn in der Zusammenfassung eine klare Darstellung der Aufgaben und vor allem der Ergebnisse herausgestrichen werden könnte.

#### Gutachter 4

Die Anonymität der Teilnehmer in Verbindung mit den von ihnen eingesetzten Modellen ist hinsichtlich des Projektziels nicht sinnvoll. Eine Diskussionsrunde der Ergebnisse hätte gegenüber dem strikten Bewahren der Teilnehmeranonymität mehr Nutzen eingebracht. Ein Vergleich von Modellanwendungen auf EU-Ebene mit deutscher Vorgehensweise und deutschen Emissionsfaktoren bringt bei fehlender Erfahrung von ausländischen Instituten keine wissenschaftlich vertretbaren Ergebnisse.

Die Berücksichtigung von NO<sub>2</sub>-Immissionswerten beim Vergleich kann wegen der nicht genau berechenbaren Umwandlungsrate von NO in NO<sub>2</sub> bei unterschiedlichen meteorologischen Bedingungen zumindest als Beispiel für die subjektive Beurteilung von chemischen Prozessen während des Ausbreitungsvorgangs betrachtet werden.

Durch die fehlenden Tagesgänge der wichtigen Eingangsparameter (z. B. Fahrzeuggeschwindigkeiten, Fahrzeugbeschleunigungen, Verkehrszusammen-

setzung) kann die zeitliche Auflösung als wichtiger subjektiver Einfluss beim Vergleich nicht berücksichtigt werden.

Statt der Berücksichtigung der Standardabweichung bei der Meteorologie ist der Variationskoeffizient (relative Standardabweichung) sinnvoller, da dieser die Abweichung bezogen auf den Mittelwert ausdrückt.

Aus den großen Abweichungen der von den einzelnen Teilnehmern berechneten Emissions- (bis zum Faktor 3) und Ausbreitungswerten (bis zum Faktor 2) untereinander können die wesentlich geringeren Abweichungen der berechneten Immissionen von den gemessenen Immissionen plausibel nicht entstehen:

Möglicher Grund: deutliche Unsicherheiten, die sich gegenseitig aufheben - Hinweis darauf fehlt in der Arbeit.

Die deutlichen Abweichungen bei der Bestimmung der Punkte mit den höchsten Immissionskonzentrationen (räumliche Verteilung und absolute Konzentrationshöhe) stellen den Sinn von solchen "Ausbreitungsringversuchen" beim heutigen Kenntnisstand selbst auf deutscher Ebene in Frage und deuten darauf hin, dass selbst "Experten" keine zuverlässige Immissionsprognose für eine beliebige Straßenschlucht liefern können, ohne vorherige Kalibrierung der Ausbreitungsrechnungen durch Immissionsmessungen.

Entsprechend den Erwartungen liegen die Abweichungen auf EU-Ebene noch deutlich höher als auf nationaler Ebene (z.B. bei den Benzol-Emissionen bis zum Faktor 5). Dies deutet darauf hin, dass "Ausbreitungsringversuche" auf EU-Ebene nach dem heutigen Kenntnisstand sinnlos sind und der Zeitpunkt einer EU-weiten Harmonisierung der Vorgehensweise noch weit entfernt ist.

### **Anmerkungen der Autoren**

Wir bedanken uns bei den Gutachtern für die größtenteils positiven Beurteilungen und nehmen auf Anregung von BWPLUS nachfolgend Stellung zu den eher kritischen Anmerkungen von Gutachter 4. Wir bedauern, dass es keine Gelegenheit gab, mit Gutachter 4 dessen Fazit zu diskutieren.

Der Ringvergleich war ursprünglich derart geplant, dass Teilnehmer, angewendete Modelle und zugeordnete Ergebnisse namentlich genannt werden. Nachdem potentielle Teilnehmer bei BWPLUS vorsprachen und ihre Bedenken bzgl. dieser Vorgehensweise geäußert haben, erhielten wir von BWPLUS den Hinweis, diese Vorgehensweise zu überdenken und die Anonymität der Teilnehmer anzustreben. Diesem Wunsch sind wir gefolgt und haben die Ausschreibung diesbezüglich geändert und die Anonymität zugesagt. Beim

diesbezüglich geändert und die Anonymität zugesagt. Beim ersten Workshop in Karlsruhe wurde dieses Thema erneut mit den Teilnehmern diskutiert. Von Seiten der Teilnehmer, die sich alle ohne Kostenerstattung an diesem Vergleich beteiligt und deshalb ein Mitspracherecht hatten, wurde ausdrücklich einer Darstellung der Ergebnisse nur derart zugestimmt, dass zwar die Listen der Teilnehmer und der verwendeten Modelle getrennt aufgeführt, die Ergebnisse aber anonym unter Nummern dargestellt werden. Eine Zuordnung durfte nicht möglich sein. Somit konnten die Ergebnisse nicht differenziert betrachtet werden, da dann einzelne modellspezifische Parameter diskutiert werden müssen und es wäre relativ schnell bekannt, welche Modelle/Modellanwender hinter welchen Nummern verborgen sind. Da einzelne Modelle auch nur von einzelnen Teilnehmern eingesetzt werden, wäre somit die Anonymität nicht mehr gewährleistet. Darauf wurde auch im Bericht ausführlich hingewiesen.

Im Vordergrund des Projektes stand der Praxisbezug, d.h. die Teilnehmer sollten die Methoden und Verfahren einsetzen, die sie auch in der täglichen Praxis verwenden. Detailfragen zu Parametern der NO-NO<sub>2</sub>-Konversion sowie zeitlich und örtlich hoch variabler Fahrzeugbeschleunigung machen zwar Sinn und die Antworten auf diese Fragen mögen bei wissenschaftlichen Detailuntersuchungen auch zur Verfügung stehen. Bei dem vorliegenden Projekt ging es aber um einen zusammen mit einer Immissionsschutzbehörde konzipierten Vergleich, der unter für die Praxis realistischen Randbedingungen durchgeführt werden sollte. Hierauf wurde in dem Bericht deutlich verwiesen. Um die Einflüsse der Güte der Eingangsdaten auch quantifizieren zu können, wurden die beiden Bearbeitungsphasen (1. Phase mit „älteren“ Eingangsdaten mäßiger Güte, 2. Phase mit aktualisierten Eingangsdaten) durchgeführt. Dies war eines der Ziele des abgeschlossenen Projekts, darauf wird im Bericht deutlich verwiesen. Im Gegensatz zu Gutachter 4 meinen wir nicht, dass "Ausbreitungsringversuche" auf EU-Ebene zum Aufzeigen der Unterschiede in den Vorgehensweisen und Ergebnissen sinnlos sind, wenn dabei große Unterschiede und Harmonisierungsbedarf erkennbar werden. Genau diese Unterschiede herauszufinden ist Sinn eines Ringversuchs und war auch Sinn dieses Ringversuchs.

Den Verantwortlichen bei Genehmigungsbehörden und anderen Einrichtungen wird mit der vorliegenden Arbeit ein Einblick geliefert, wie derartige Immissionsprognosen zustande kommen und mit welchen Unsicherheiten sie behaftet sein können. Die Prüfungsfelder bzw. Bereiche der Fehlinterpretation mit den Konsequenzen wurden aufgezeigt. Man sollte daher nicht den „Sinn von solchen Ausbreitungsringversuchen“ in Frage stellen, sondern auch für andere Konstellationen ähnliche Vergleiche durchführen und somit einen Beitrag zur Qualitätssicherung eines Verfahrens leisten, das sehr häufig an vielen Stellen eingesetzt wird und Grundlagen für umweltrelevante Entscheidungen liefert. Mit dem vorliegenden Bericht sollten die Ergebnisse nicht „schöngeredet werden“, vielmehr war das Ziel eine objektive Bestandsaufnahme. Die Erfahrungen der Qualitätssicherungsmethoden in der Messtechnik und die dort geforderten

Genauigkeiten sollten in Analogie auch in die Modellierungstechnik einfließen und somit zu einer Standardisierung der Verfahren führen.

BWPLUS Projektleitung

November 2001

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1 ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>1</b>
<b>2 PROJEKTKONZEPT UND REALISIERUNG.....</b>	<b>10</b>
<b>3 PROJEKTABLAUF.....</b>	<b>13</b>
<b>4 EINGANGSDATEN.....</b>	<b>14</b>
4.1 Lage des Untersuchungsgebietes und der Untersuchungspunkte .....	14
4.2 Meteorologische Daten.....	20
4.3 Schadstoffvorbelastung .....	20
4.4 Verkehrsdaten.....	21
4.5 Messstandort und Gerätebestückung .....	23
<b>5 AUFGABENSTELLUNG FÜR TEILNEHMER .....</b>	<b>27</b>
<b>6 TEILNEHMER AM VERGLEICH UND EINGESETZTE MODELLE.....</b>	<b>29</b>
<b>7 ERGEBNISSE .....</b>	<b>31</b>
7.1 Berechnungen.....	31
7.1.1 Meteorologie.....	31
7.1.2 Hintergrundbelastung .....	36
7.1.3 Emissionsmodellierung .....	39
7.1.4 Ausbreitungsmodellierung.....	44
7.1.5 Immissionswerte.....	49
7.2 Messergebnisse Konzentrationswerte .....	68
7.3 Gegenüberstellung Messung/Rechnung .....	69
7.4 Ergebnisse der EU-Teilnehmer .....	77
7.4.1 Vorbemerkung .....	77
7.4.2 Teilnehmer am Vergleich und eingesetzte Modelle .....	78
7.4.3 Ergebnisse.....	79
7.5 Resümee.....	85

<b>8 LITERATUR.....</b>	<b>86</b>
-------------------------	-----------

## **ANHÄNGE**

<b>ANHANG A INTERNETDARSTELUNG UND VORGABE FÜR ERGEBNIS- DATEI.....</b>	<b>87</b>
<b>ANHANG B ERGEBNISSE.....</b>	<b>88</b>
<b>B1 HINTERGRUNDBELASTUNG .....</b>	<b>89</b>
<b>B2 EMISSIONSMODELLIERUNG.....</b>	<b>93</b>
<b>B3 AUSBREITUNGSMODELLIERUNG.....</b>	<b>103</b>
<b>B4 IMMISSIONSWERTE .....</b>	<b>108</b>

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.

## 1 ZUSAMMENFASSUNG

Maßnahmen zur Luftreinhaltung in verkehrsbelasteten Gebieten und der Vollzug § 40 Abs. 2 BImSchG, bei dem die Auswirkungen zukünftiger Maßnahmen im Vorfeld zu betrachten sind, erfordern die Erstellung von Immissionsprognosen. Dabei kommen in der Praxis unterschiedliche Verfahren und Methoden zum Einsatz. Im Sinne der Qualitätssicherung für Immissionsprognosen sind vergleichbare Verfahren und Ergebnisse anzustreben, hierzu können Vergleiche analog zu Ringvergleichen bei Messungen wesentlich beitragen. Mit der vorliegenden Studie wurde ein erster Versuch in diese Richtung unternommen.

In prognostizierte Immissionswerte fließen die meteorologischen, die verkehrs- bzw. emissionsseitigen und die bebauungsspezifischen Eingangsgrößen sowie die großräumig vorhandene Hintergrundbelastung ein. In einer durch das Projekt "Europäisches Forschungszentrum für Maßnahmen zur Luftreinhaltung" (PEF) geförderten Studie (FLASSAK et al., 1996) wurden die Auswirkungen der Güte dieser Eingangsdaten auf die Güte der prognostizierten Immissionen betrachtet.

Für die Berechnung der einer Immissionsprognose zu Grunde liegenden Strömungsfelder bzw. Ausbreitungsverhältnisse kommen unterschiedliche physikalische und numerische Modelle zum Einsatz. In mehreren durch das Projekt "Europäisches Forschungszentrum für Maßnahmen zur Luftreinhaltung" (PEF) bzw. das "Programm Lebensgrundlage Umwelt und ihre Sicherung" (BWPLUS) geförderten Projekten (SCHÄDLER et al. (1996, 1999), RÖCKLE et al. (1995)) wurde eine Auswahl dieser Modelle untersucht und miteinander verglichen, wobei bei diesen Arbeiten die Ausbreitungsmodellierung im Vordergrund stand. Bei diesen Studien wurden die Arbeiten vorwiegend von **einem** Bearbeiter **einer** Institution für unterschiedliche Modelle durchgeführt.

In Ergänzung zu diesen Projekten wurde in der vorliegenden Studie die gesamte Kette von den Eingangswerten über die Ausbreitungsmodellierung bis hin zu den prognostizierten Immissionswerten betrachtet, wobei im Gegensatz zu den bisherigen Projekten diese Arbeiten **nicht von einem** Mitarbeiter einer bestimmten Institution sondern von **mehreren** Mitarbeitern aus **unterschiedlichen** Institutionen mit unterschiedlichen Modellen/Verfahren durchgeführt wurden.

Es war das Ziel, durch einen Vergleich mehrerer Anwender die mögliche Bandbreite der Ergebnisse von Immissionsberechnungen bei Vorgabe der gleichen Eingangsdaten, aber Bearbeitung durch verschiedene Organisationen/Bearbeiter und/oder unterschiedliche Vor-

gehensweisen aufzuzeigen. Dabei fließt auch die Subjektivität des einzelnen Anwenders mit ein. Mit dieser Arbeit wird ein Beitrag zur Qualitätssicherung bei der Erstellung von Immissionsprognosen angestrebt.

Im Sinne einer praxisnahen Anwendung wurde dieser Vergleich für eine bestehende Straße durchgeführt. Es wurde ein Straßenquerschnitt ausgewählt, für den zum Zeitpunkt der Rechnungen noch keine Messungen vor Ort vorlagen, für den aber in absehbarer Zeit Messungen durchgeführt wurden. Als Untersuchungsquerschnitt bot sich die Podbielskistraße in Hannover an. Es handelt sich dabei um eine stark befahrene Straße, deren Randbebauung beidseitig bis in ca. 25 m Höhe reicht.

Die Luftschadstoffmessungen vor Ort wurden im Rahmen des Lufthygienischen Überwachungssystem Niedersachsen (LÜN) unter Leitung von Herrn Dr. B. Heits durchgeführt und von Herrn Dipl.-Met. W.J. Müller, Niedersächsisches Landesamt für Ökologie, für den Ringvergleich aufbereitet.

In mehreren Fachzeitschriften und bei Fachveranstaltungen wurden "Aufrufe zur Teilnahme am Vergleich" gestartet. Die Ziele, Rahmenbedingungen und Eingangsdaten erschienen im Internet und wurden so einem möglichst breiten Anwenderkreis zur Verfügung gestellt. Um vergleichbare Ergebnisse zu bekommen, wurde für die Übergabe der berechneten/gemessenen Werte eine Ergebnisdatei entworfen, die so aufgebaut war, dass möglichst alle Teilnehmer auch ihre modellspezifischen Eingangswerte und Zwischengrößen weitestgehend platzieren konnten. So wurde sichergestellt, dass die gelieferten Ergebnisse vergleichbar sind und alle relevanten Zwischenergebnisse ebenfalls für den Vergleich vorliegen.

Zur Wahrung der Anonymität wurden alle Ergebnisdateien direkt bei BWPLUS eingereicht, dort anonymisiert und an die Auswertestelle weitergereicht. Beim ersten Workshop im September 1999 in Karlsruhe wurden von den Teilnehmern beschlossen, dass die Liste der Teilnehmer und eine davon unabhängige Liste der eingesetzten Modelle veröffentlicht werden kann, allerdings ohne Zuordnung von Nummern, Teilnehmer und Modell. Aus Gründen der Wahrung dieser Anonymität kann keine Detaildiskussion der Ergebnisse erfolgen, da hier auf die einzelnen Größen einzelner physikalischer/numerischer Modelle eingegangen werden müsste und somit die Modelle leicht erkennbar wären.

Mit einem kurzen Zeitversatz wurde auch auf EU-Ebene ein analoger Vergleich durchgeführt. Hier bot sich als Plattform das europäische Netzwerkprogramm TRAPOS (Optimisation of Modelling Methods for **T**raffic **P**ollution in **S**treams) an. Die Informationsseiten wurden in

englischer Sprache aufbereitet und ebenfalls im Internet zur Verfügung gestellt. Der weitere Verlauf war analog zu der Vorgehensweise in Deutschland, wobei beide Vergleiche aus organisatorischen und aus Gründen der Zugänglichkeit (z.B. EU-Teilnehmern fehlte Erfahrung mit deutschen Emissionsfaktoren) getrennt durchgeführt wurden. Die ersten Ergebnisse dieses Vergleichs wurden im Oktober 1999 während eines speziell dafür eingerichteten Workshops während der internationalen Tagung "Sixth International Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion - Modelling für Regulatory Purposes" in Rouen in Frankreich vorgestellt.

Der Projektablauf sah insgesamt eine Bearbeitung in zwei Phasen vor, die nachfolgend kurz erläutert seien:

In **Phase 1** sollten von den Teilnehmern Immissionswerte prognostiziert werden auf der Basis der zum Startzeitpunkt vorliegenden Eingangsdaten. Dies waren Gebäudeangaben aus vorliegenden Lageplänen, ältere Verkehrszählungen und meteorologische Daten aus zurückliegenden Jahren aus dem Stadtbereich Hannover. Die Datenlage für Phase 1 war durchaus ähnlich umfangreich, wie sie auch bei praktischen Anwendungen für Untersuchungen vorliegt, die unter einem starken Zeitdruck durchgeführt werden müssen und deren Ergebnisse damit auch nicht so belastbar sind.

Für die **Phase 2** standen dahingegen aktuellere Eingangsdaten zur Verfügung. Während der Bearbeitungsphase 1 wurden vom Niedersächsischen Landesamt für Ökologie nicht nur Immissionsmessungen im Untersuchungsquerschnitt durchgeführt sondern auch Verkehrserhebungen vorgenommen und für die Bearbeitungsphase 2 zur Verfügung gestellt. Zudem wurde die aktuelle Meteorologie auf dem Gebäude des NLÖ erfasst und für den Betrachtungszeitraum bereitgestellt.

Die Berechnungsergebnisse aus Phase 2 sind daher primär für den Vergleich Messung/Rechnung heranzuziehen. Der Vergleich der Ergebnisse der Phasen 1 und 2 dahingegen zeigt auf, wie wichtig die Güte der Eingangsdaten für die Belastbarkeit der prognostizierten Immissionswerte ist.

Beteiligt haben sich am nationalen Vergleich insgesamt 11 Institutionen mit insgesamt 14 verschiedenen Modellen/Methoden. Drei Teilnehmer bearbeiteten die Fragestellung mithilfe

von Windkanalexperimenten, 11 Teilnehmer bedienten sich numerischer Modelle, wobei 7 verschiedene Modelle zum Einsatz kamen. Am EU-Vergleich beteiligten sich zusätzlich 9 Teilnehmer mit 8 Modellen.

Für den Vergleich waren Immissionswerte für die Schadstoffe Benzol, Ruß, NO<sub>x</sub> und NO<sub>2</sub> als Jahresmittelwerte gefordert, zusätzlich die 98-Perzentilwerte für NO<sub>x</sub> und NO<sub>2</sub>. Nicht alle Teilnehmer lieferten alle diese geforderten Werte, manche beschränkten sich auf einen Teil der Schadstoffe bzw. nur auf die Jahresmittelwerte, andere lieferten nur die reinen Ausbreitungsparameter in Form der dimensionslosen Konzentration  $c^*$ . Zusätzlich waren optional gewünscht die so genannten HotSpots in der Untersuchungsstraße, dies sind die Orte mit den höchsten prognostizierten Immissionswerten nach Größe und Lage sowie im Rahmen einer Sensitivitätsbetrachtung Einflüsse von Stau- und Kaltstartberücksichtigung.

Wie eingangs erwähnt, wurden neben den Immissionswerten auch die verwendeten Eingangsgrößen in Form der mittleren Windgeschwindigkeit für die Meteorologie, dem DTV, den Emissionsfaktoren und den Emissionsdichten für die Eingangsgröße Emission und den angesetzten Konzentrationswerten für die Hintergrundbelastung abgefragt. Da für den Block Meteorologie gemessene Zeitreihen einer Station in Hannover, Göttinger Straße und als Hinweis für die Hintergrundbelastung Konzentrationswerte dieser Station zur Verfügung gestellt wurden, war eine begrenzte Streubreite der angesetzten Werte zu erwarten. Dies wurde durch die Ergebnisse bestätigt.

### **Ergebnisse des nationalen Vergleiches**

Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich auf den Vergleich im deutschsprachigen Raum.

#### Meteorologie

Als Maß für die Unterschiede in den verwendeten Daten zwischen den einzelnen Teilnehmern bietet sich die Standardabweichung an. Die Standardabweichung der mittleren Windgeschwindigkeit aller Teilnehmer, die Werte lieferten, lag in Phase 1 bei 0.22 m/s und in Phase 2 bei 0.11 m/s. Dies zeigt, dass die Bandbreite bzgl. der mittleren Geschwindigkeit sehr klein war. Da lediglich ein Teilnehmer die Statistik vom Flughafen Hannover verwendet hat und alle anderen mit der zur Verfügung gestellten Zeitreihe der Station Göttinger Straße gearbeitet haben, sind auch bei der Windrichtungsverteilung nur minimale Unterschiede zu erwarten.

### Hintergrundbelastung

Für die Hintergrundbelastung ergab sich ein ähnliches Bild, wenn auch die ermittelten Standardabweichungen je nach Schadstoff stark unterschiedlich waren. So ergab sich die Standardabweichung bei Benzol in Phase 1 bei einem Mittelwert von  $2.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  zu  $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und in Phase 2 bei einem Mittelwert von  $2.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  zu  $0.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Für Ruß hatten in Phase 1 alle außer einem Teilnehmer den Wert  $1.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  angesetzt, in Phase 2 haben alle mit diesem Wert gearbeitet. Für  $\text{NO}_x$  und  $\text{NO}_2$  lagen die Standardabweichungen bei ca. 5 % bis 10 % des Mittelwertes wobei beim 98-Perzentilwert für  $\text{NO}_x$  in Phase 2 nur zwei Werte geliefert wurden und daher keine Aussage gemacht werden sollte.

### Emission

Als Verkehrszahlen wurden in Phase 1 Zählwerte zur Verfügung gestellt, die in der Zeit zwischen 06.30 und 18.30 Uhr in den Jahren 1987 bis 1995 erhoben wurden. Daraus schätzten die Teilnehmer DTV-Werte ab, die im Bereich zwischen ca. 16 000 und ca. 24 000 KFZ/Tag lagen. Die Standardabweichung betrug 2 780 KFZ/Tag. Für Phase 2 wurden stichprobenartige Verkehrszählungen in der Podbielskistraße durchgeführt. Die von den Teilnehmern in Phase 2 angesetzten DTV-Werte lagen bei ca. 16 280 KFZ/Tag mit einer Standardabweichung von unter 100 KFZ/Tag. Auf Grund der aktuelleren und belastbareren Datengrundlage wurde hier im Sinne der Qualitätssicherung ein bedeutender Beitrag zur Vergleichbarkeit der prognostizierten Immissionswerte geleistet.

Bei den gelieferten Emissionsfaktoren ergaben sich deutliche Unterschiede bei den Teilnehmern. Dies gilt für alle betrachteten Schadstoffe. Differenzen um den Faktor zwei bei den betrachteten Fahrzeuggruppen PKW, INfz und sNfz sind zu erkennen.

Die Unterschiede in den angesetzten DTV-Werten und in den Emissionsfaktoren schlagen sich auch in den Emissionsdichten nieder. Bei Benzol ergaben sich in Phase 1 Unterschiede zwischen dem niedrigsten und höchsten prognostizierten Wert bis zum Faktor drei. In Phase 2 lag dieser Faktor bei maximal 1.5. Die Standardabweichungen betragen in Phase 1  $3.1 \mu\text{g}/\text{m}/\text{s}$  (Mittelwert  $8.4 \mu\text{g}/\text{m}/\text{s}$ ) und in Phase 2  $1.1 \mu\text{g}/\text{m}/\text{s}$  (Mittelwert  $7.0 \mu\text{g}/\text{m}/\text{s}$ ). Ähnliche Ergebnisse ergaben sich auch für die anderen Schadstoffe.

### Ausbreitung

Die als Maß für die Ausbreitungsverhältnisse betrachtete dimensionslose Konzentration  $c^*$  lieferte ebenfalls große Abweichungen zwischen den Teilnehmern. Als integraler, nicht gewichteter Wert über alle Windrichtungen ergaben sich Unterschiede größer Faktor 2, wobei die Abweichungen bei einzelnen Anströmrichtungen weitaus größer werden konnten.

### Immission

Das Endergebnis stellen die berechneten Immissionswerte dar. Auf Grund der jeweiligen Datengrundlage ergaben sich hier allgemein für Phase 1 weitaus größere Abweichungen zwischen den einzelnen Teilnehmern als in Phase 2. So ergab sich für Benzol bei einem prognostizierten mittleren Jahresmittelwert aller Teilnehmer von  $5.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  eine Standardabweichung der berechneten Immissionswerte von  $1.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  während für Phase 2 der gemittelte Jahresmittelwert der Teilnehmer bei  $4.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und einer Standardabweichung von  $0.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  lag. Für Ruß betrug der Mittelwert in Phase 1  $4.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bei einer Standardabweichung von  $1.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und in Phase 2  $3.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bei einer Standardabweichung von  $0.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Für  $\text{NO}_x$  und  $\text{NO}_2$  ergaben sich größere Abweichungen. So betrug z.B. die Standardabweichung beim Jahresmittelwert  $\text{NO}_2$   $14.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bei einem Jahresmittelwert von  $51.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in Phase 1 und eine Abweichung von  $8.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bei einem mittleren Wert von  $51.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in Phase 2.

Die von einigen Teilnehmern für die Podbielskistraße ermittelten HotSpots unterschieden sich zwischen dem niedrigsten und dem höchsten Wert um ca. den Faktor 2.5, wobei auch die Lage dieser Punkte zum Teil sehr unterschiedlich war.

Der Vergleich der prognostizierten Ergebnisse mit den Messwerten des NLÖ vor Ort lieferte für die einzelnen betrachteten Schadstoffe unterschiedliche Ergebnisse. So lagen bei Benzol alle Teilnehmer, die für diesen Schadstoff Werte lieferten, in einem Band von  $\pm 20 \%$  um den Messwert. Bei Ruß war diese Streubreite wesentlich größer, hier lagen ca. 50 % der Teilnehmer im Band  $\pm 20 \%$ , wobei die Rußwerte durch die Modelle überschätzt wurden. Für den Schadstoff  $\text{NO}_x$  lagen ca. 60 % der Teilnehmer im Band  $\pm 20 \%$  des gemessenen Jahresmittelwertes, die anderen Teilnehmer überschätzten den Messwert. Den 98-Perzentilwert von  $\text{NO}_x$  überschätzten 67 %, 33 % lagen im Band  $\pm 20 \%$ . Wesentlich besser getroffen wurde dahingegen der Jahresmittelwert von  $\text{NO}_2$ , hier lagen nahezu 90 % der Teilnehmer in einem engen Band von  $\pm 10 \%$  um den Messwert, 86 % der Teilnehmer trafen den 98-Perzentilwert  $\text{NO}_2$  in einem Band von  $\pm 20 \%$ .

## Ergebnisse EU-Vergleich

Die Ergebnisse des EU-Vergleichs sind teils denen des nationalen Vergleichs ähnlich, teils zeigten sich aber auch große Abweichungen. Der DTV-Wert wurde nur von drei Teilnehmern angegeben. Er lag in der ersten Phase zwischen ca. 18 000 KFZ/Tag und ca. 24 500 KFZ/Tag, in der zweiten Phase hat nur noch ein Teilnehmer den Wert angegeben mit 16 000 KFZ/Tag. Besonders schwierig gestaltete sich für die EU-Teilnehmer offensichtlich die Emissionsbestimmung. Die angesetzten Emissionsfaktoren für PKW und den Schadstoff Benzol lieferten Unterschiede um den Faktor 5 zwischen dem niedrigsten und dem höchsten Wert, wobei die Werte deutlich höher als die nationalen lagen. Für Ruß wurden nur von drei Teilnehmern Emissionsfaktoren angegeben, auch hier waren große Unterschiede zu verzeichnen. Für  $\text{NO}_x$  lieferten die meisten EU-Teilnehmer Emissionsfaktoren, die Werte lagen auch hier deutlich über den im nationalen Vergleich angesetzten Werten. Dies schlägt sich entsprechend auch in den Emissionsdichten nieder. Für alle betrachteten Schadstoffe liegen die Emissionsdichten in beiden Phasen deutlich über den nationalen Werten.

Die Streubreiten bei dem reinen Ausbreitungspart in Form der dimensionslosen Konzentration  $c^*$  sind größtenteils ähnlich denen des nationalen Vergleichs, auffallend ist, dass mehrere Teilnehmer extrem niedrige  $c^*$ -Werte über den gesamten Anströmungsbereich ermittelt haben.

Obgleich der teilweise großen Abweichungen bei der Emissionsbestimmung und den  $c^*$ -Werten zwischen den einzelnen EU-Teilnehmern und im Vergleich zu den Ergebnissen des nationalen Vergleichs sind die Streubreiten bei den berechneten Jahresmittelwerten eher geringer. Die prognostizierten Immissionswerte für Benzol liegen im Bereich zwischen ca.  $4.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und ca.  $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , wobei ein Teilnehmer mit ca.  $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$  deutlich außerhalb dieses Bereiches liegt.

Für Ruß wurden nur von wenigen Teilnehmern Ergebnisse geliefert. Ruß ist einer der relevanten Schadstoffe in Deutschland, auf EU-Ebene ist Ruß von untergeordneter Bedeutung. Als alternative Größe wird dort eher  $\text{PM}_{10}$  betrachtet. Die für Ruß berechneten Werte lagen zwischen  $3.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und liegen somit verglichen mit den Messwerten im oberen Bereich, auch im Vergleich zu den nationalen Ergebnissen.

Die berechneten  $\text{NO}_x$ -Werte sind denen aus dem nationalen Vergleich ähnlich mit Tendenz eher leicht niedriger zu sein. Die gelieferten Ergebnisse schwanken zwischen ca.  $53 \mu\text{g}/\text{m}^3$

und  $155 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Die  $\text{NO}_x$  98-Perzentilwerte liegen im Mittel niedriger als bei dem nationalen Vergleich und kommen somit den Messwerten näher.

Für  $\text{NO}_2$  wurden nur von wenigen Teilnehmern Ergebnisse geliefert, wobei zwei Teilnehmer deutlich über den nationalen Werten lagen. Hier ist besonderes Augenmerk auf die berücksichtigten Konversionsraten zu legen. Auch für die 98-Perzentilwerte von  $\text{NO}_2$  liegen nur wenige Ergebnisse vor, wobei ein Teilnehmer sich durch sehr hohe Immissionswerte deutlich abhebt.

Die Ergebnisse des EU-Vergleichs sind denen des nationalen Vergleichs teils ähnlich, teils sind aber auch große Abweichungen erkennbar. Leider sind die Ergebnisse sehr lückenhaft, d.h. einige Teilnehmer haben nur die  $c^*$ -Werte bestimmt und keine Immissionswerte berechnet, andere haben nur ausgewählte Schadstoffe betrachtet. Mit Blick auf eine EU weite Harmonisierung der Erstellung von Immissionsprognosen gibt es viele offene Fragen und Abstimmungsbedarf. Dies betrifft insbesondere die Eingangsdaten und den gesamten Block der Emissionsmodellierung. Bzgl. der reinen Ausbreitungsmodellierung in Form der  $c^*$ -Werte ist ebenfalls Abstimmungsbedarf, wobei dies bei verschiedensten EU-Konferenzen thematisiert wurde.

## **Fazit**

Das hier vorgestellte Projekt wurde ermöglicht durch das unentgeltliche Mitwirken der Teilnehmer, die zum Teil großen Personal- und Sachaufwand bei diesem erstmaligen internetbasierten Ringversuch geleistet haben.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, die beim nationalen Vergleich gelieferten statistischen Jahreskennwerte in Form der Jahresmittelwerte und 98-Perzentilwerte trafen die Messwerte in einem vorgegebenen Vertrauensband gut. Die Bandbreite ist schadstoffabhängig. Hier ist sicher auch die schadstoffabhängige Messgenauigkeit in der Nähe der Nachweisgrenze von Bedeutung.

Die Ergebnisse der Phase 1 haben gezeigt, dass bei Eingangsdaten unzureichender Güte und Aktualität, wie häufig vorgefunden, die Ergebnisse der einzelnen Teilnehmer sehr stark streuen und mit Blick auf die angestrebte Qualitätssicherung derartige Resultate verworfen werden sollten. Eine deutlich bessere Übereinstimmung ergab sich in Phase 2 nach der Erhebung deutlich verbesserter Eingangsdaten.

Der EU-Vergleich hat gezeigt, dass sehr viel Abstimmungsbedarf vonnöten ist, damit im Sinne einer europaweiten Harmonisierung der Vorgehensweise zukünftig vergleichbare Ergebnisse erreicht werden. Die Methode des Ringvergleichs ist auf EU-Ebene schwieriger, da die Kenntnis der nationalen Emissionsfaktoren bei den Teilnehmern nicht vorausgesetzt werden kann.

Die hier vorgestellten Untersuchungen in Form von "Ringrechnungen" in Analogie zu den Ringversuchen in der Messtechnik sind weiterhin dringend notwendig. Es können die Erfahrungen vonseiten der Messtechnik noch in stärkerem Maße einfließen. Im Sinne der notwendigen Qualitätssicherung und der erforderlichen Vergleichbarkeit von prognostizierten Werten unterschiedlicher Bearbeiter ist dies gerade bei aufwendigeren Modellen notwendig. Die konkrete Umsetzung bedarf sicherlich noch weiterer detaillierter Entwicklungen. Die Teilnehmer und die beteiligten Landesämter und Ministerien äußerten sich sehr positiv zu dem Projekt.

Von seiten der Teilnehmer wurden die beiden im Rahmen dieses Projektes abgehaltenen Workshops mit der Möglichkeit ausführlicher Diskussionen sehr begrüßt. Es wurde für notwendig befunden, derartige Treffen zur Harmonisierung der Methoden und Vorgehensweisen auch zukünftig durchzuführen.

## 2 PROJEKTKONZEPT UND REALISIERUNG

In der Praxis kommen bei der Erstellung von Immissionsprognosen unterschiedliche Verfahren zum Einsatz. Im Sinne der Qualitätssicherung ist anzustreben, auch für Immissionsprognosen Vergleiche analog zu Ringvergleichen bei Messungen durchzuführen. Mit der vorliegenden Studie wurde ein erster Versuch in diese Richtung unternommen.

Die prognostizierten Immissionswerte werden bestimmt durch die berücksichtigten meteorologischen, die verkehrs- bzw. emissionsseitigen und die bebauungsspezifischen Eingangsgrößen sowie die großräumig vorhandene Hintergrundbelastung. In einer durch das Projekt "Europäisches Forschungszentrum für Maßnahmen zur Luftreinhaltung" (PEF) geförderten Studie (FLASSAK et al., 1996) wurden die Auswirkungen der Güte dieser Eingangsdaten auf die Güte der prognostizierten Immissionen betrachtet.

Für die Berechnung der in die Immissionsprognose einfließenden Strömungsfelder bzw. Ausbreitungsverhältnisse kommen unterschiedliche physikalische und numerische Modelle zum Einsatz. In mehreren durch das Projekt "Europäisches Forschungszentrum für Maßnahmen zur Luftreinhaltung" (PEF) bzw. das "Programm Lebensgrundlage Umwelt und ihre Sicherung" (BWPLUS) geförderten Projekten (SCHÄDLER et al. (1996, 1999), RÖCKLE et al. (1995)) wurde eine Auswahl dieser Modelle untersucht und miteinander verglichen, wobei bei diesen Arbeiten die Ausbreitungsmodellierung im Vordergrund stand.

Eine weitere "Einflussgröße" bei der Erstellung von Immissionsprognosen ist die Subjektivität des Bearbeiters. Bei den zuvor genannten Studien wurden die Arbeiten vorwiegend von **einem** Bearbeiter **einer** Institution durchgeführt.

In Ergänzung zu diesen Projekten wurde in der vorliegenden Studie die gesamte Kette von den Eingangswerten über die Ausbreitungsmodellierung bis hin zu den prognostizierten Immissionswerten betrachtet, wobei im Gegensatz zu den bisherigen Projekten diese Arbeiten **nicht von einem** Mitarbeiter einer bestimmten Institution sondern von **mehreren** Mitarbeitern aus **unterschiedlichen** Institutionen durchgeführt wurden.

Es war das Ziel, durch einen Vergleich die mögliche Bandbreite der Ergebnisse von Immissionsberechnungen bei Vorgabe der gleichen Eingangsdaten, aber Bearbeitung durch verschiedene Organisationen / Bearbeiter und / oder unterschiedliche Vorgehensweisen aufzuzeigen und somit einen Beitrag zur Qualitätssicherung bei der Erstellung von Immissionsprognosen zu liefern.

Im Sinne einer praxisnahen Anwendung wurde dieser Vergleich prognostizierter Immissionswerte für eine konkrete bestehende Straße durchgeführt. Es wurde ein Straßenquerschnitt ausgewählt, für den zum Zeitpunkt der Rechnungen noch keine Messungen vor Ort vorlagen, für den aber in absehbarer Zeit Messungen durchgeführt wurden. Als Untersuchungsquerschnitt bot sich nach intensiven Recherchen die Podbielskistraße in Hannover an. Es handelt sich dabei um eine stark befahrene Straße, deren Randbebauung beidseitig bis in ca. 25 m Höhe reicht. Die Luftschadstoffmessungen vor Ort wurden im Rahmen des Lufthygienischen Überwachungssystem Niedersachsen (LÜN) unter Leitung von Herrn Dr. B. Heits durchgeführt und von Herrn Dipl.-Met. W.J. Müller, Niedersächsisches Landesamt für Ökologie, für den Ringvergleich aufbereitet.

Um einen möglichst großen Kreis von Anwendern zur Teilnahme an diesem Vergleich gewinnen zu können, wurden in mehreren Fachzeitschriften und bei Fachveranstaltungen "Aufrufe zur Teilnahme" gestartet. Die Ziele, Rahmenbedingungen und Eingangsdaten erschienen im Internet unter der Adresse <http://bwplus.fzk.de/aktuell/aufruf.htm> und wurden so einem möglichst breiten Anwenderkreis zur Verfügung gestellt. Um vergleichbare Ergebnisse zu bekommen, wurde für die Übergabe der berechneten/gemessenen Werte eine Ergebnisdatei entworfen (siehe Anhang A1), die so aufgebaut war, dass alle Teilnehmer auch ihre modellspezifischen Eingangswerte und Zwischengrößen weitestgehend plazieren konnten. So wurde sichergestellt, dass die gelieferten Ergebnisse vergleichbar sind und alle relevanten Zwischenergebnisse ebenfalls für den Vergleich vorliegen. Zur Wahrung der Anonymität wurden alle Ergebnisdateien direkt bei BWPLUS eingereicht, dort anonymisiert und an die Auswertestelle weitergereicht. Jeder Teilnehmer erhielt eine persönliche Zuordnungsnummer. Beim ersten Workshop im September 1999 in Karlsruhe wurden von den Teilnehmern beschlossen, dass die Liste der Teilnehmer und eine davon unabhängige Liste der eingesetzten Modelle veröffentlicht werden kann, allerdings ohne Zuordnung von Nummern, Teilnehmer und Modell.

Mit einem kurzen Zeitversatz wurde auch auf EU-Ebene ein analoger Vergleich durchgeführt. Hier bot sich als Plattform das europäische Netzwerkprogramm TRAPOS (Optimisation of Modelling Methods for **Traffic Pollution in Streets**) an. Die Informationsseiten wurden in englischer Sprache aufbereitet und ebenfalls im Internet zur Verfügung gestellt. Der weitere Verlauf war analog zu der Vorgehensweise in Deutschland, wobei beide Vergleiche aus organisatorischen Gründen getrennt durchgeführt und die prognostizierten Immissionswerte im vorliegenden Bericht zusammengeführt wurden. Die ersten Ergebnisse dieses Vergleichs wurden im Oktober 1999 während eines speziell dafür eingerichteten Workshops während

der internationalen Tagung "Sixth International Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion - Modelling für Regulatory Purposes" in Rouen in Frankreich vorgestellt.

### 3 PROJEKTABLAUF

Ausgangspunkt für die vorliegende Studie war die Recherche nach einem geeigneten Straßenquerschnitt. Mit Auswahl der Podbielskistraße in Hannover erfolgte die Aufbereitung der für die Erstellung einer Immissionsprognose notwendigen, in Kap. 4 dargestellten Eingangsdaten. Es wurden die zu diesem Zeitpunkt vorliegenden Eingangsdaten zusammengetragen, wohl wissend, dass diese Daten (z.B. ältere Verkehrszählungen) nicht den aktuellen Werten entsprechen, aber durchaus qualitativ so einzustufen sind, wie sie für praktische Anwendungen angesetzt werden. Mit diesen Daten sollten von den Teilnehmern Immissionsprognosen für verschiedene Aufpunkte in der Straße erstellt und die HotSpots, das sind die Orte mit den höchsten Jahresmittelwerten im Untersuchungsausschnitt, ermittelt, die Ergebnisse mitgeteilt und im Rahmen eines Workshops diskutiert werden. Die teilnehmenden Anwender nutzten diese Plattform zum intensiven Erfahrungsaustausch. Dieser Teil der Studie bildete die Phase 1.

Zeitgleich zu den zuvor genannten Arbeiten wurden für den betrachteten Bereich der Podbielskistraße genauere/aktuellere Daten ermittelt. Zu einem vorgegebenen Zeitpunkt wurden mit Beginn der Phase 2 diese neuen Daten zur Verfügung gestellt und neue Rechnungen durchgeführt. Diese Ergebnisse können nun auch direkt mit den zeitgleich erfolgten Immissionsmessungen im Straßenraum verglichen werden. Abschluss der Phase 2 bildete ein weiterer Workshop, bei dem die Ergebnisse und Erfahrungen ausgetauscht und Rückschlüsse auf Anforderungen an die Güte von Eingangsdaten aufgrund des Vergleichs der Resultate aus Phase 1 und Phase 2 gezogen wurden.

Der konkrete Zeitplan der Teilnehmer in Deutschland sah im einzelnen wie folgt aus, der Zeitplan der EU-Teilnehmer war jeweils um einige Wochen versetzt.

10.01.1999	Daten für Phase 1 werden im Internet zur Verfügung gestellt
11.06.1999	Abgabetermin für die kompletten Ergebnisse aus Phase 1
05.08.1999	Ergebnisse werden an Teilnehmer verschickt
27.09.1999	Workshop der Teilnehmer in Karlsruhe zum Abschluß der Phase 1
17.12.1999	Daten für Phase 2 werden im Internet zur Verfügung gestellt
10.03.2000	Abgabetermin für die kompletten Ergebnisse der Phase 2
15.06.2000	Ergebnisse werden an Teilnehmer verschickt
05.07.2000	Workshop der Teilnehmer in Karlsruhe zum Abschluss der Phase 2

## 4 EINGANGSDATEN

Die Eingangsdaten für die durchzuführenden Rechnungen bzw. Messungen wurden im Internet für die Teilnehmer unter der Adresse <http://bwplus.fzk.de/aktuell/aufruf.htm> zur Verfügung gestellt. Zu Beginn der Internetseite kann zwischen der deutschen und der englischen Version gewählt werden. Nachfolgend sind diese Daten dargestellt.

### 4.1 Lage des Untersuchungsgebietes und der Untersuchungspunkte

Der Lageplan in **Abb. 4.1** zeigt das Modellgebiet mit dem Lister Platz und der näheren Umgebung. Der für den Modellvergleich interessierende Straßenabschnitt liegt vor den Gebäuden Podbielskistraße 5/7. Das fünfstöckige Gebäude Podbielskistraße 5/7 hat eine Höhe von ca. 25 m bis First. An den Fassaden befinden sich, wie in der Karte auch angedeutet, geschlossene Veranden und Balkone.

In diesen Lageplan wurde ein Koordinatensystem eingetragen zur Definition der interessierenden Immissionsorte und der ebenfalls geforderten HotSpots, dies sind die Orte in der Straße mit den höchsten berechneten Jahresmittelwerten. Die interessierenden Immissionsorte sind **Tab. 4.1** zu entnehmen. Damit sich die Teilnehmer auch ohne Ortstermin ein Bild von der Straße machen konnten, wurden Photos mit Blick nach Südwesten (**Abb. 4.2**) und Blick vom Listerplatz nach Nordosten (**Abb. 4.3**) und (**Abb. 4.4**) in die Podbielskistraße zur Verfügung gestellt. **Abb. 4.5** liefert einen Blick von oben in das Untersuchungsgebiet (diese Aufnahme stand zur Bearbeitungszeit noch nicht zur Verfügung).

Name des Immissionspunktes	Lage		
	x [m]	y [m]	z [m]
Aufpunkt 1	80	+7	1.5
Aufpunkt 2	80	+7	5
Aufpunkt 3	80	-7	1.5
Aufpunkt 4	80	-7	5
Aufpunkt 5	60	+7	1.5

Tab. 4.1: Definition der interessierenden Immissionsorte (die Koordinatenangaben beziehen sich auf das im Lageplan in **Abb. 4.1** eingezeichnete Koordinatensystem)

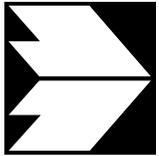
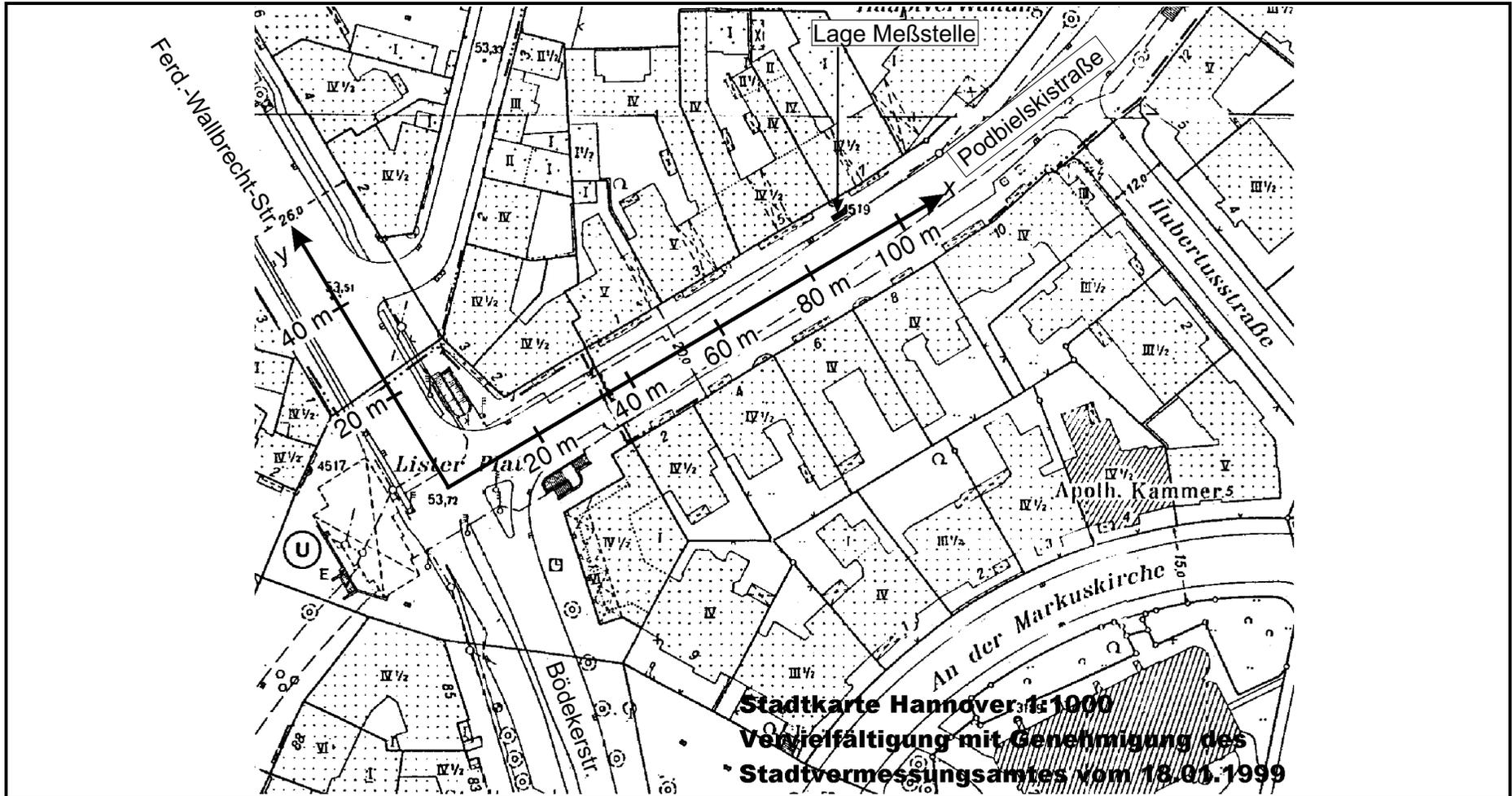


Abb. 4.1: Lageplan Untersuchungsabschnitt Podbielskistraße mit Koordinatensystem



Abb. 4.2: Blick nach Südwesten in die Podbielskistraße



Podbi Blick von Listerplatz nach NO Aufn.:wjm



Abb. 4.3: Blick von Listerplatz nach Nordosten



Podbi Blick von Lister Platz nach NO Aufn.: wjm



Abb. 4.4: Blick von Listerplatz nach Nordosten



Abb. 4.5: Blick von oben in das Untersuchungsgebiet

## 4.2 Meteorologische Daten

Als meteorologische Eingangsgrößen wurden Datensätze zur Windrichtung und Windgeschwindigkeit zur Verfügung gestellt. Diese wurden an der Station HRSW des LÜN (= Lufthygienisches Überwachungssystem Niedersachsen) auf dem Flachdach des Dienstgebäudes des Niedersächsischen Landesamtes für Ökologie (NLÖ) in der Göttinger Straße in Hannover, ca. 4 km entfernt von der Podbielskistraße, in 42 m über Grund, in 10 m Höhe über Dach erfasst. Für die Phase 1 der Studie wurden die Zeitreihen der Halbstundenwerte der Windrichtung und der Windgeschwindigkeit für den Zeitraum 01.01.1989 bis 31.12.1998 der Station HRSW zur Verfügung gestellt. Für die Phase 2 wurden diese Zeitreihen ergänzt durch die aktuellen Daten für das Jahr 1999. Die entsprechenden Windstatistiken sind in **Abb. 7.1** und **Abb. 7.2** gezeigt.

## 4.3 Schadstoffvorbelastung

In der direkten Umgebung der Podbielskistraße lagen keine Schadstoffmessungen vor, die als Hinweis auf die zu erwartenden Vorbelastungswerte interpretiert werden konnten. Es wurden daher für die Berechnungen die gemessenen Schadstoffwerte an der Station HRSW des LÜN in der Göttinger Straße in 42 m über Grund und 10 m über Dach als Hinweis für die zu erwartenden Vorbelastungswerte zur Verfügung gestellt. Dies waren für die Phase 1 die Jahresmittelwerte für Benzol, Ruß, NO<sub>2</sub>, NO und CO sowie die 98-Perzentilwerte für NO<sub>2</sub>, NO und CO (siehe **Tab. 4.2**). Für die Phase 2 wurden diese Daten ergänzt durch die Monatsmittelwerte für das Jahr 1999 für die Schadstoffe Benzol, NO und NO<sub>2</sub> (siehe **Tab. 4.3**) sowie den 98-Perzentilwert für NO<sub>2</sub>.

Stoff	Jahresmittelwert	98-Perzentilwert
<b>Benzol (ORSA)</b>	2.3	-
<b>NO<sub>2</sub></b>	30	73
<b>NO</b>	9	62
<b>CO</b>	0.3	0.95
<b>Ruß</b>	1.5	-

Tab. 4.2: Gemessene Luftschadstoffbelastung Hannover Südwest (Göttinger Straße, Station HRSW)

<b>Konzentrationsmesswerte (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>			
<b>Messung in HRSW (über Dach)</b>			
Monat	Benzol	NO	NO <sub>2</sub>
Jan 99	2	8	29
Feb 99	2	9	32
Mrz 99	2.2	10	34
Apr 99	2.1	6	28
Mai 99	2	4	25
Jun 99	2.5	5	24
Jul 99	2	4	23
Aug 99	1.2	5	26
Sep 99	1.2	5	29
Okt 99	1.5	8	24
Nov 99	1.8	19	31

Hinweis: Der 98-Perzentilwert NO<sub>2</sub> für die Monate Januar bis November 1999 betrug 63  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Rußmessungen wurden in diesem Zeitraum nicht durchgeführt. Zusätzliche Information ab 22.02.2000: Der Jahresmittelwert bzw. der 98-Perzentilwert von NO<sub>2</sub> für den Zeitraum Februar 1999 bis Januar 2000 betrug 27  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  bzw. 63  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , der Jahresmittelwert von NO 8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Tab. 4.3: Gemessene Luftschadstoffbelastung Hannover Südwest (Göttinger Straße, Station HRSW) im Jahr 1999

#### 4.4 Verkehrsdaten

Die zu Beginn des Projektes (Phase 1) bereits vorliegenden Verkehrsdaten waren die KFZ-Zahlen, die in der Zeit zwischen 06.30 und 18.30 Uhr in den Jahren 1987 bis 1995 durch das Tiefbauamt Hannover erhoben wurden. Es standen Daten für die Podbielskistraße und die beiden Querstraßen Ferdinand-Wallbrecht-Straße und Bödekerstraße zur Verfügung. Dabei wurden nur leichte Nutzfahrzeuge (INfz) beobachtet, der Anteil der schweren Nutzfahrzeuge wurde als gering eingestuft. Genaue Angaben zum LKW-Anteil waren nicht bekannt.

Es wurde in der Ausschreibung angemerkt, dass der Lister Platz eine Lichtsignalanlage besitzt. Die südwestlich gelegene Lister Meile ist Fußgängerzone. Die für die Phase 1 bereitgestellten Daten sind in **Tab. 4.4** dargestellt.

<b>Straße</b>	<b>KFZ/12h in Richtung Lister Platz</b>	<b>KFZ/12h in gegengesetzter Richtung</b>
<b>Podbielskistraße</b>	9200	7300
<b>Ferd.-Wallbrecht-Str.</b>	6500	6500
<b>Bödekerstraße</b>	9000	9600

Tab. 4.4: KFZ-Werte (je Fahrtrichtung) der drei relevanten Straßen im Modellgebiet

Für die Phase 2 wurden durch das Niedersächsische Landesamt für Ökologie (NLÖ) Verkehrszählungen in der Podbielskistraße durchgeführt. Die Zählung erfolgte mit dem Verkehrserfassungssystem NC90A der Fa. DataCollect. Die Zählergebnisse von drei Wochen wurden gemittelt. Zur Kontrolle wurden ausserdem stichprobenartig visuelle Vergleichszählungen vorgenommen. Der Zeitraum der Zählung erstreckte sich von September bis Oktober 1999. Aus diesen Zählungen wurden durch visuelle Beobachtungen halbstündliche Angaben zu der Anzahl der KFZ und dem Anteil der schweren Nutzfahrzeuge getrennt nach Werktagen, Samstagen und Sonntagen sowie der prozentuale Stop&Go-Anteil an Werktagen geliefert. Aus den Verkehrszählungen resultierten Summenwerte von werktags 17 643, samstags 13 934 und sonntags 11 542 Kraftfahrzeugen. Die Zusatzinformation bzgl. der Definition von Stop&Go lauteten:

- Rückstau auf mindestens einer Stadteinwärtsspur bis zur Höhe des Messcontainers und länger. Anzahl der KFZ zwischen LSA und Messstation beträgt dann mindestens 13.
- Die Summe der Dauer der ampelbedingten Stauphasen wurde an Werktagen (Mo, Di, Mi) ermittelt.
- Die prozentualen Anteile beziehen sich auf die jeweilige Halbstunde.
- Basis dieser Angaben ist jeweils nur eine Beobachtung.
- Die Lichtsignalanlage am Lister Platz ist bedarfsorientiert geschaltet. Übergeordnet ist eine ÖPNV-Vorrangschaltung für den Straßenzug Bödekerstraße - Ferdinand-Wall-

brecht-Straße, durch die die Länge des Rückstaus in der Podbielskistraße vergrößert wird.

- In 1999 war die Verkehrsbelastung der Podbielskistraße durch Baustellen an den Mittelkanalbrücken beeinflusst, d. h. es traten geringere Verkehrsstärken auf.

Der auf Grund dieser Messungen zur Verfügung gestellte mittlere Verkehrstagesgang werktags, samstags und sonntags ist in **Abb. 4.6**, der Anteil der schweren Nutzfahrzeuge (sNfz) ist in **Abb. 4.7** dargestellt. Zum besseren Verständnis der örtlichen Situation wurden zwei Bilder aus der Podbielskistraße zur Verfügung gestellt, die die Situation mit Rückstau, der als Stop&Go definiert wurde, zeigen.

#### 4.5 Messstandort und Gerätebestückung

Die straßenbezogene Messstation steht am südwestlichen Ende des Straßenzuges Podbielskistraße im Stadtteil List, nordöstlich der Innenstadt von Hannover. **Abb. 4.1** zeigt einen Auszug der Stadtkarte Hannover, in die auch die Lage der Messstelle eingetragen wurde.

Es sei hier erwähnt (siehe FRANTZ, 2000), dass vom 03.03.1999 bis 10.06.1999 der Messcontainer direkt vor Haus Nr. 5 stand. Auf Grund von Anwohnerbeschwerden wurde der Container um ca. 6 m in Richtung Nordosten versetzt. Seit dem 14.06.1999 steht er auf der Grenze zwischen Haus Nr. 5 und Haus Nr. 7.

Der Messcontainer mit Blick auf die straßenzugewandte Seite ist in **Abb. 4.8** (FRANTZ, 2000) dargestellt. Die lange Containerseite mit dem Probenahmerohr liegt ca. 0.5 m entfernt vom Straßenrand. Die Messhöhe liegt bei 1.5 m. Die Gerätebestückung mit ausführlicher Beschreibung der Messtechnik ist in FRANTZ (2000) ausführlich beschrieben.

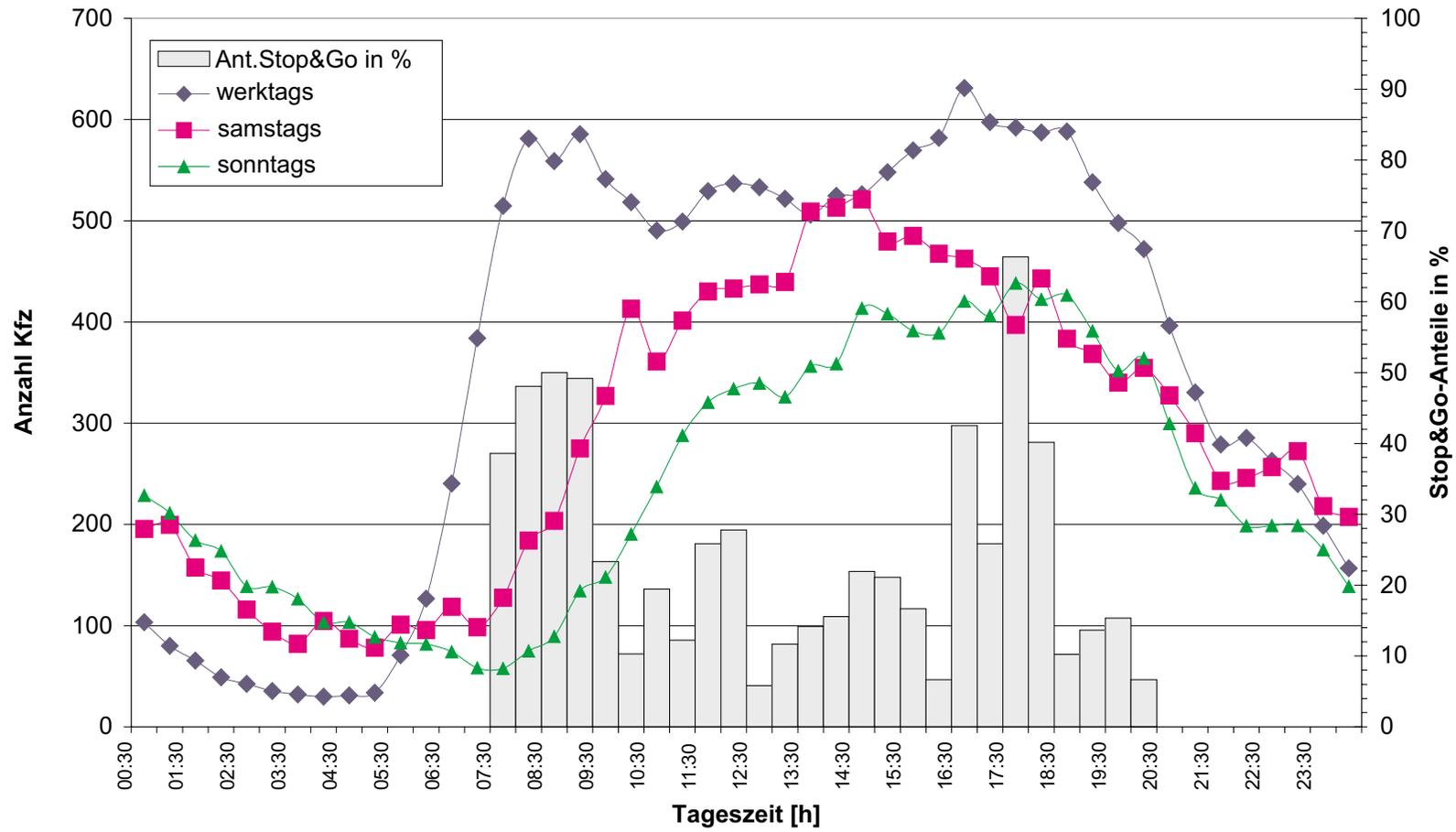


Abb. 4.6: Mittlerer Verkehrstagesgang und Anteile Stop & Go in der Podbielskistraße

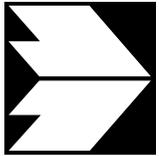
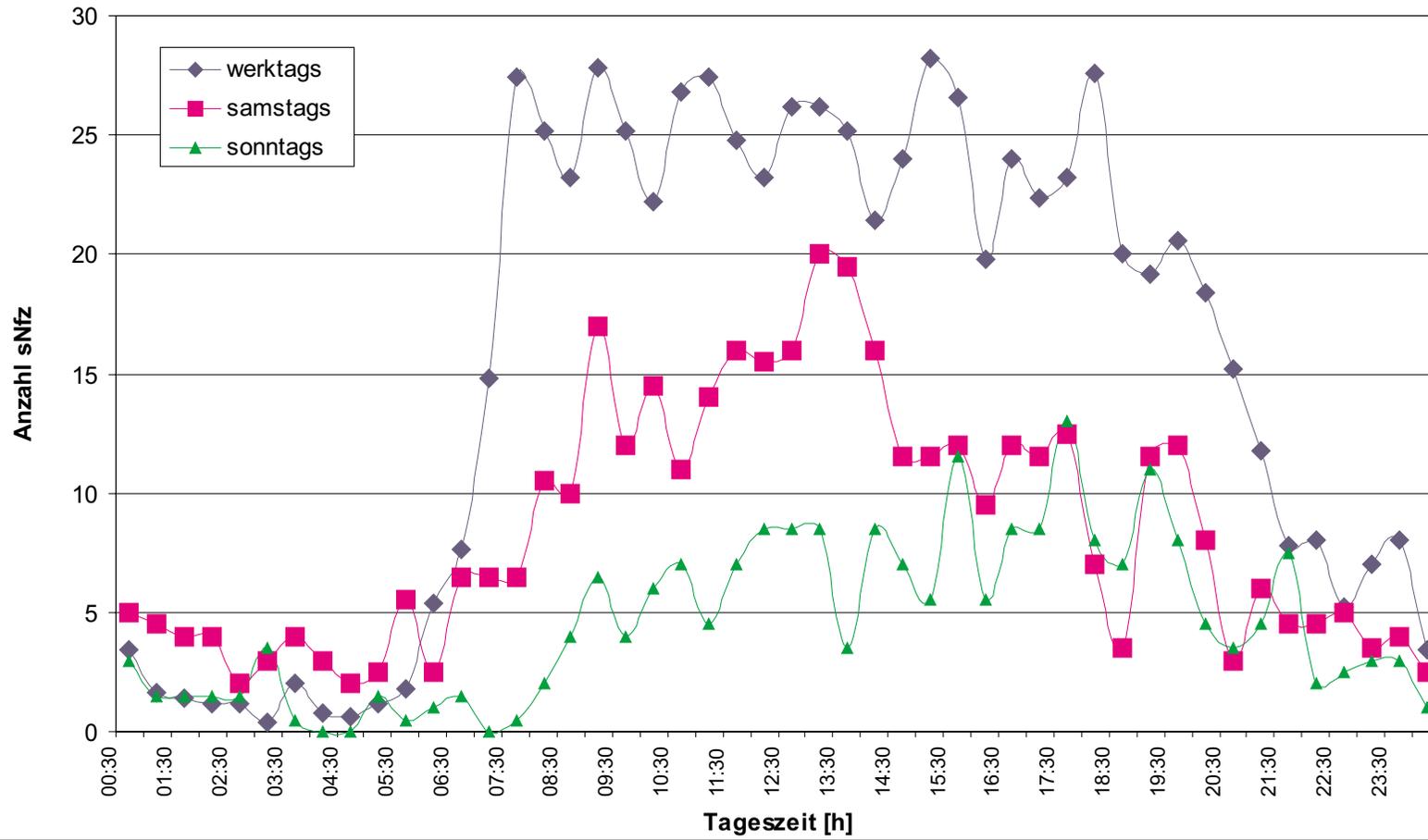


Abb. 4.7: Mittlerer Verkehrstagesgang für schwere Nutzfahrzeuge (sNfz) in der Podbielskistraße

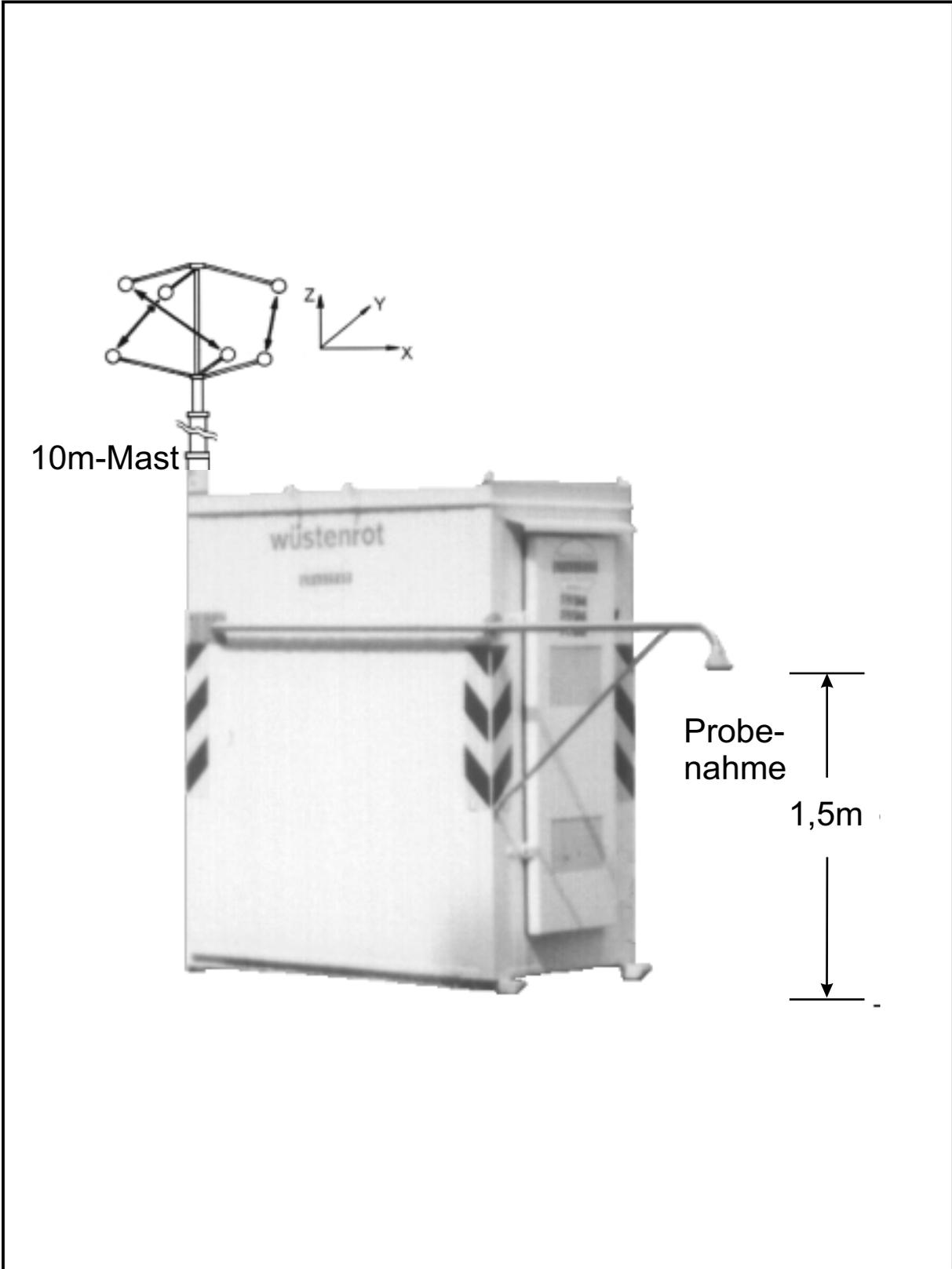


Abb. 4.8: Messcontainer in der Podbielskistraße mit Probenahme und 10 m-Mast (aus Frantz, 2000)

## **5 AUFGABENSTELLUNG FÜR TEILNEHMER**

Im Sinne einer möglichst vollständigen Vergleichbarkeit der Ergebnisse wurde den Teilnehmern ein Excel-Arbeitsblatt als Vorlage für die Übergabe der Ergebnisse zur Verfügung gestellt. Das den Teilnehmern zur Verfügung gestellte Arbeitsblatt ist in Anhang A gezeigt. Dieses enthielt Einzelblätter mit den Themen:

### **ALLGEMEINE INFO**

- Möglichkeit, die Vorgehensweise stichwortartig zu beschreiben
- Kommentare
- Adresse für Abgabe der Ergebnisse

### **METEOROLOGIE**

- Beschreibung der Vorgehensweise AK Statistik/Zeitreihe
- Modifikation der Ursprungsdaten der Station HRSW
- mittlere Windgeschwindigkeit

### **HINTERGRUNDBELASTUNG**

- Modifikation der Ursprungsdaten der Station HRSW
- angesetzte Jahresmittelwerte und 98-Perzentilwerte

### **EMISSIONEN**

- Verfahren der Emissionsmodellierung
- verwendete Verkehrsdaten
- Kaltstarteinfluss
- Staueinfluss
- berechnete Emissionsfaktoren
- berechnete Emissionsdichten
- Sensitivitätsbetrachtung

### **AUSBREITUNGSMODELLIERUNG**

- Modellart physikalisch/numerisch
- Detaildaten zur Modellanwendung /Auflösung/Quellmodellierung
- c\*-Werte der Zusatzbelastung für 5 Aufpunkte

### **IMMISSIONSWERTE**

- Schadstoffe Benzol, Ruß, NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub>
- berechnete Kennwerte der Zusatzbelastung
- berechnete Kennwerte der Gesamtbelastung
- Extremwerte/HotSpots

## 6 TEILNEHMER AM VERGLEICH UND EINGESETZTE MODELLE

Es haben sich insgesamt 11 verschiedene Institutionen mit 14 verschiedenen Modellen/Methoden beteiligt. Die beteiligten Institutionen sind in **Tab. 6.1** alphabetisch geordnet aufgelistet. Dabei bearbeiteten 11 Teilnehmer mit numerischen Modellen und drei Teilnehmer mit Windkanalexperimenten diese Fragestellungen.

Teilnehmer	Ort
ANECO Inst. für Umweltschutz GmbH & Co	Mönchengladbach
IBS Ingenieurbüro für Umweltschutz und Strömungstechnik Prof. Dr.-Ing. habil. R. Schenk GmbH	Halle
Ingenieurbüro Dr.-Ing. Achim Lohmeyer	Karlsruhe/Dresden
Ingenieurbüro Dr.-Ing. W. Theurer	Speyer
IVU Umwelt GmbH	Sexau
Landesumweltamt NRW	Essen
M.A.S. GbR	Groß-Zimmern
Nation. Environmental Research Institute, Atmospheric Environment	Roskilde
Technische Universität Dresden, Institut für Luft- und Raumfahrttechnik	Dresden
Universität Hamburg, Meteorologisches Institut	Hamburg
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik ZAMG	Wien

Tab. 6.1: Liste der Teilnehmer am nationalen Ringvergleich Podbielskistraße

Hinweis: Das National Environmental Research Institute beteiligte sich sowohl an den deutschen Ringrechnungen als auch am EU-Vergleich.

Für die Berechnungen wurden 7 unterschiedliche numerische Modelle und 3 physikalische Modelle/Windkanäle eingesetzt. Die entsprechenden Modelle sind in **Tab. 6.2** alphabetisch geordnet aufgelistet. In **Tab. 6.3** sind die eingesetzten Emissionsmodelle dargestellt.

<b>AUSBREITUNGSMODELLIERUNG</b>	
<b>Anzahl</b>	<b>Modell/Methode</b>
1	CITAIR
1	DASIM-KFZ
1	IBS_Verkehr
1	IMMIS-Luft
5	MISKAM
1	PROKAS-B
1	OSPM
3	WINDKANAL

Tab. 6.2: Liste der beteiligten Modelle

<b>EMISSIONSMODELLIERUNG</b>	
<b>Anzahl</b>	<b>Modell/Methode</b>
3	Eigene Verfahren (ohne Namen)
1	EWS'97
1	IMMIS-Luft
2	MOBILEV
1	OSPM
2	PROKAS
2	UBA Handbuch HBEfa

Tab. 6.3: Liste der eingesetzten Emissionsmodelle

## 7 ERGEBNISSE

Die Ergebnisse des nationalen Vergleichs werden nachfolgend mit den entsprechenden Zwischen-/Teilergebnissen vorgestellt und diskutiert. Die Ergebnisse der EU-Teilnehmer werden in Form der gelieferten Immissionswerte in Kap. 7.5 gezeigt.

### 7.1 Berechnungen

An der vorliegenden nationalen Studie beteiligten sich die in **Tab. 6.1** aufgelisteten Institutionen mit insgesamt 7 verschiedenen numerischen Modellen und mit Windkanalversuchen in 3 unterschiedlichen Kanälen. Dabei wurden von 6 Teilnehmern komplette Ergebnisse in Form der geforderten Immissionswerte für die Schadstoffe Benzol, Ruß, NO<sub>x</sub> und NO<sub>2</sub> geliefert, von 8 Teilnehmern wurden Teilergebnisse geliefert, d.h. es wurden nicht für alle geforderten Stoffe Konzentrationswerte berechnet oder aber es wurde nur der reine Ausbreitungspart in Form der c\*-Bestimmung bearbeitet. Die **Tab. 7.1** zeigt eine Übersicht der zu den einzelnen Stufen gelieferten Ergebnisse. Nachfolgend werden zu den Teilgebieten die Zwischenergebnisse der einzelnen Teilnehmer vorgestellt, diskutiert und in Kap. 7.3 zusammenfassend die berechneten Immissionswerte mit den gemessenen Werten verglichen.

*Hinweis: Wie eingangs ausgeführt, war das Projekt untergliedert in zwei Bearbeitungsphasen. Leider haben in der zweiten Phase nicht alle Teilnehmer neue Ergebnisse geliefert. In der Darstellung der Ergebnisse, die jeweils die Ergebnisse beider Phasen beinhaltet, wurden daher bei diesen Teilnehmern in Phase 2 keine Werte eingetragen und dies zusätzlich gekennzeichnet. Nicht alle Teilnehmer haben alle Einzelgrößen geliefert. Sofern in den Abbildungen Lücken bei Teilnehmern vorhanden sind, standen diese Werte für die Auswertung nicht zur Verfügung. Die Teilnehmer, die sich an Phase 2 nicht beteiligt haben, konnten nach eigenen Angaben auf Grund zeitlicher Engpässe die Berechnungen innerhalb der gesetzten Frist nicht durchführen.*

#### 7.1.1 Meteorologie

Als meteorologische Eingangsdaten wurden für die Phase 1 des vorliegenden Projektes Windgeschwindigkeits- und Windrichtungsdaten, erfasst auf dem Dach des Gebäudes des Niedersächsischen Landesamtes für Ökologie, aus den Jahren 1989 bis 1998 zur Verfügung gestellt. **Abb. 7.1** zeigt die gemittelte Windstatistik für diesen Zeitraum. Für die 2. Bearbeitungsphase wurden diese Daten ergänzt für das Jahr 1999 (siehe **Abb. 7.2**). Die mittleren

Windgeschwindigkeiten betragen für den Zeitraum 1989 bis 1998 3.7 m/s und für das Jahr 1999 3.9 m/s.

Teilnehmer	Meteorologie	Hintergrundbelastung	Emissionsmodellierung	Ausbreitung	Stoffe				Immissionswert		Ergebnisse	
					Benzol	Ruß	NO <sub>x</sub>	NO <sub>2</sub>	JM	98-P	teilw.	Vollst.
1	x/x	x/x	x/x	x/x	x/x	x/x	x/x	x/x	x/x	x/x		x/x
2	x/x	x/x	x/x	x/x	x/x	x/x	0/0	x/x	x/x	0/0	x/x	
3	x/0	x/0	x/0	0/0	x/0	x/0	x/0	0/0	x/0	x/0	x/0	
4	x/x	x/x	x/x	x/x	x/x	x/x	x/x	x/x	x/x	x/x		x/x
5	0/0	0/0	0/0	x/x	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	x/x	
6	x/x	x/x	x/x	x/x	x/x	x/x	x/x	x/x	x/x	x/x		x/x
7	x/x	x/x	x/x	x/x	0/0	0/x	x/x	x/x	x/x	x/x	x/x	
8	x/x	x/x	x/x	x/x	x/x	x/x	x/x	x/x	x/x	x/x		x/x
9	x/0	x/0	x/0	x/0	x/0	x/0	x/0	x/0	x/0	x/0		x/0
10	0/0	0/0	0/0	x/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	x/0	
11	x/x	x/x	x/x	0/0	x/x	x/x	x/x	x/x	x/x	x/x	x/x	
13	x/0	x/0	x/0	x/0	x/0	x/0	x/0	x/0	x/0	x/0		x/0
14	x/x	x/x	x/x	x/x	x/x	0/0	x/x	x/x	x/x	x/x	x/x	
15	x/0	x/0	x/0	0/0	x/0	x/0	x/0	0/0	x/0	0/0	x/0	

Tab. 7.1: Von den Teilnehmern gelieferte Zwischen- bzw. Endergebnisse der Phase 1/ Phase 2 (x: bearbeitet; 0 nicht bearbeitet)

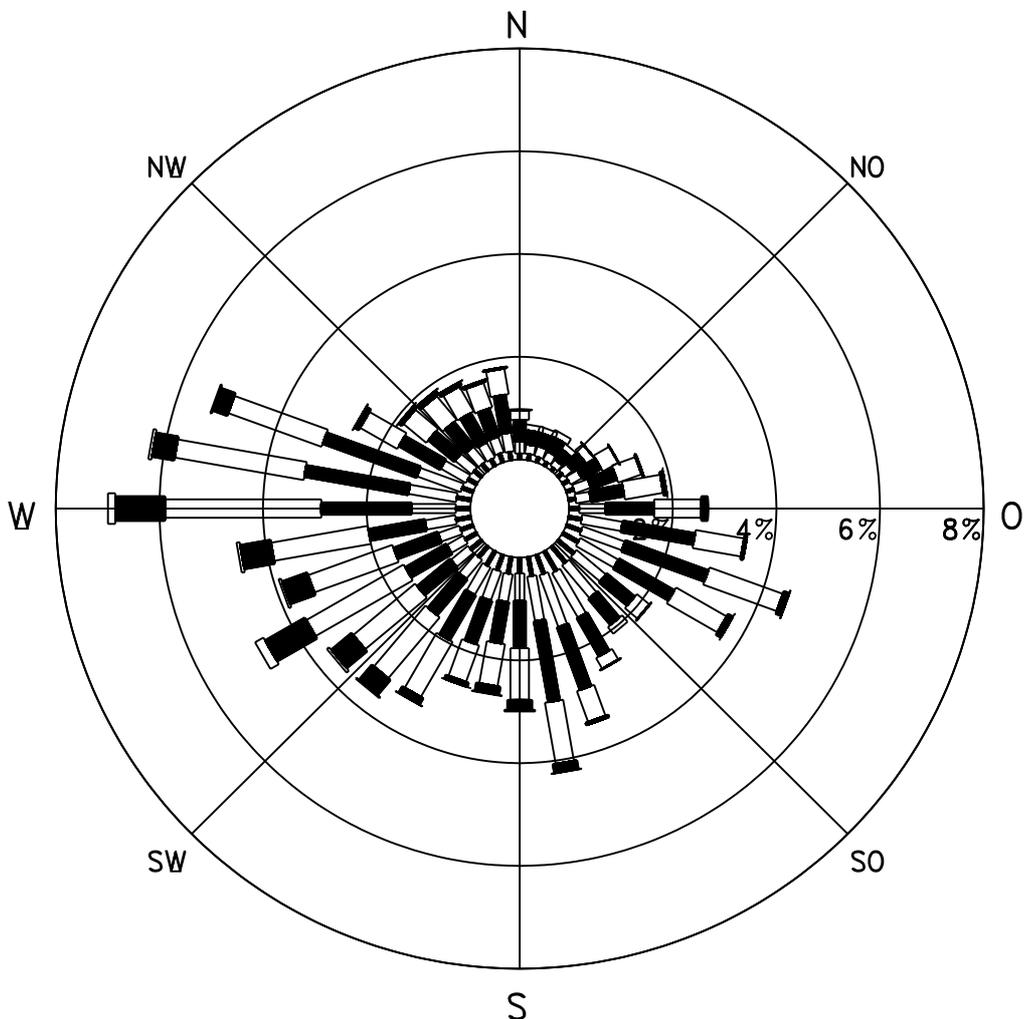
Die Teilnehmer haben mit einer Ausnahme mit diesen Daten gearbeitet, ein Teilnehmer hat die Winddaten von Hannover Flughafen verwendet. Der Vergleich der verwendeten Meteorologie sei anhand der mittleren Windgeschwindigkeit dargestellt.

Da von den Teilnehmern die mittlere Windgeschwindigkeit in unterschiedlichen Höhen angegeben wurde, erfolgte im Sinne der besseren Vergleichbarkeit eine Umrechnung auf die Bezugshöhe 42 m. Als Umrechnungsansatz wurde der Potenzansatz mit

$$u_{42} = u_{\text{ref}} \cdot \left( \frac{42}{z_{\text{ref}}} \right)^{0.28}$$

gewählt, wobei  $u_{\text{ref}}$  und  $z_{\text{ref}}$  die Windgeschwindigkeit bzw. die Höhe am von den Teilnehmern jeweils angegebenen Referenzpunkt ist.

# Windrose Hannover



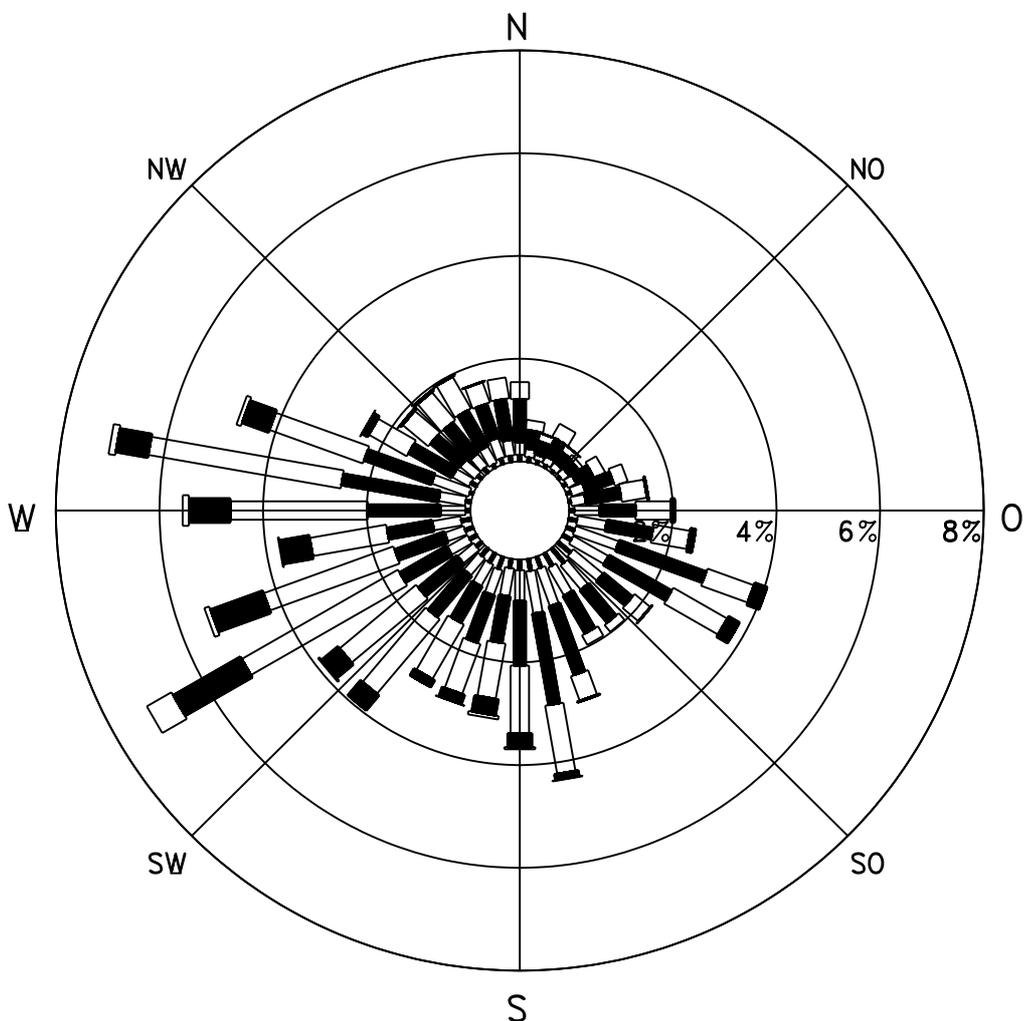
Station : HRSW (LÜN)  
 Messhoehe: 42 m ü.GND  
 Zeitraum : 1989 bis 1998  
 mittl.Wige : 3.7 m/s

- kleiner 1.4 m/s
- ▬ 1.4 bis 2.3 m/s
- 2.4 bis 3.8 m/s
- ▬ 3.9 bis 6.9 m/s
- 7.0 bis 10 m/s
- ▬ größer 10 m/s



Abb. 7.1: Windstatistik "Göttinger Straße" für die Jahre 1989 - 1998 in 42 m Höhe

# Windrose Hannover



Station : HRSW (LÜN)  
 Messhoehe: 42 m ü.GND  
 Zeitraum : 1999  
 mittl. Wige : 3.9 m/s

- kleiner 1.4 m/s
- ▬ 1.4 bis 2.3 m/s
- 2.4 bis 3.8 m/s
- ▬ 3.9 bis 6.9 m/s
- 7.0 bis 10 m/s
- ▬ größer 10 m/s

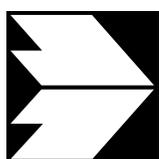


Abb. 7.2: Windstatistik "Göttinger Straße" für das Jahr 1999 in 42 m Höhe

In **Abb. 7.3** sind die Ergebnisse aus beiden Untersuchungsphasen dargestellt. Die Standardabweichung der mittleren Windgeschwindigkeit aller Teilnehmer, die Werte lieferten, lag in Phase 1 bei 0.22 m/s und in Phase 2 bei 0.11 m/s. Da lediglich ein Teilnehmer die Statistik vom Flughafen Hannover verwendet hat und alle anderen mit der zur Verfügung gestellten Zeitreihe der Station Göttinger Straße gearbeitet haben, sind auch bei der Windrichtungsverteilung nur minimale Unterschiede zu erwarten.

Auf Grund der in der Ausschreibung zur Verfügung gestellten Daten aus der Göttinger Straße sind die Abweichungen zwischen den Teilnehmern relativ gering, ohne dieser Vorgabe wären die Abweichungen vermutlich weitaus größer.

### 7.1.2 Hintergrundbelastung

Für die Abschätzung der Hintergrundbelastung wurden zur Orientierung Konzentrationswerte, erfasst an der Messstelle HRSW auf dem Dach des NLÖ in der Göttinger Straße, angegeben. Für die Schadstoffe Benzol, Ruß, NO und NO<sub>2</sub> wurden die gemessenen Jahresmittelwerte und für NO<sub>x</sub> und NO<sub>2</sub> zusätzlich die 98-Perzentilwerte angegeben. Exemplarisch sind die von den Teilnehmern angesetzten Jahresmittelwerte für Benzol in **Abb. 7.4** dargestellt. Mit zwei Ausnahmen haben in der ersten Phase alle Teilnehmer ähnliche Vorbelastungswerte angesetzt, in der zweiten Phase waren die verwendeten Werte durchweg niedriger. Diese Aussage gilt für alle betrachteten Schadstoffe, wobei die Streubereiche bei den anderen Stoffen eher geringer sind. Die Ergebnisse für diese Schadstoffe sind in Anhang B in **Abb. B1.1** bis **Abb. B1.5** aufgezeigt.

Für die Hintergrundbelastung waren die ermittelten Standardabweichungen je nach Schadstoff stark unterschiedlich. So ergab sich die Standardabweichung bei Benzol in Phase 1 bei einem Mittelwert von 2.5 µg/m<sup>3</sup> zu 0.5 µg/m<sup>3</sup> und in Phase 2 bei einem Mittelwert von 2.0 µg/m<sup>3</sup> zu 0.3 µg/m<sup>3</sup>. Für Ruß hatten in Phase 1 alle außer einem Teilnehmer den Wert 1.5 µg/m<sup>3</sup> angesetzt, in Phase 2 haben alle mit diesem Wert gearbeitet. Für NO<sub>x</sub> und NO<sub>2</sub> lagen die Standardabweichungen bei ca. 5 % bis 10 % des Mittelwertes wobei beim 98-Perzentilwert für NO<sub>x</sub> in Phase 2 nur zwei Werte geliefert wurden und daher keine Aussage gemacht werden sollte.

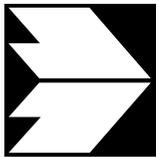
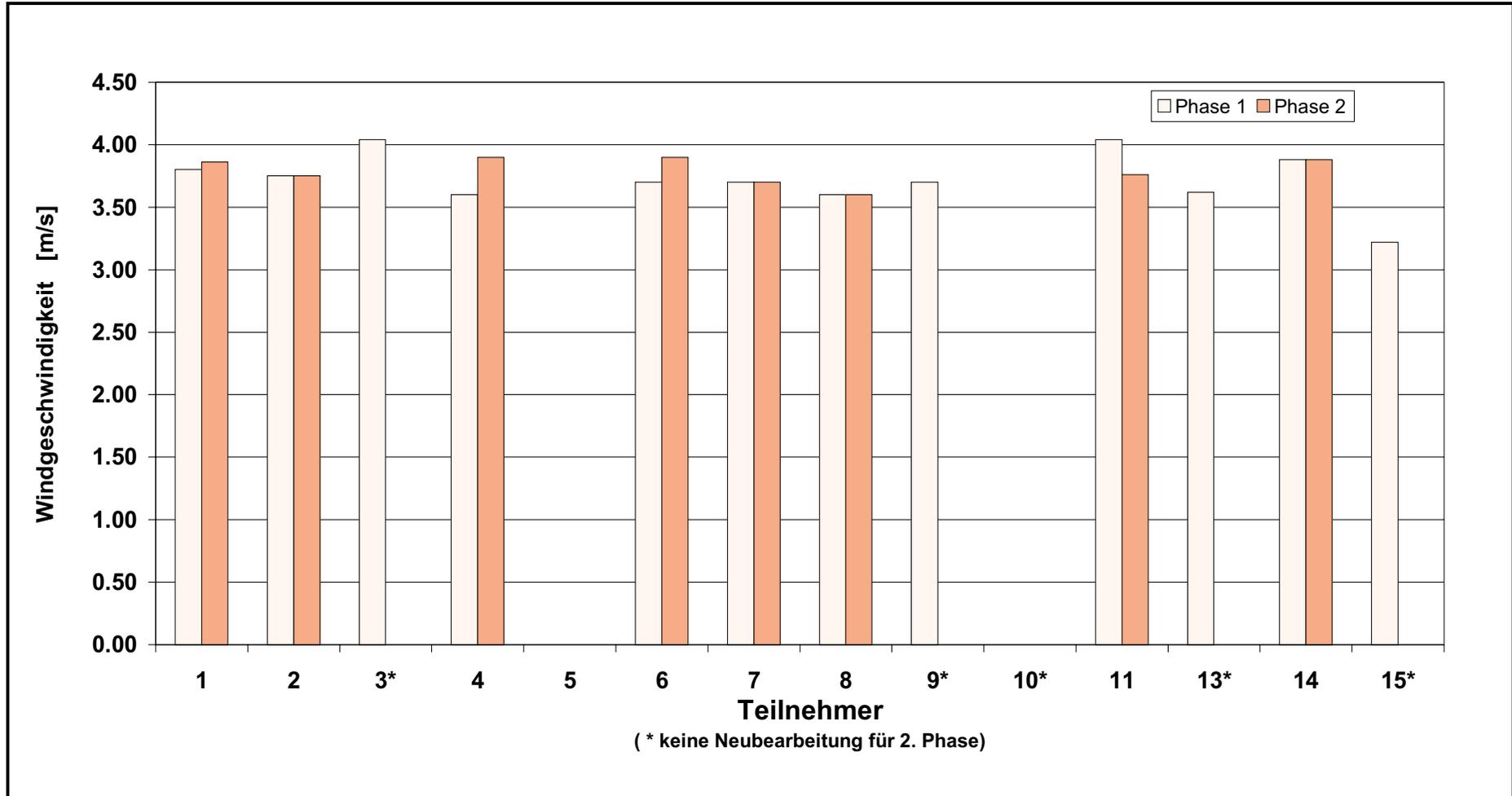


Abb. 7.3: Mittlere jährliche Windgeschwindigkeit umgerechnet auf die Bezugshöhe 42 m

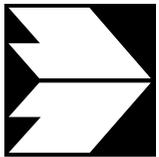
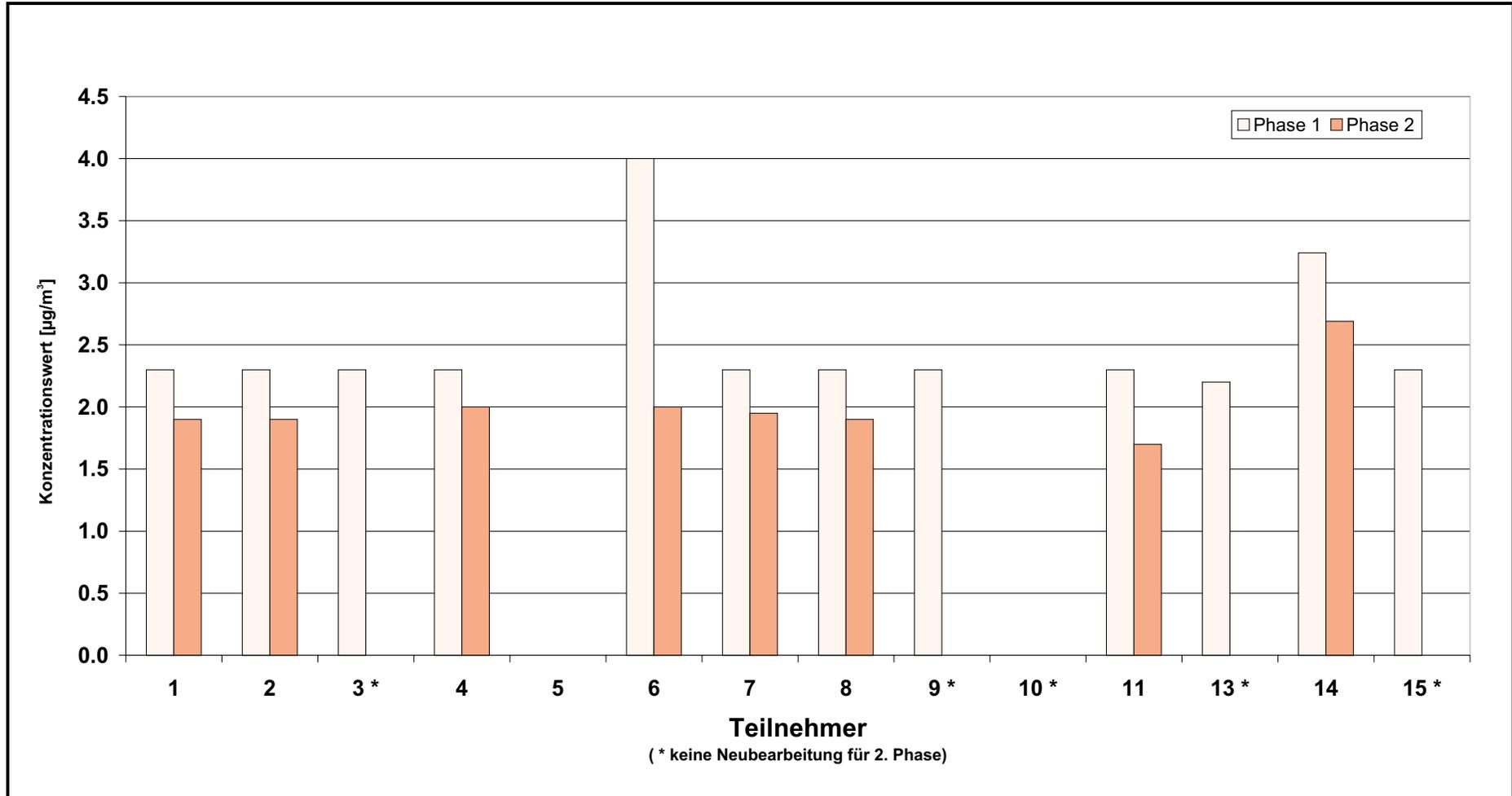


Abb. 7.4: Von den Teilnehmern angesetzte Hintergrundbelastung für Jahresmittelwert von Benzol

### 7.1.3 Emissionsmodellierung

#### 7.1.3.1 Verkehrszahlen

Für die Bearbeitungsphase 1 standen als Eingangsgröße für die Emissionsmodellierung Verkehrszahlen des Tiefbauamtes Hannover aus den Jahren 1987 bis 1995 zur Verfügung. Für die zweite Phase wurden diese Daten ergänzt durch aktuelle Verkehrszählungen des Niedersächsischen Landesamts für Ökologie im Jahr 1999 (vgl. Kap. 4.4). Die tatsächlichen DTV-Werte, mit denen die Teilnehmer gearbeitet haben, sind in **Abb. 7.5** grafisch dargestellt. In Phase 1 schwanken die DTV-Werte zwischen ca. 16 000 KFZ/Tag und ca. 24 000 KFZ/Tag. Auf Grund der Verkehrszählung in 1999 und den damit aktualisierten und belastbareren KFZ-Werten in Phase 2 lagen bei allen Teilnehmern die korrigierten Werte nahezu gleich bei ca. 16 280 KFZ/Tag mit einer Standardabweichung von ca. 91 KFZ/Tag im Gegensatz zu 2 780 KFZ/Tag in Phase 1. Auf Grund der aktuelleren und belastbareren Datengrundlage wurde hier im Sinne der Qualitätssicherung ein bedeutender Beitrag zur Vergleichbarkeit der prognostizierten Immissionswerte geleistet.

#### 7.1.3.2 Emissionsfaktoren

Für die Berechnung der Emissionen müssen zunächst die fahrzeugspezifischen Emissionen in Form der Emissionsfaktoren bestimmt werden. Diese Größen wurden von den Teilnehmern als Zwischenergebnis geliefert. Dabei wurde unterschieden zwischen den Fahrzeuggruppen PKW, leichte Nutzfahrzeuge (INfz) und schwere Nutzfahrzeuge (sNfz) und den 3 Straßen Podbielskistraße (A), Ferdinand-Wallbrecht-Straße (B) und der Bödekerstraße (C). In **Abb. 7.6** bis **Abb. 7.8** sind die von den Teilnehmern verwendeten Emissionsfaktoren für die Schadstoffe Benzol, Ruß und NO<sub>x</sub> für die entsprechenden Fahrzeuggruppen in der Podbielskistraße aufgezeigt. Es sei hier angemerkt, dass Teilnehmer 7 keine Ruß- sondern PM-Werte angibt. Die entsprechenden Bilder für die beiden anderen Straßen finden sich in Anhang B mit **Abb. B2.1** bis **Abb. B2.6**.

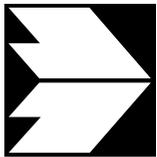
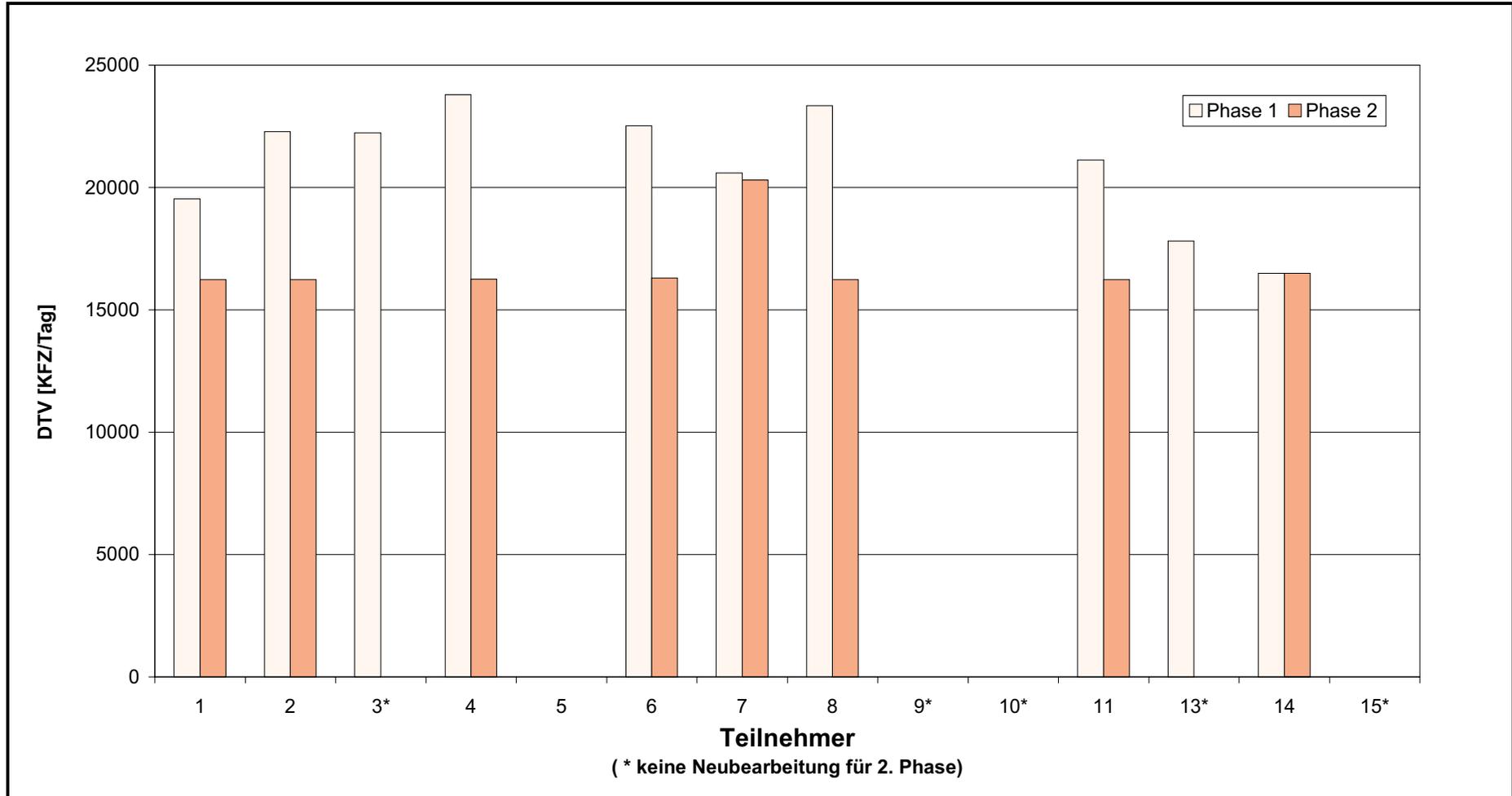


Abb. 7.5: Von den Teilnehmern angesetzte Verkehrsbelastung in der Podbielskistraße

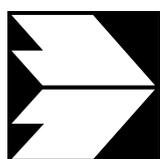
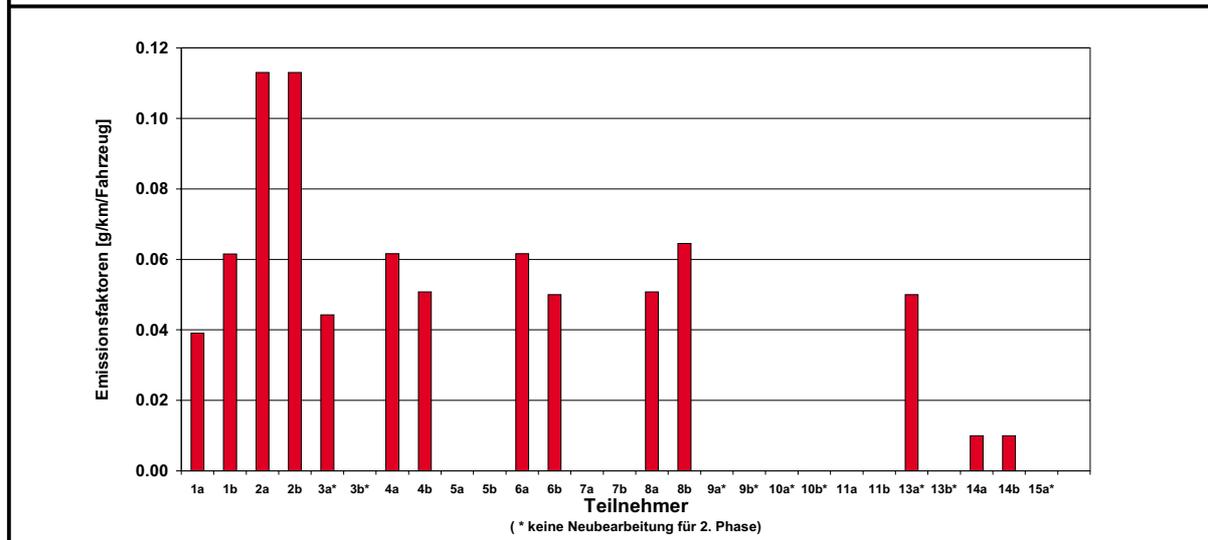
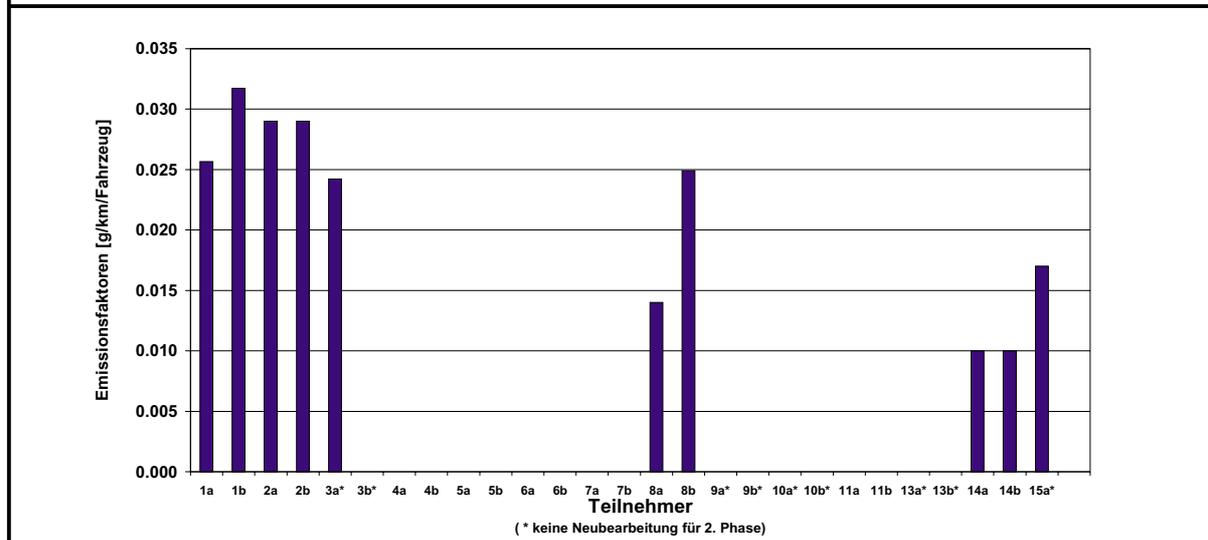
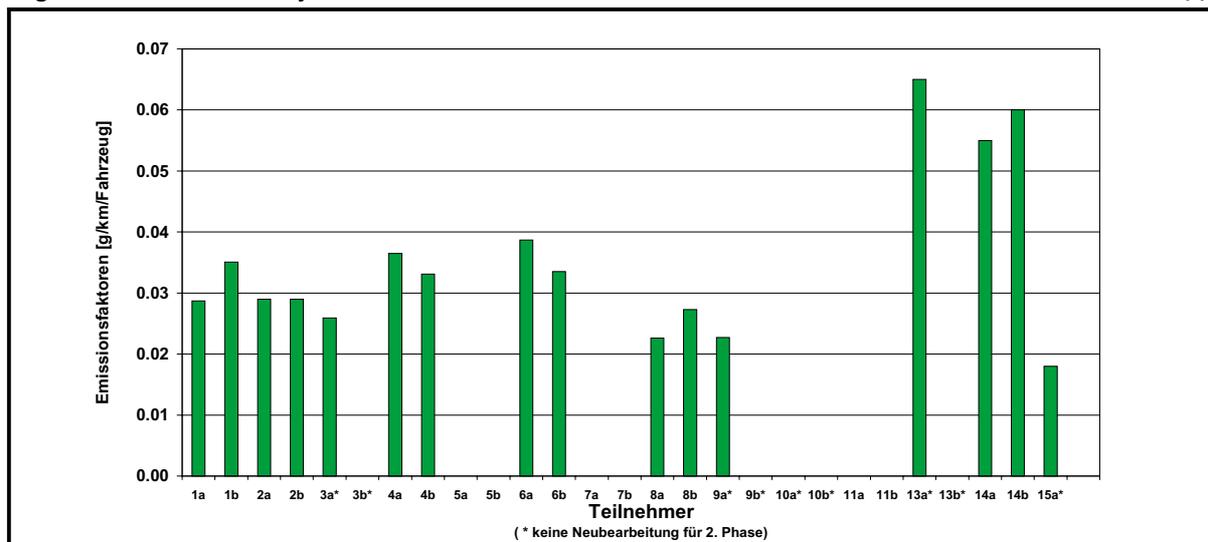


Abb. 7.6: Von den Teilnehmern für Benzol angesetzte Emissionsfaktoren in der Podbielskistraße. a = Phase 1; b = Phase 2; oben: PKW, Mitte: INFZ, unten: sNFZ

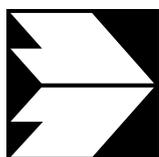
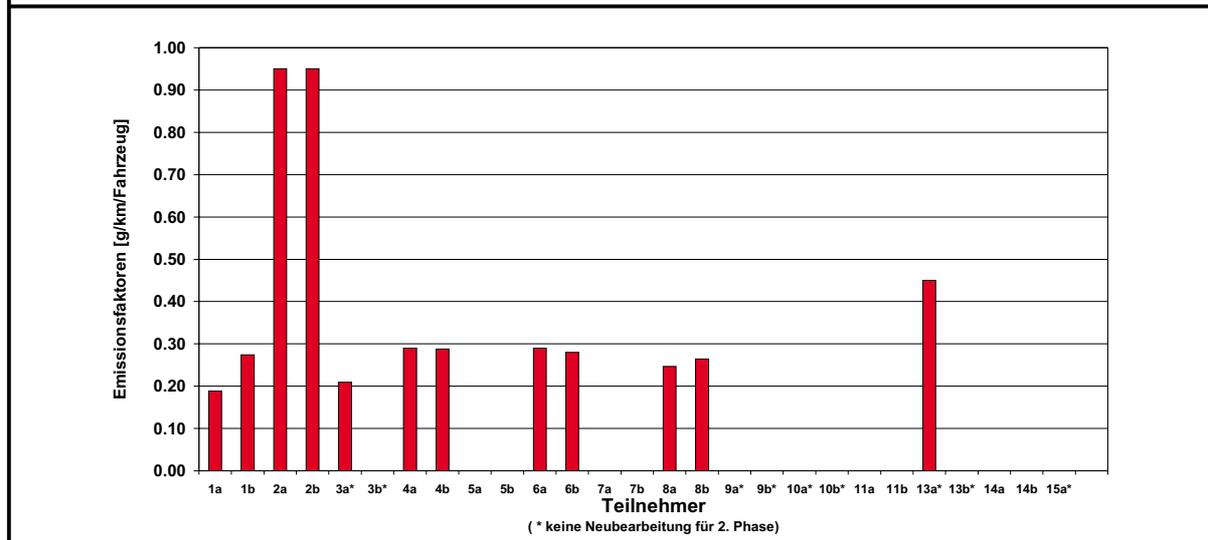
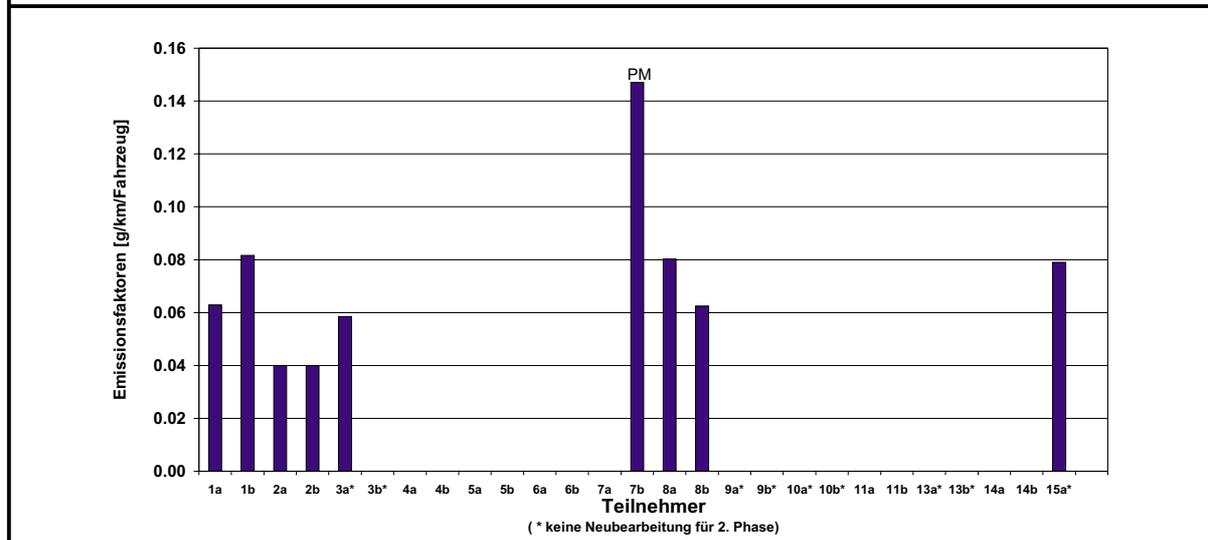
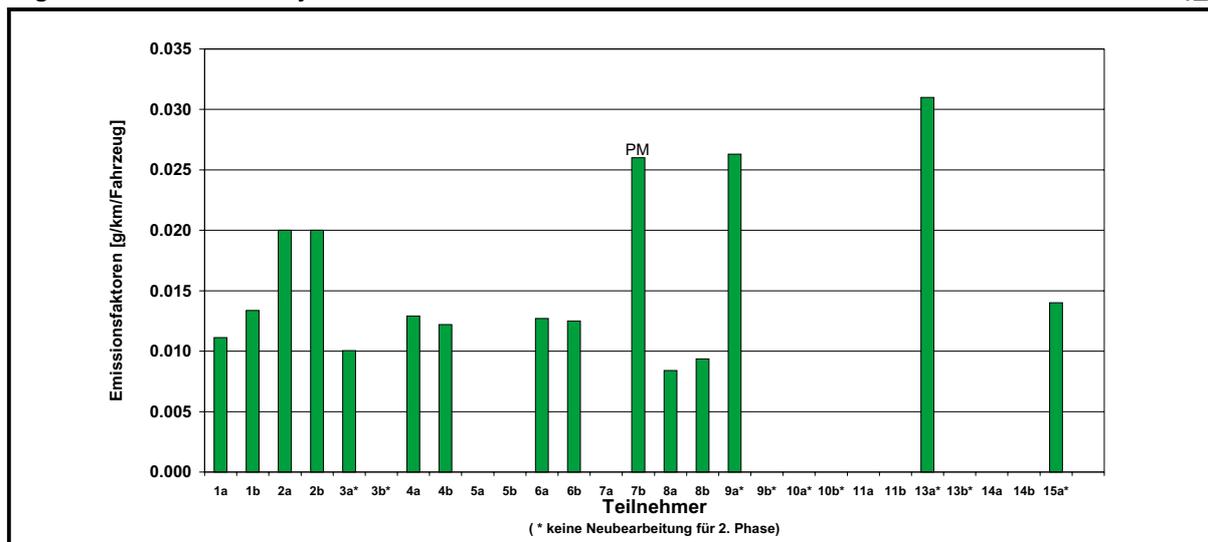


Abb. 7.7: Von den Teilnehmern für Ruß angesetzt Emissionsfaktoren in der Podbielskistraße. a = Phase 1; b = Phase 2; oben: PKW, Mitte: INFZ, unten: sNFZ

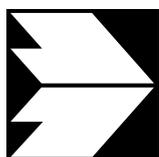
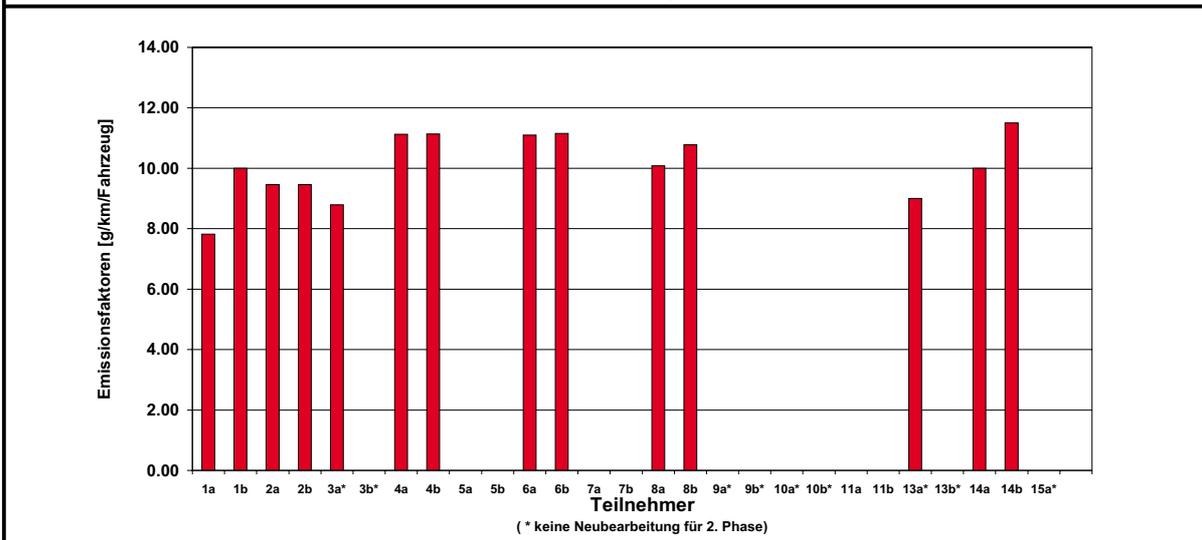
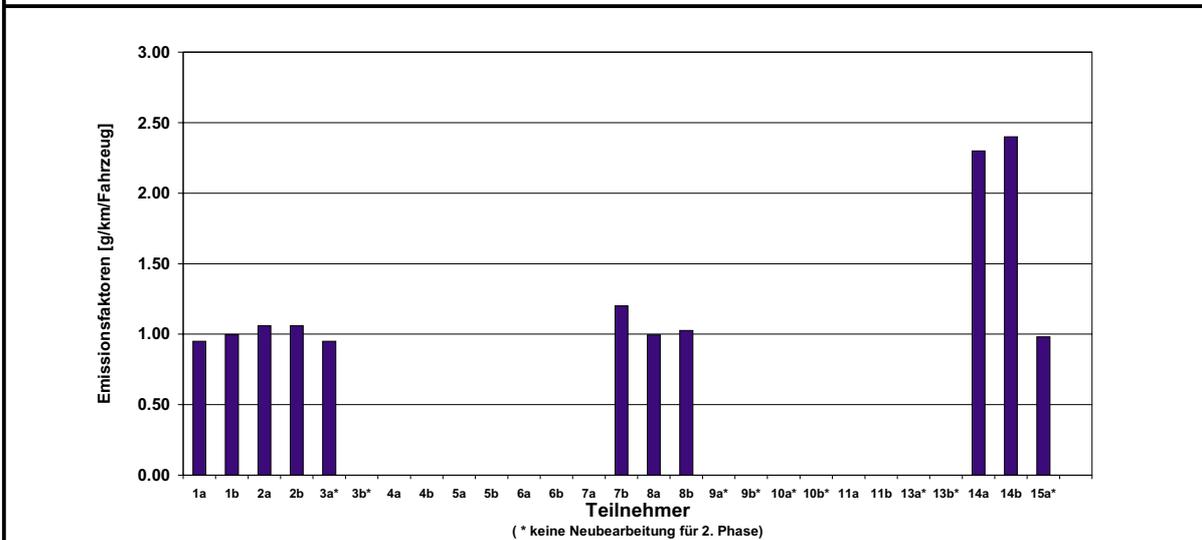
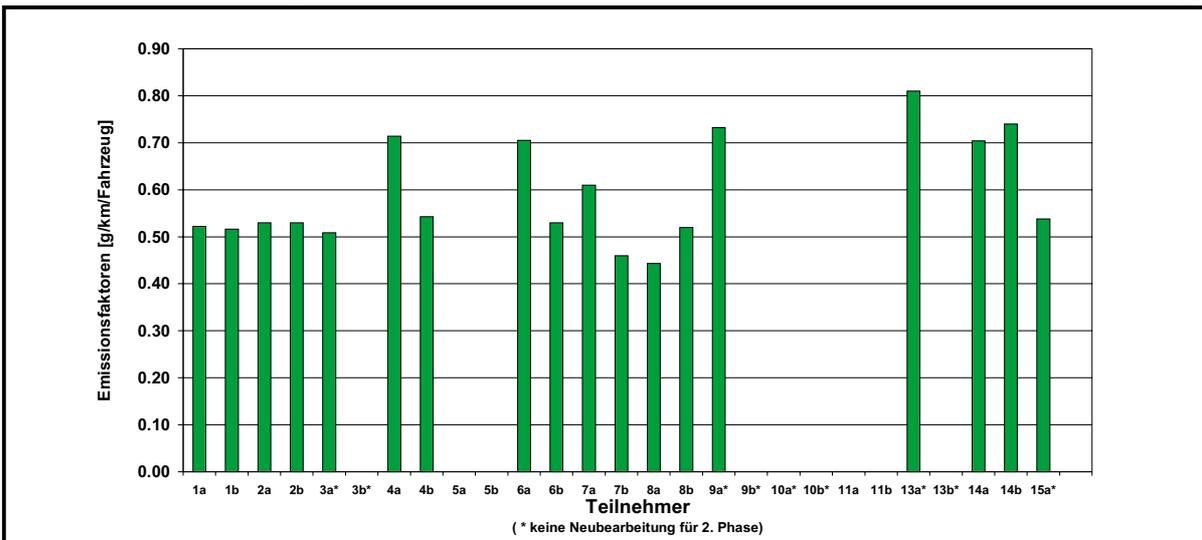


Abb. 7.8: Von den Teilnehmern für NO<sub>x</sub> angesetzte Emissionsfaktoren in der Podbielskistraße. a = Phase 1; b = Phase 2; oben: PKW, Mitte: INFZ, unten: sNFZ

### 7.1.3.3 Straßenkategorie

In der Ausschreibung wurden Anmerkungen zu Verkehrsbeobachtungen in der Podbielskistraße gemacht. Die Teilnehmer haben auf Grund dieser Angaben Straßenkategorien ausgewählt, die in **Tab. 7.2** aufgelistet sind.

### 7.1.3.4 Emissionsdichten

Aus den zuvor aufgeführten Verkehrszahlen, den Emissionsfaktoren und unter Berücksichtigung der entsprechenden Flottenzusammensetzung wurden von den Teilnehmern die Emissionsdichten für die unterschiedlichen Schadstoffe bestimmt. Die Ergebnisse für die Podbielskistraße sind in **Abb. 7.9** bis **Abb. 7.11** dargestellt, die Ergebnisse für die Ferdinand-Wallbrecht-Straße und die Bödekerstraße sind in Anhang B mit **Abb. B2.7** bis **Abb. B2.12** aufgeführt.

Die Unterschiede in den angesetzten DTV-Werten und in den Emissionsfaktoren schlagen sich auch in den Emissionsdichten nieder. Bei Benzol ergaben sich in Phase 1 Unterschiede zwischen dem niedrigsten und höchsten prognostizierten Wert bis zum Faktor drei. In Phase 2 lag dieser Faktor bei maximal 1.5. Die Standardabweichungen betragen in Phase 1 0.0031 mg/m/s (Mittelwert 0.0084 mg/m/s) und in Phase 2 0.0011 mg/m/s (Mittelwert 0.0070 mg/m/s). Ähnliche Ergebnisse ergaben sich auch für die anderen Schadstoffe.

## 7.1.4 Ausbreitungsmodellierung

Als Parameter zur Beschreibung der Ausbreitungsmodellierung wurde die dimensionslose Konzentration  $c^*$  ausgewählt. Diese wurde definiert als

$$c^* = \frac{c \cdot u_{100} \cdot H}{q}$$

wobei

c	=	Konzentration am Aufpunkt
$u_{100}$	=	Windgeschwindigkeit in 100 m Höhe
q	=	Emissionsdichte
H	=	Gebäudehöhe, hier mit 25 m festgelegt

Teilnehmer	PHASE 1						PHASE 2						
	Verkehrssituation	**	fahrspur fein	Stauanteil [%]	Kaltstartanteil [%]	Dieseluß mit Reifenabrieb	Verkehrssituation	**	fahrspur fein	Stauanteil [%]	Kaltstartanteil [%]	aktuelle Tagesgänge berücksichtigt	Dieseluß mit Reifenabrieb
1	IO,HVS,mLSA Kernstadtber.	M	ja	0	52	nein	IO,HVS,mLSA Kernstadtber.	M	ja	13.3	41.6	ja	nein
2	IO,HVS,LSA starke Stör.	A	nein	10	-	-	IO,HVS,LSA starke Stör.	A	nein	10	-	-	-
3*	IO Stadtkern	M	ja	0	36	-	-	-	-	-	-	-	-
4	LSA3	H(1.1)	nein	0	42	-	LSA3	H(1.2)	nein	0	42	ja	ja
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	LSA3	H(1.1)	ja	0	42	-	LSA3u.Stop&Go/HVS4	H(1.2)	ja	10	42	ja	ja
7	innerorts eigen	A	ja	0	0	-	LSA3,IO Stop&Go	A	teilweise	17.9 in Richtung LSA	0	nein	nein
8	IO-LSA1	H	ja	20	3	-	IO-LSA2	H	ja	10	5.3	z.T. für NO <sub>x</sub>	-
9*	50 km/h	-	ja	k.A.	k.A.	-	-	-	-	-	-	-	-
10*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	IO Kern	H(1.1)	nein	25.1	ja,k.A.	nein	IO Kern	H(1.2)	nein	13.3	ja, k.A.	nein	ja
13*	aus PEF-Berichten	A	nein	k.A.	k.A.1)	-	-	-	-	-	-	-	-
14	50 km/h bzw. 45 km/h	A	nein	-	5	-	50 km/h bzw. 45 km/h	A	nein	1)	5	-	-
15*	IO-HVS3	-	ja	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-

Tab. 7.2: Gewählte Straßenkategorie für Podbielskistraße (k.A. = keine Angaben; \* keine Beteiligung in Phase 2)

Verkehrssituation \*\* A: eigene Angaben      2) indirekt über Reduzierung der Fahrzeuggeschwindigkeit in Abhängigkeit vom gegebenen Stauanteil  
M: nach Mobilev      1) wurde in den verwendeten Quellen berücksichtigt, aber genaue Werte sind nicht verfügbar  
H: nach Handbuch (Version)

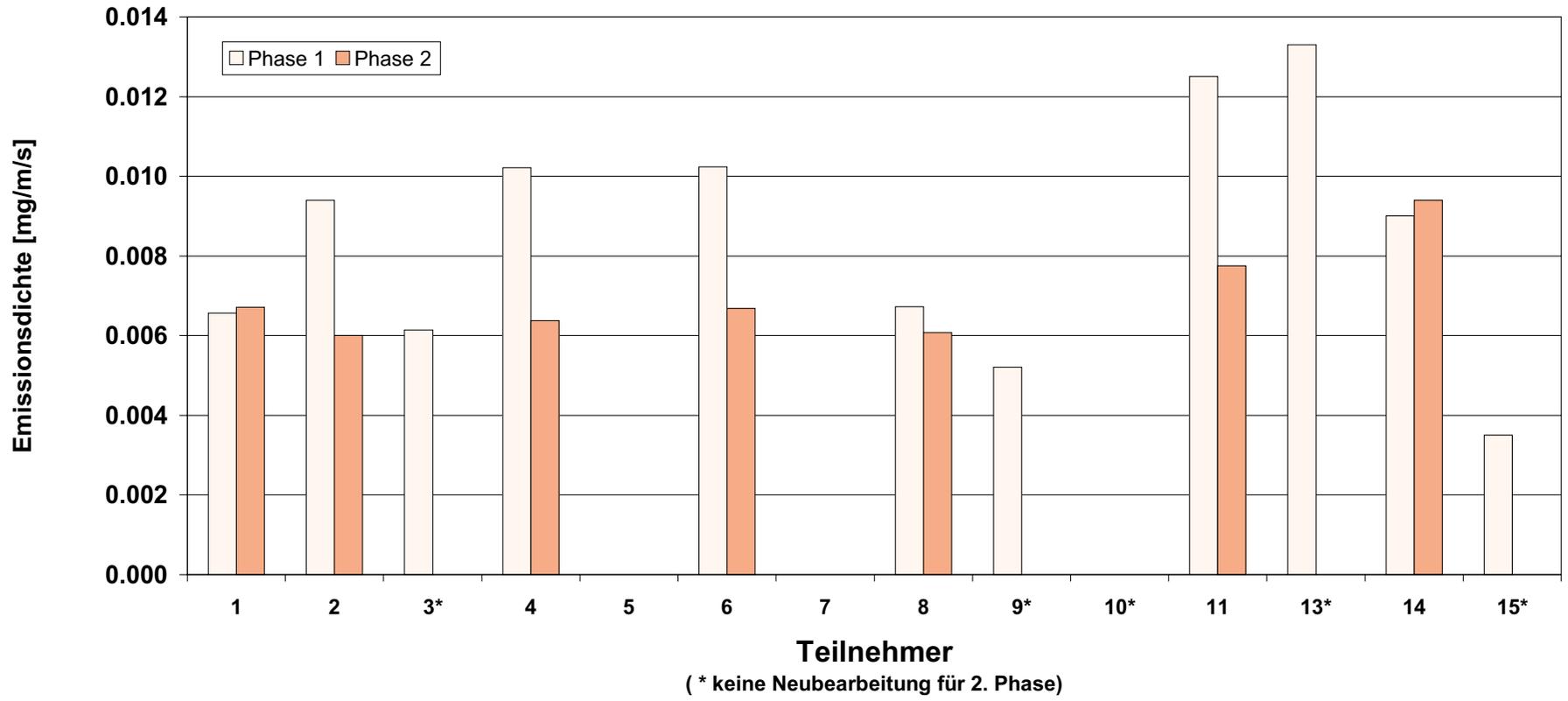


Abb. 7.9: Von den Teilnehmern berechnete Emissionsdichten für Benzol in der Podbielskistraße.

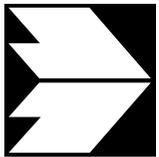
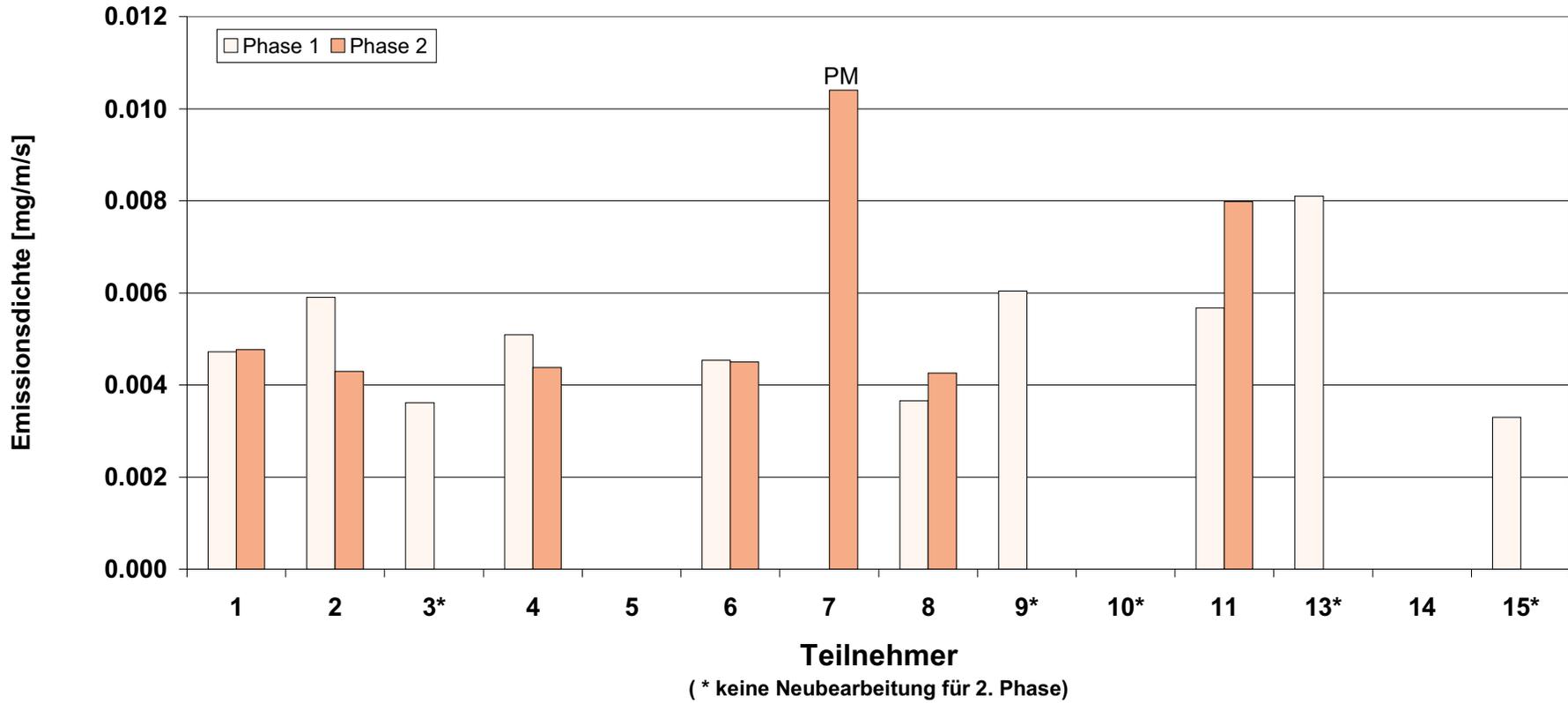


Abb. 7.10: Von den Teilnehmern berechnete Emissionsdichten für Ruß in der Podbielskistraße.

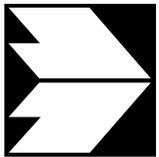
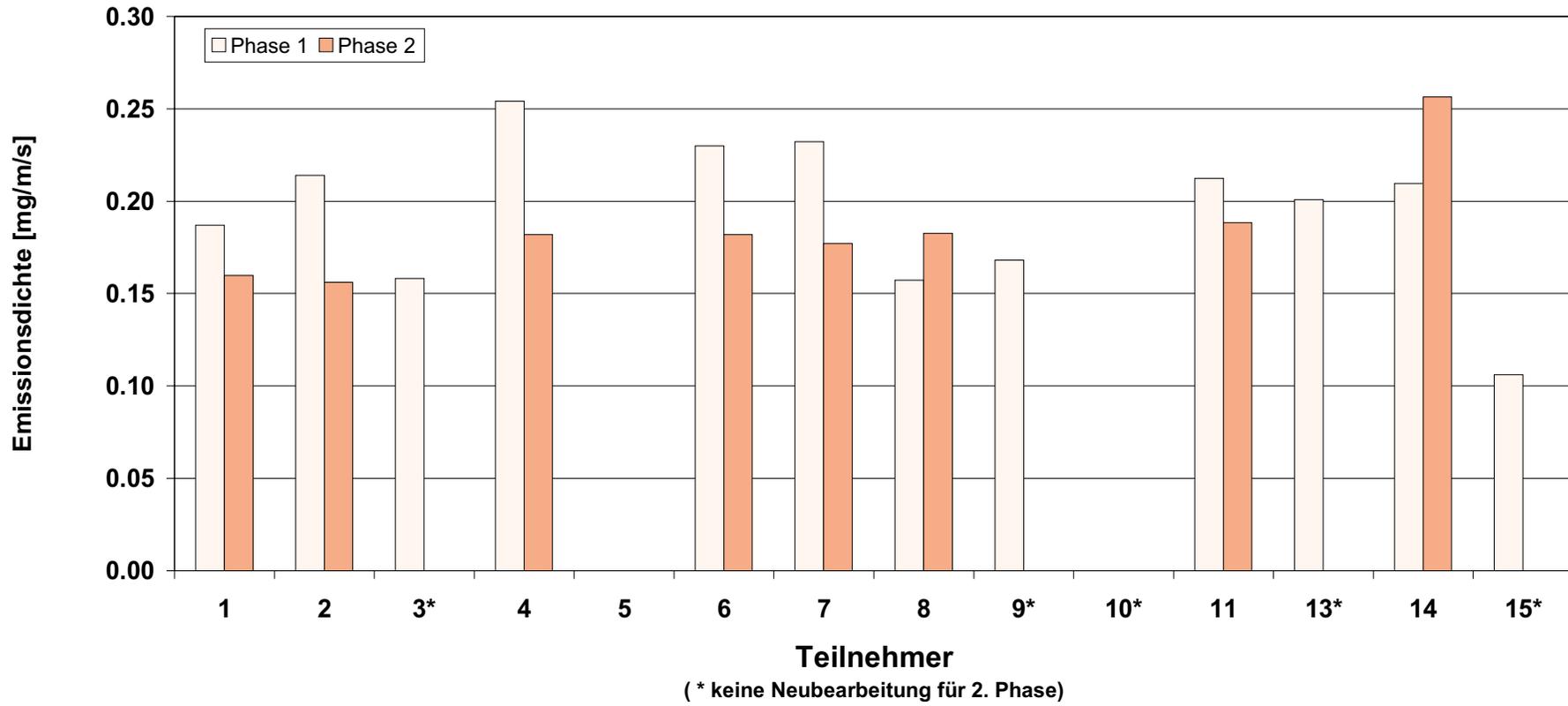


Abb. 7.11: Von den Teilnehmern berechnete Emissionsdichten für NO<sub>x</sub> in der Podbielskistraße.

Diese Größe  $c^*$  wird u.a. beeinflusst durch die gewählte bzw. modellierte Gebietsgröße und die gewählte Länge bzw. Breite der Quellen. Die **Abb. 7.12** gibt einen Überblick zu den simulierten Gebietsflächen. Diese liegen im Bereich zwischen ca. 3 ha und ca. 42 ha. Die simulierten Quelllängen zeigt die **Abb. 7.13**. Diese schwanken z.B. in der Podbielskistraße bei den einzelnen Teilnehmern zwischen ca. 120 m und knapp 300 m. Die Quellbreiten, dargestellt in **Abb. 7.14**, liegen für die Podbielskistraße zwischen ca. 4.5 m und 20 m.

In **Abb. 7.15** sind die  $c^*$ -Werte aller Teilnehmer aus Phase 1 in Abhängigkeit von der Windrichtung aufgetragen, um einen Gesamtüberblick aller berechneten/gemessenen Ergebnisse zu liefern. Im Sinne einer übersichtlicheren Darstellung dieser Ergebnisse wurden die  $c^*$ -Werte aufgeteilt in 3 Gruppen, **Abb. 7.16** zeigt die  $c^*$ -Werte der Teilnehmer 1, 2, 4 und 5, **Abb. 7.17** der Teilnehmer 6, 7, 8 und 9 sowie **Abb. 7.18** der Teilnehmer 10, 13 und 14, alle diese Darstellungen beziehen sich auf die Bearbeitungsphase 1. Die Teilnehmer 1, 5, 6 und 8 haben in der Phase 2 überarbeitete  $c^*$ -Werte zur Verfügung gestellt. Die **Abb. 7.19** zeigt die Ergebnisse der beiden Teilnehmer 1 und 6 jeweils für Phase 1 und Phase 2, **Abb. 7.20** die der Teilnehmer 5 und 8. Während sich bei den Teilnehmern 1 und 6 kleinere Abweichungen ergaben, zeigen die Ergebnisse der Teilnehmer 5 und 8 deutliche Abweichungen. Die Ergebnisse der  $c^*$ -Berechnungen bzw. -Messungen für die anderen Aufpunkte finden sich im Anhang B in den **Abb. B3.1** bis **Abb. B3.4**.

Die als Maß für die Ausbreitungsverhältnisse betrachtete dimensionslose Konzentration  $c^*$  lieferte große Abweichungen zwischen den Teilnehmern. Als integraler, nicht gewichteter Wert über alle Windrichtungen ergaben sich Unterschiede größer Faktor 2, wobei die Abweichungen bei einzelnen Anströmrichtungen weitaus größer werden konnten.

### 7.1.5 Immissionswerte

Das geforderte Endergebnis war die Berechnung von Konzentrationswerten bzw. Immissionswerten in Form von statistischen Jahreskenngrößen. Für die Schadstoffe Benzol und Ruß waren die Jahresmittelwerte zu bestimmen, für die Schadstoffe  $\text{NO}_x$  (Summe aus Stickstoffmonoxid (NO) und Stickstoffdioxid ( $\text{NO}_2$ )) und  $\text{NO}_2$  ebenfalls die Jahresmittelwerte und zusätzlich die 98-Perzentilwerte. Die berechneten Jahresmittelwerte für Benzol für beide Untersuchungsphasen sind in **Abb. 7.21** gezeigt. Die berechneten Werte schwanken zwischen  $3.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und  $8.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in Phase 1 und ca.  $4.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und  $6.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  der Teilnehmer aus Phase 2. So ergab sich für Benzol bei einem prognostizierten mittleren Jahresmittelwert aller Teilnehmer von  $5.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  eine Standardabweichung der berechneten Immissionswerte von  $1.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  während für Phase 2 der gemittelte Jahresmittelwert der Teilnehmer bei  $4.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bei einer Standardabweichung von  $0.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  lag.

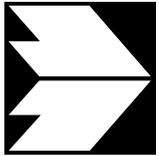
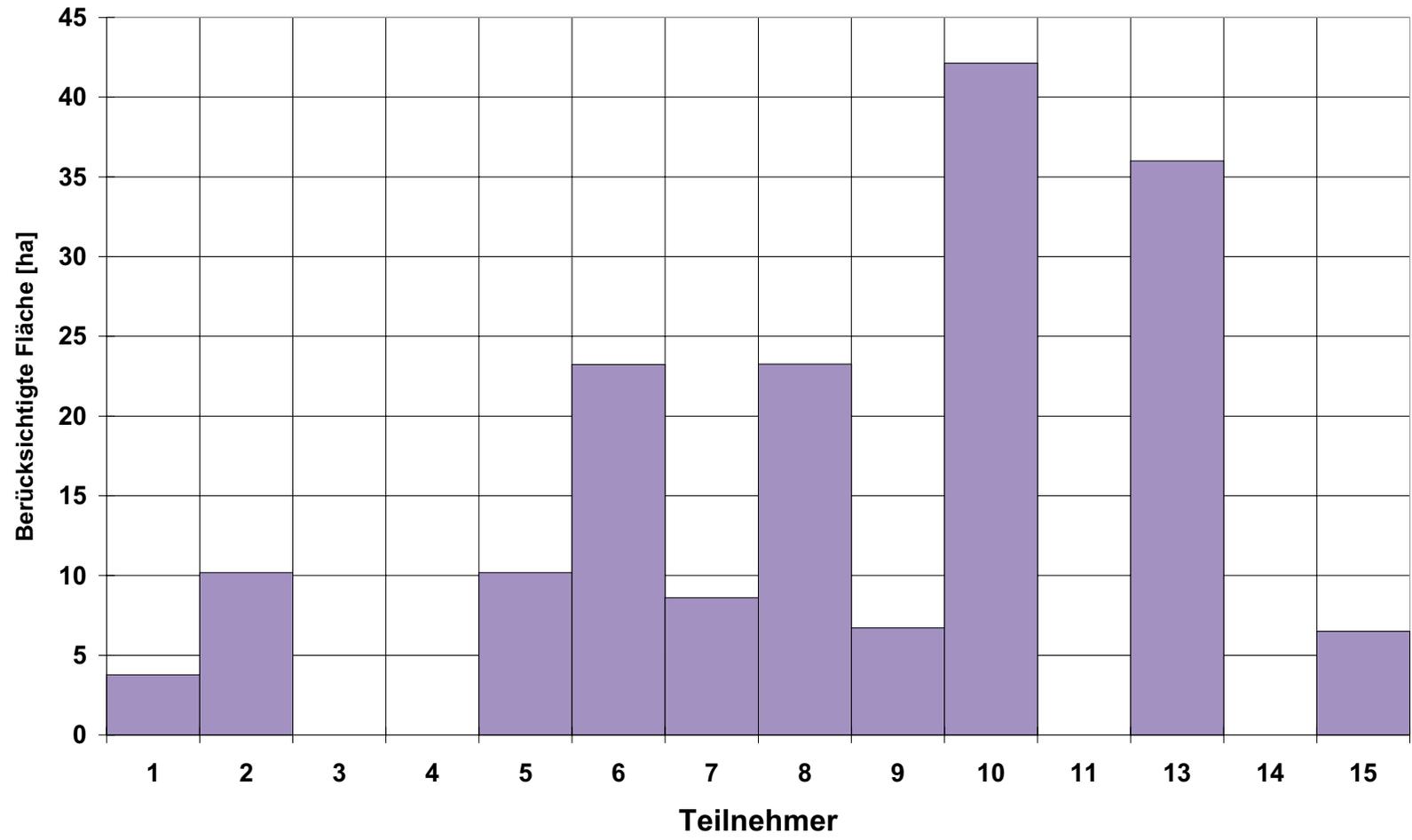


Abb. 7.12: Von den einzelnen Teilnehmern simulierte Gebietsflächen - Phase 1

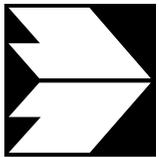
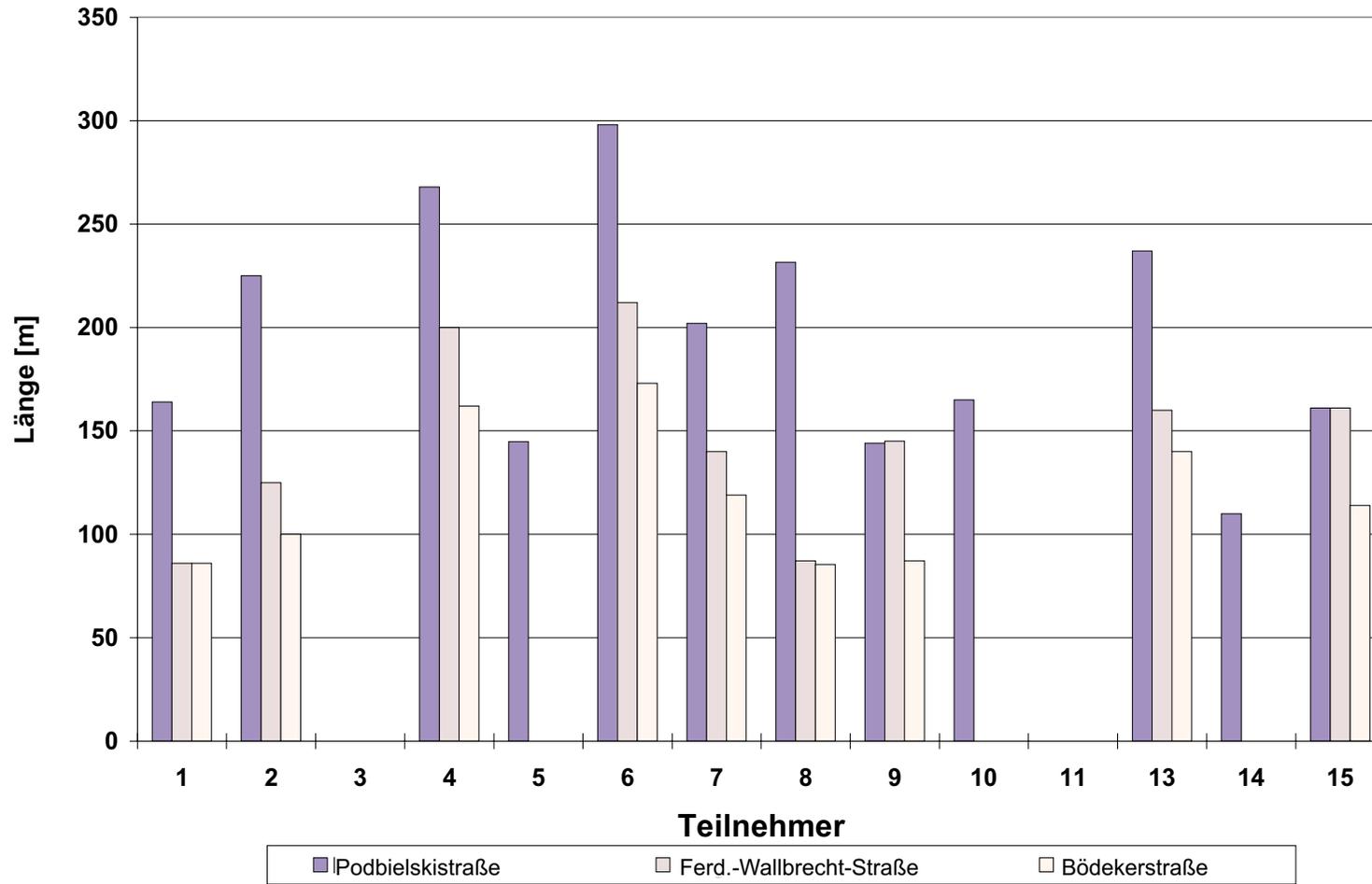


Abb. 7.13: Von den Teilnehmern simulierte Quelllängen in den betrachteten Straßen - Phase 1

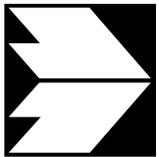
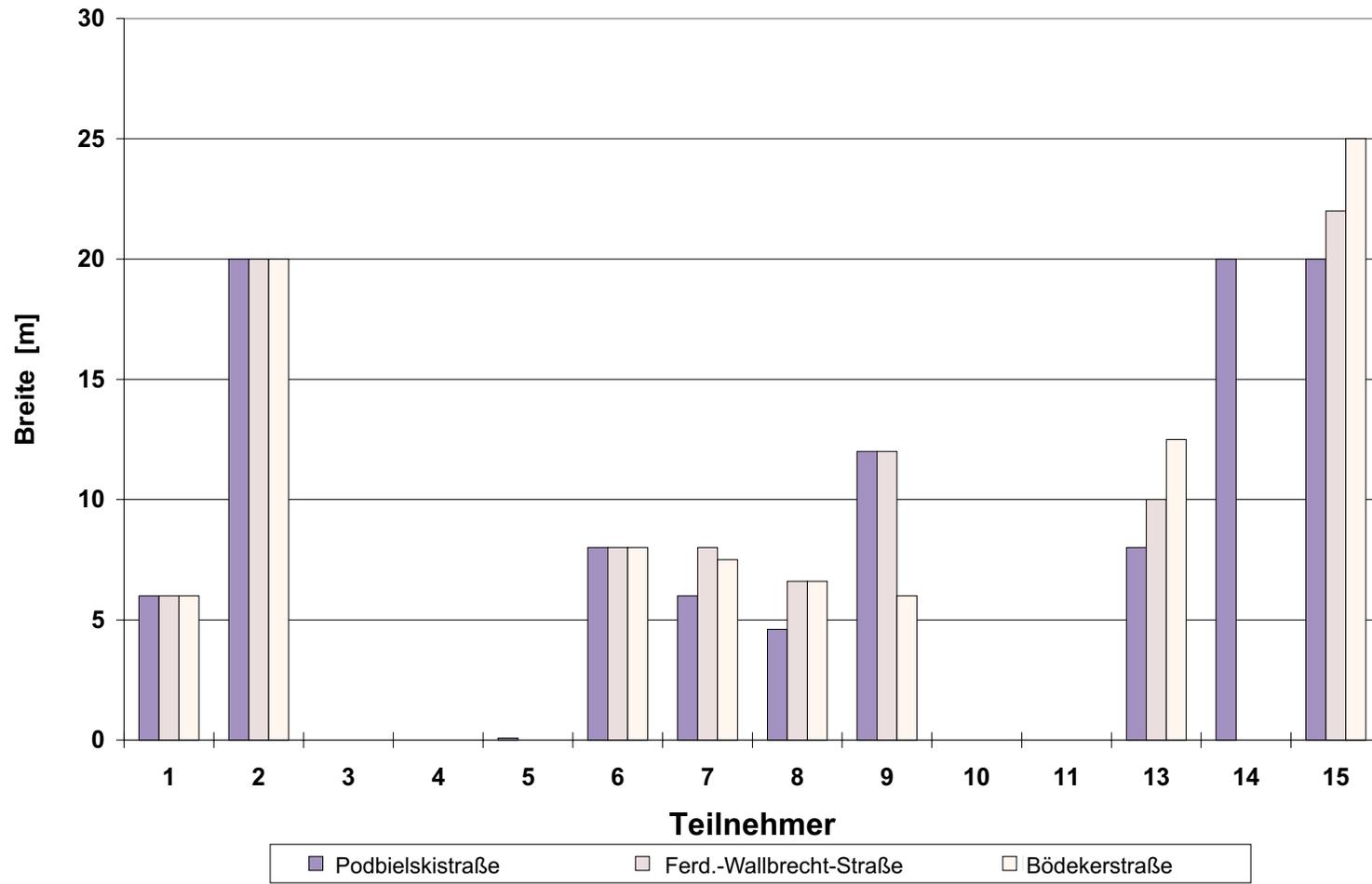


Abb. 7.14: Von den Teilnehmern simulierte Quellbreiten in den berücksichtigten Straßen - Phase 1

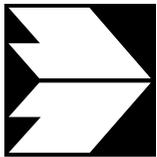
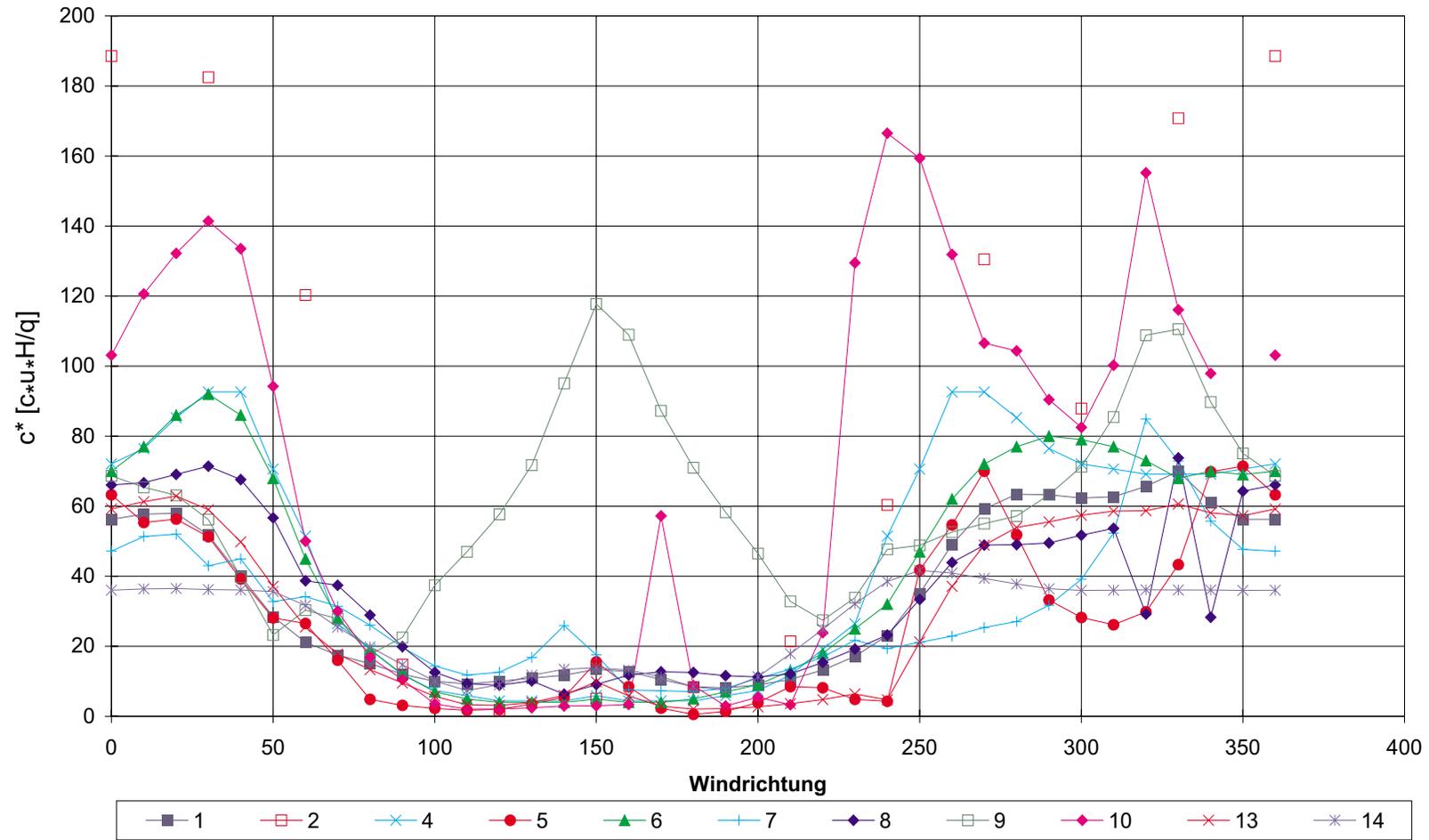


Abb. 7.15: Berechnete / gemessene  $c^*$ -Werte aller Teilnehmer für den Aufpunkt 1-Übersichtsbild - Phase 1

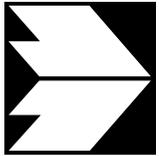
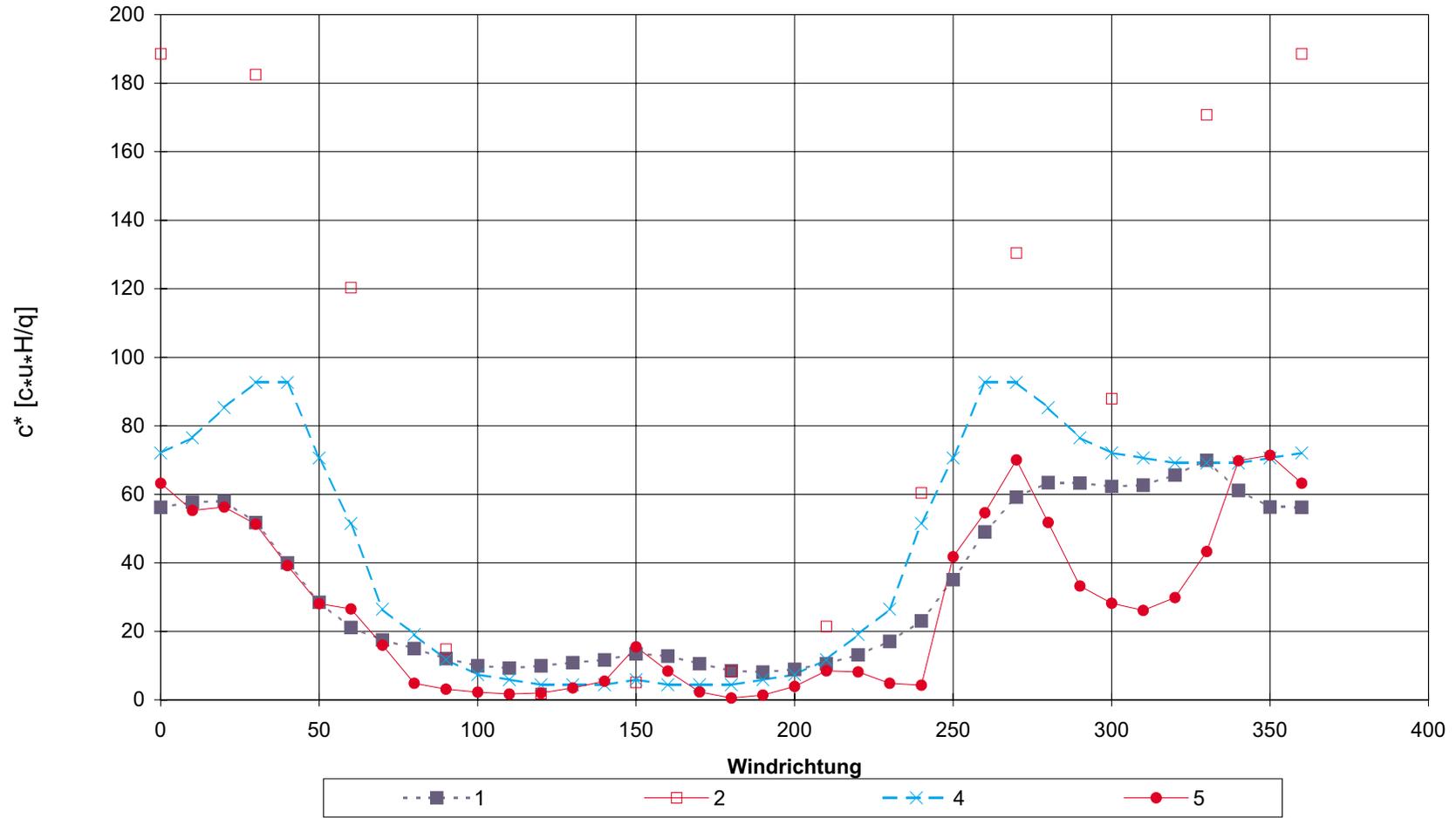


Abb. 7.16: Berechnete / gemessene c\*-Werte der Teilnehmer 1, 2, 4 und 5 für den Aufpunkt 1 - Phase 1

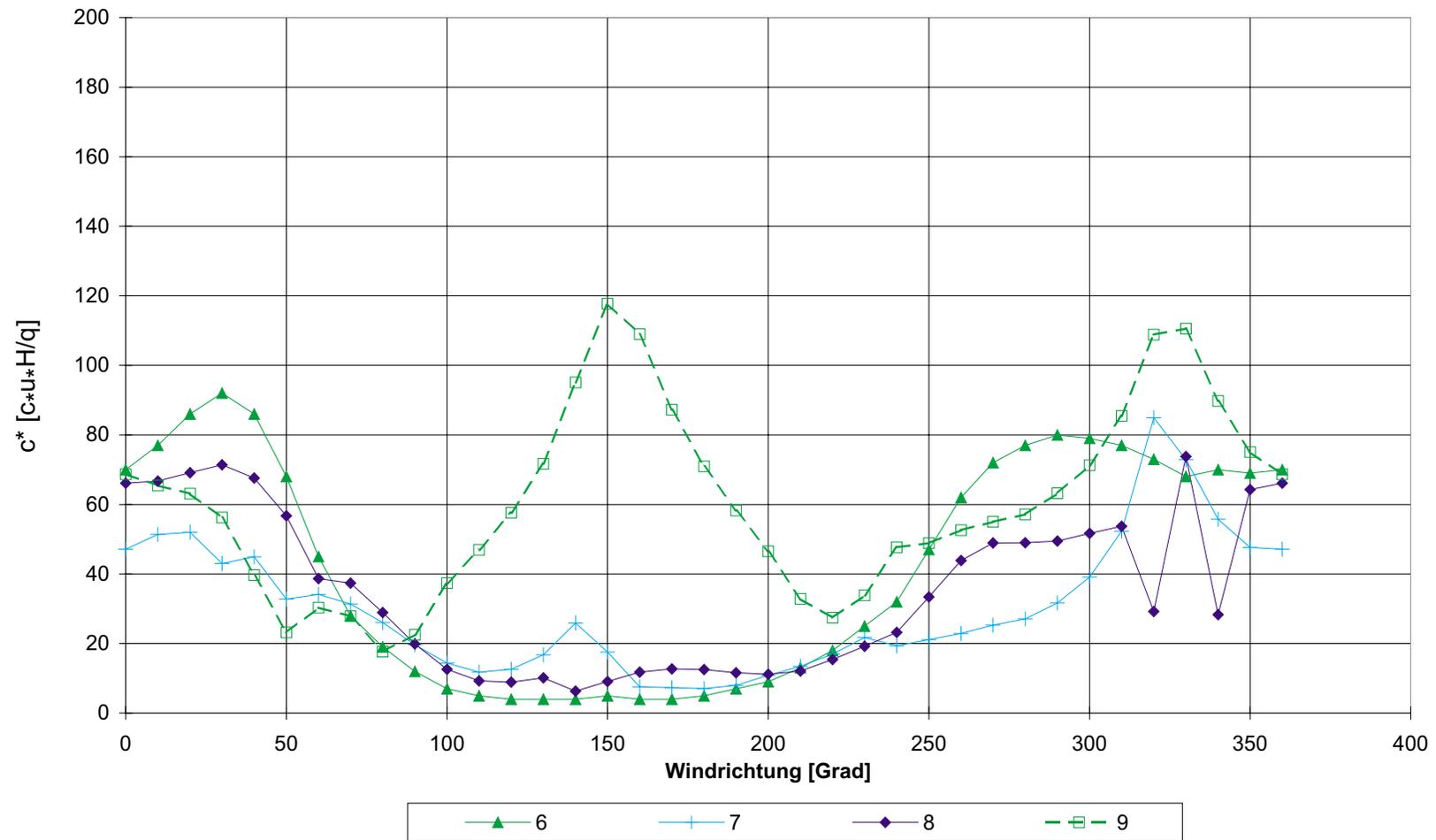


Abb. 7.17: Berechnete / gemessene c\*-Werte der Teilnehmer 6, 7, 8 und 9 für den Aufpunkt 1 - Phase 1

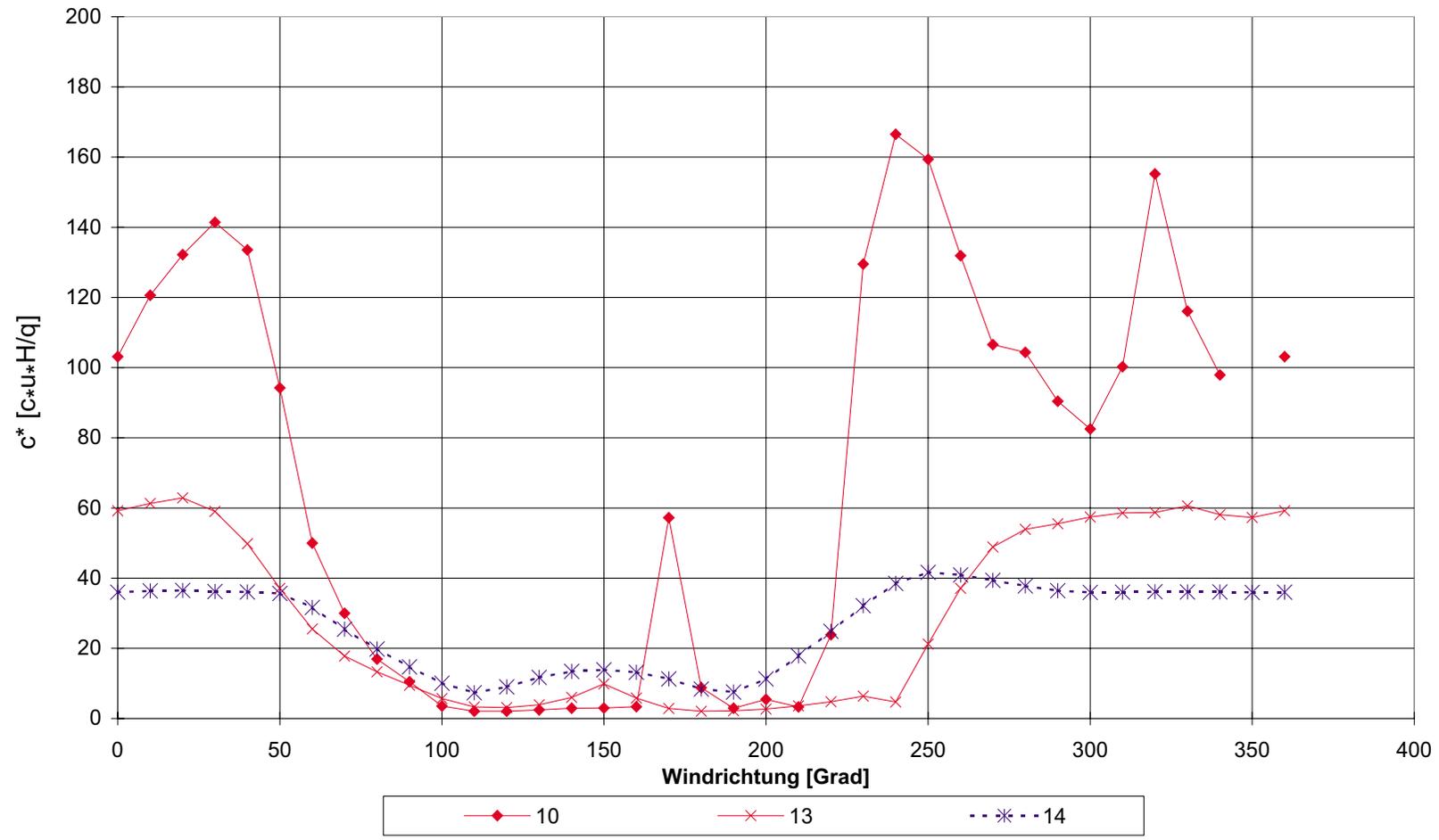


Abb. 7.18: Berechnete / gemessene c\*-Werte der Teilnehmer 10, 13 und 14 für den Aufpunkt 1 - Phase 1

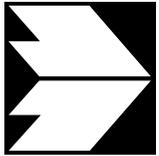
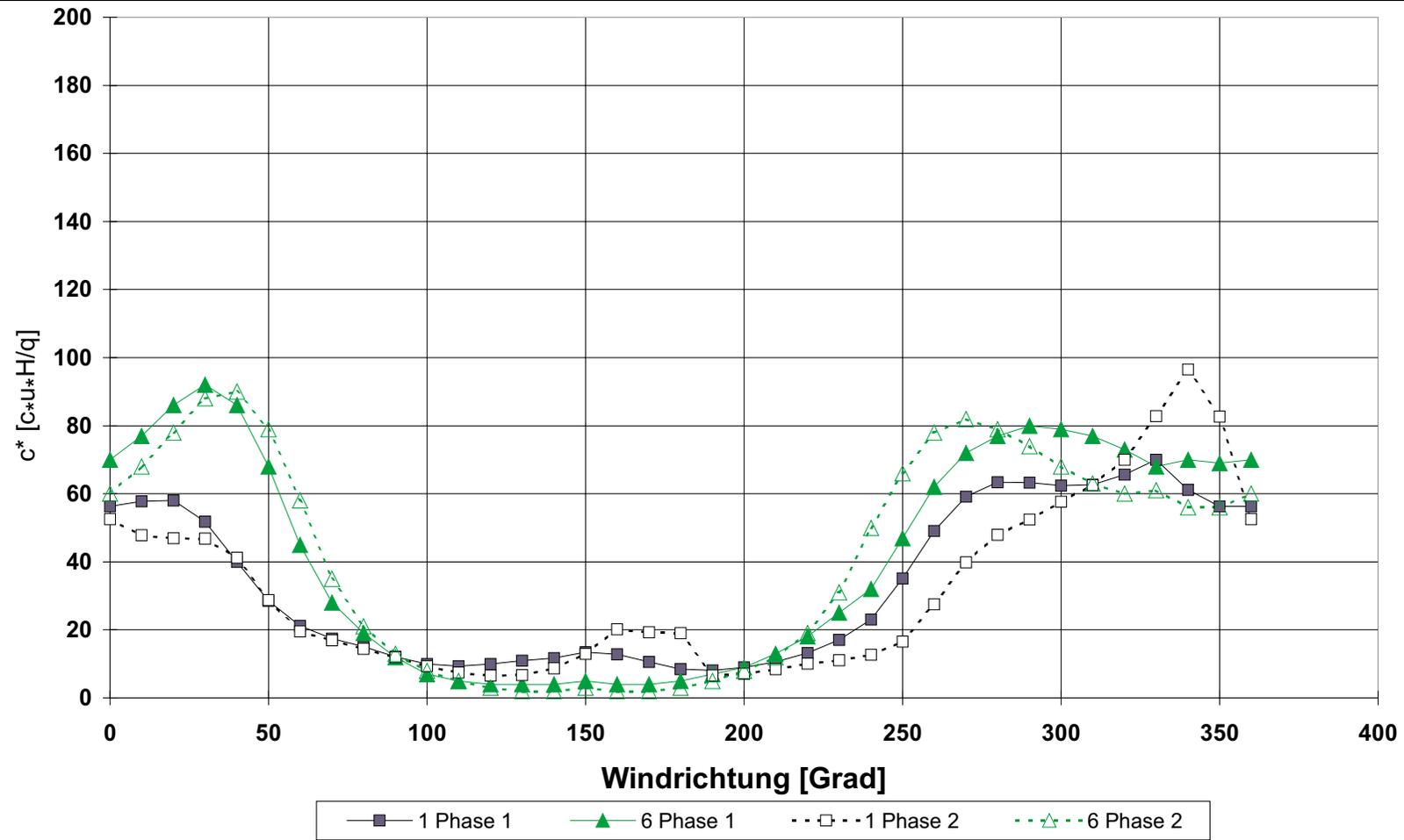


Abb. 7.19: Berechnete / gemessene  $c^*$ -Werte der Teilnehmer 1 und 6 für den Aufpunkt 1 - Phase 1 und Phase 2

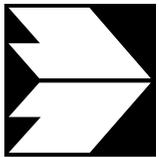
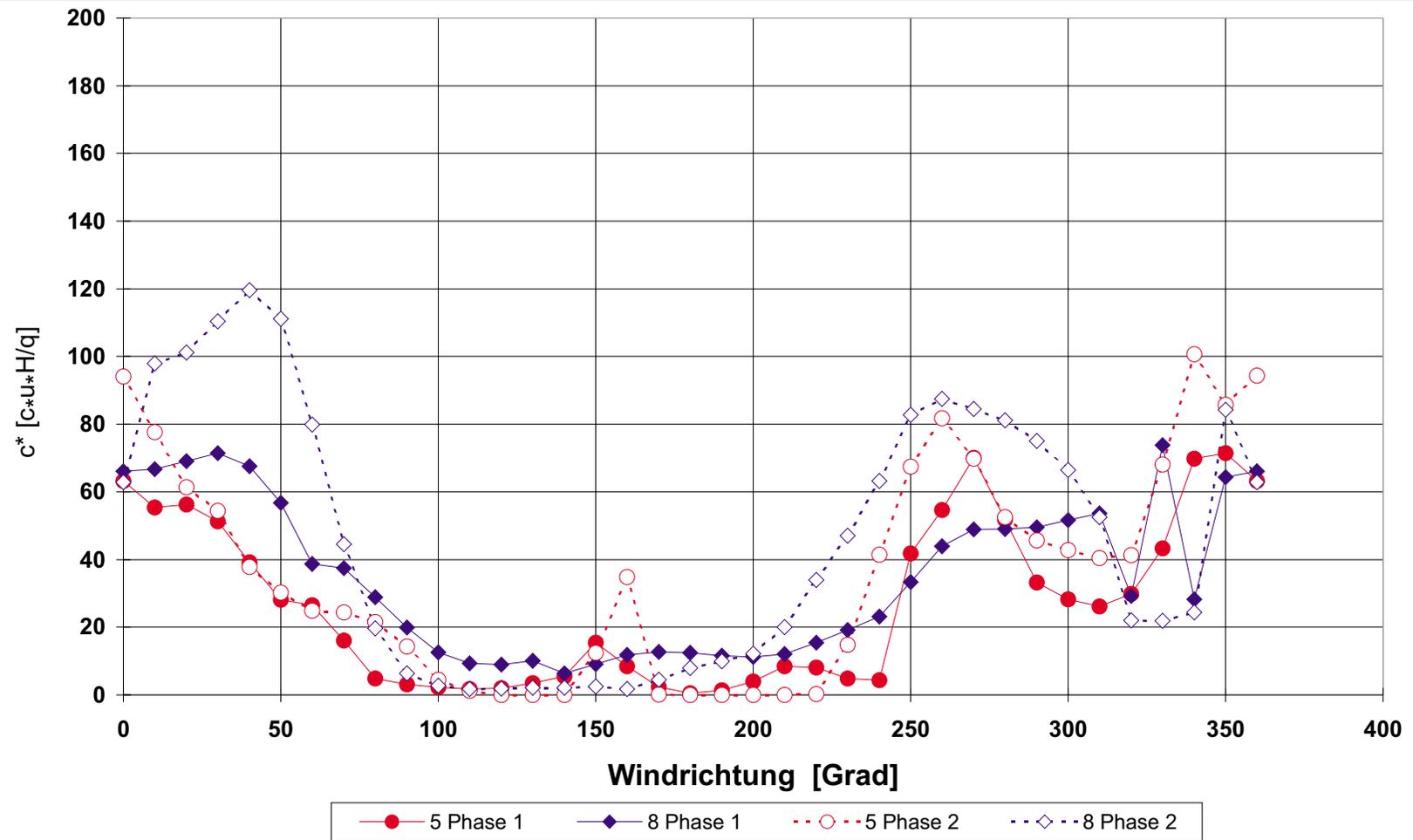


Abb. 7.20: Berechnete / gemessene  $c^*$ -Werte der Teilnehmer 5 und 8 für den Aufpunkt 1 - Phase 1 und Phase 2

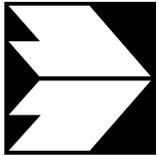
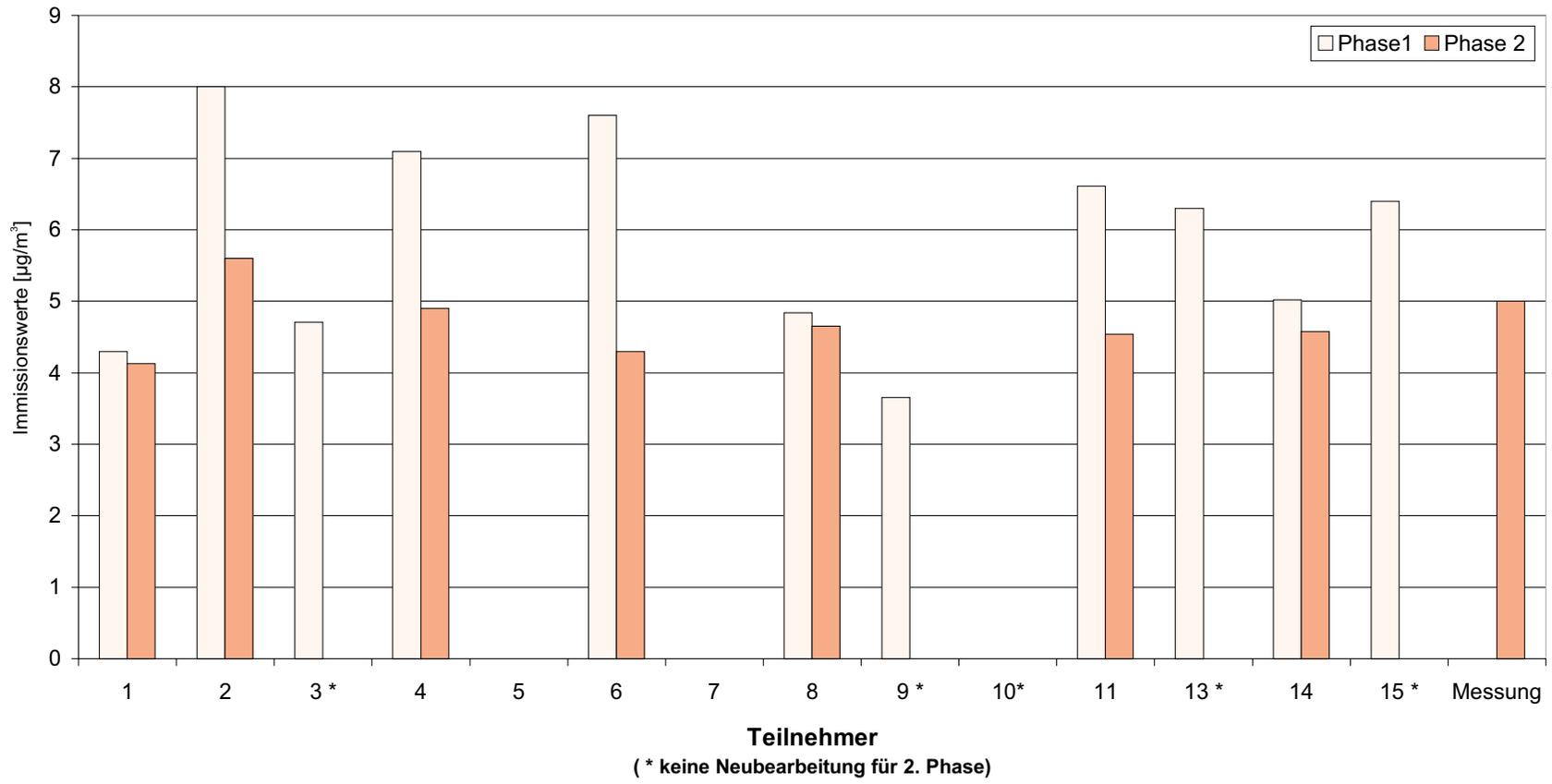


Abb. 7.21: Berechnete Jahresmittelwerte für Benzol am Aufpunkt 1 für beide Untersuchungsphasen

**Abb. 7.22** liefert die entsprechenden Ergebnisse für den Schadstoff Ruß. Hier liegen die in Phase 1 berechneten Werte zwischen  $2.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und  $5.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , in Phase 2 zwischen  $3.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und  $4.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Für Ruß betrug der Mittelwert aller Teilnehmer in Phase 1  $4.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bei einer Standardabweichung von  $1.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und in Phase 2  $3.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bei einer Standardabweichung von  $0.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Es sei hier angemerkt, dass Teilnehmer 7 keine Ruß-, sondern PM-Werte lieferte.

Die Ergebnisse für  $\text{NO}_x$  sind in Form der Jahresmittelwerte in **Abb. 7.23** und als 98-Perzentilwert in **Abb. 7.24** dargestellt. Bei den berechneten Jahresmittelwerten lagen in Phase 1 die niedrigsten Werte bei  $57 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und die höchsten bei  $178 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , in Phase 2 erreichten bei den Beteiligten die niedrigsten Werte ca.  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und die höchsten Werte  $133 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Bei den 98-Perzentilwerten bot sich ein ähnliches Bild. In der ersten Phase begann der Ergebnisbereich bei  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und reichte bis nahezu  $550 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , in Phase 2 von  $220 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bis ca.  $520 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

**Abb. 7.25** zeigt die Berechnungsergebnisse für die Jahresmittelwerte von  $\text{NO}_2$ . Hier lag die Spannweite in der ersten Phase zwischen  $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und  $86 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , in der zweiten Phase zwischen  $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und  $73 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Die in **Abb. 7.26** gezeigten 98-Perzentilwerte reichten von  $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bis  $112 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in Phase 1 und von  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bis  $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in Phase 2. Damit sind die Bandbreiten enger als bei  $\text{NO}_x$ , was auf Grund der Konversion auch zu erwarten ist. Die Standardabweichung beim Jahresmittelwert  $\text{NO}_2$  betrug  $14.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bei einem Jahresmittelwert von  $51.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in Phase 1 und eine Abweichung von  $8.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bei einem mittleren Wert von  $51.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in Phase 2.

Die entsprechenden Ergebnisse der Gesamtbelastung für die anderen Aufpunkte finden sich im Anhang B in den **Abb. B4.1** bis **Abb. B4.24**, die Abweichungen der Ergebnisse untereinander waren an allen Punkten ähnlich. Neben den Immissionswerten an den vorgegebenen Aufpunkten waren optional die Orte mit den höchsten prognostizierten Konzentrationen gefragt. In **Abb. 7.27** und **Abb. 7.28** sind die Ergebnisse für Benzol und Ruß dargestellt.

Bei den gelieferten maximalen Immissionswerten lag der höchste berechnete Wert in dem betrachteten Straßenbereich für Benzol bei  $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bis  $9.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in Phase 1 und  $4.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bis  $10.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in Phase 2. Damit lagen die HotSpot-Werte zum Teil deutlich über den prognostizierten Werte an der Messstelle. In den Abbildungen mit aufgeführt ist jeweils die Lage dieser Punkte. Von den Teilnehmern wurden dabei Orte zwischen x mit 19 m und 127 m (bezogen auf das Koordinatensystem in **Abb. 4.1**) und y mit -8 m bis 7 m angegeben.

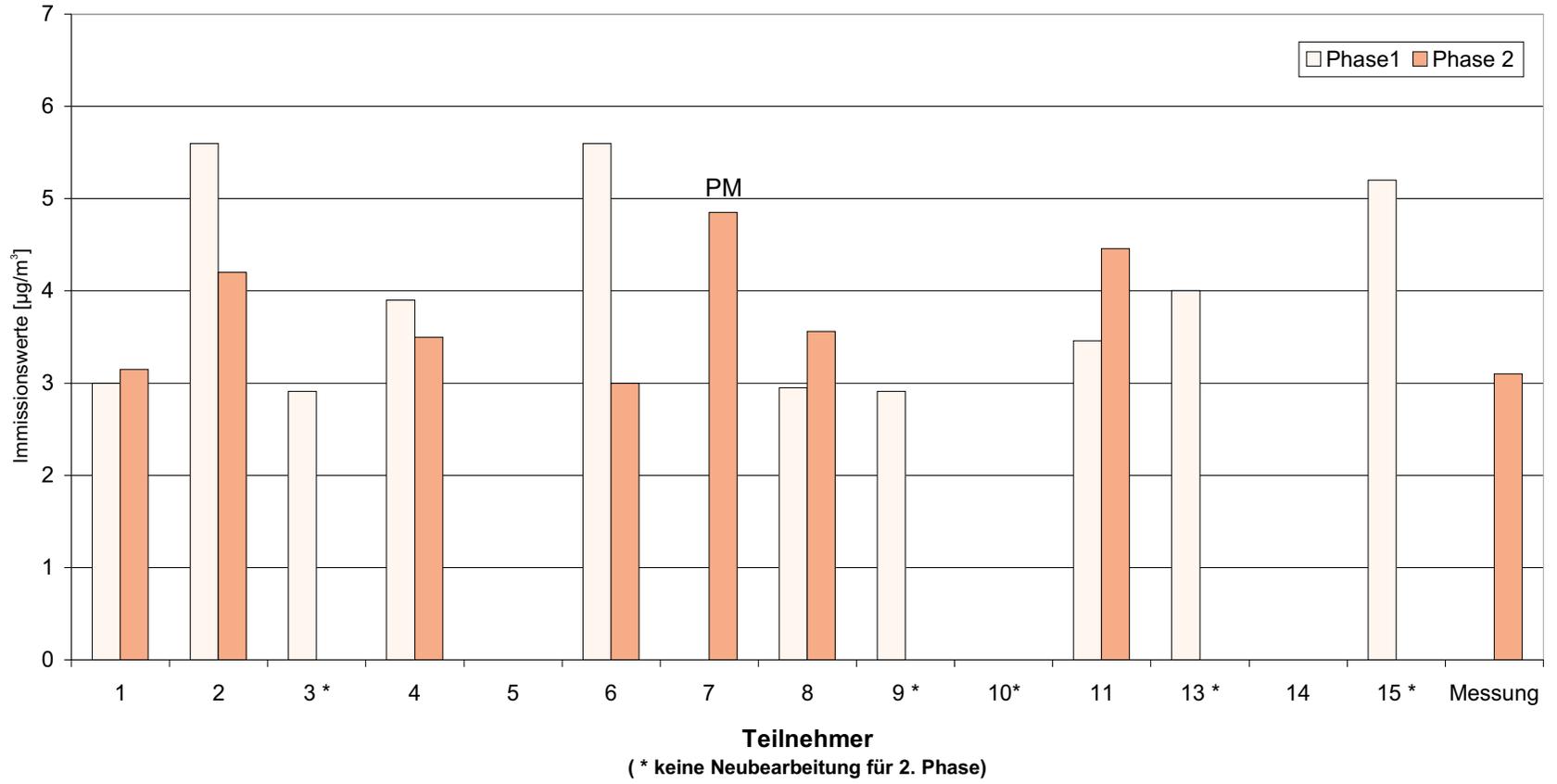


Abb. 7.22: Berechnete Jahresmittelwerte für Ruß am Aufpunkt 1 für beide Untersuchungsphasen

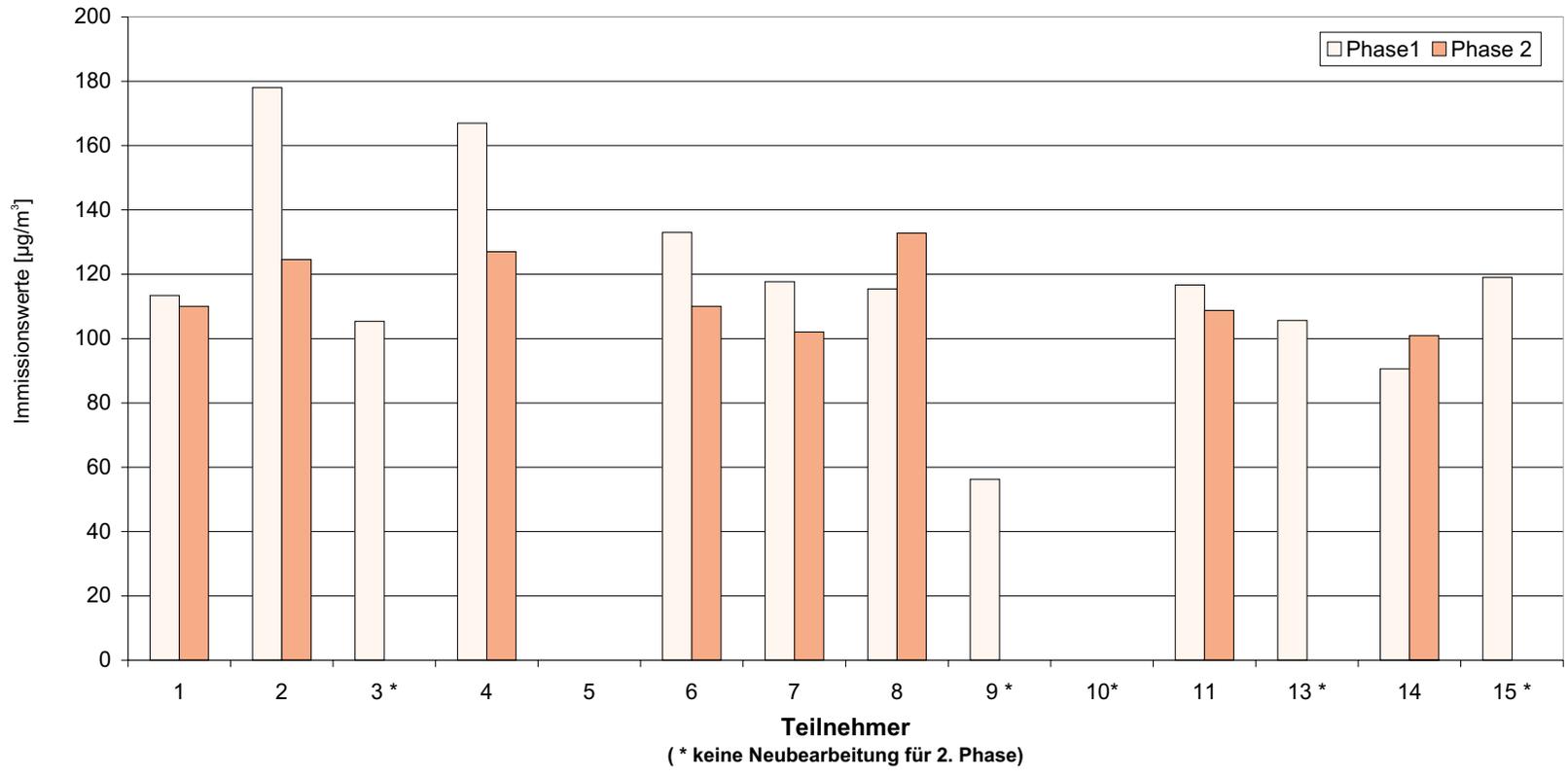


Abb. 7.23: Berechnete Jahresmittelwerte für NO<sub>x</sub> am Aufpunkt 1 für beide Untersuchungsphasen

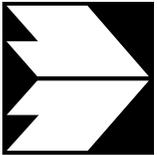
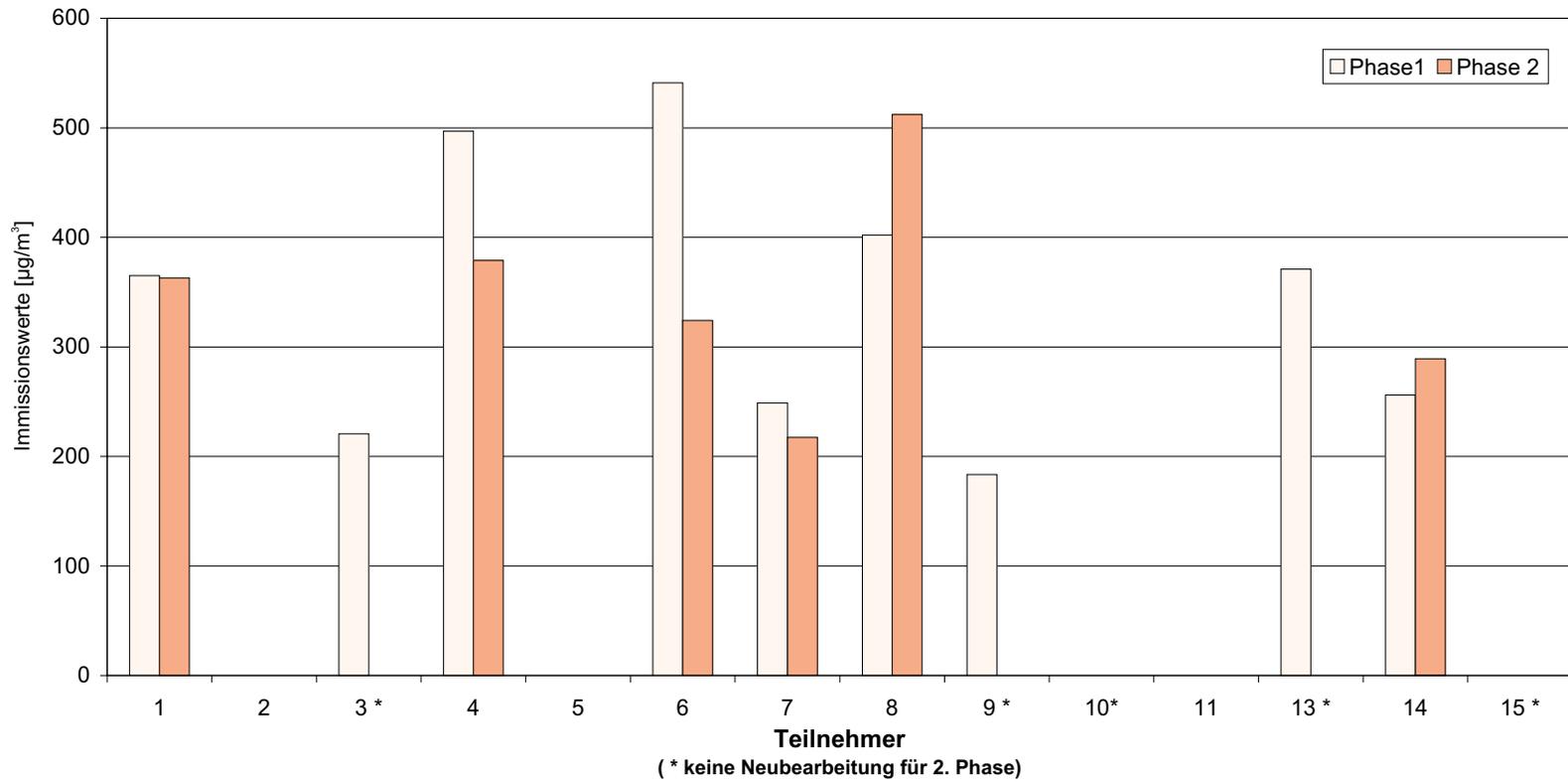


Abb. 7.24: Berechnete 98-Perzentilwerte für NO<sub>x</sub> am Aufpunkt 1 für beide Untersuchungsphasen

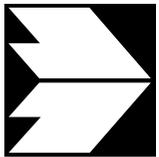
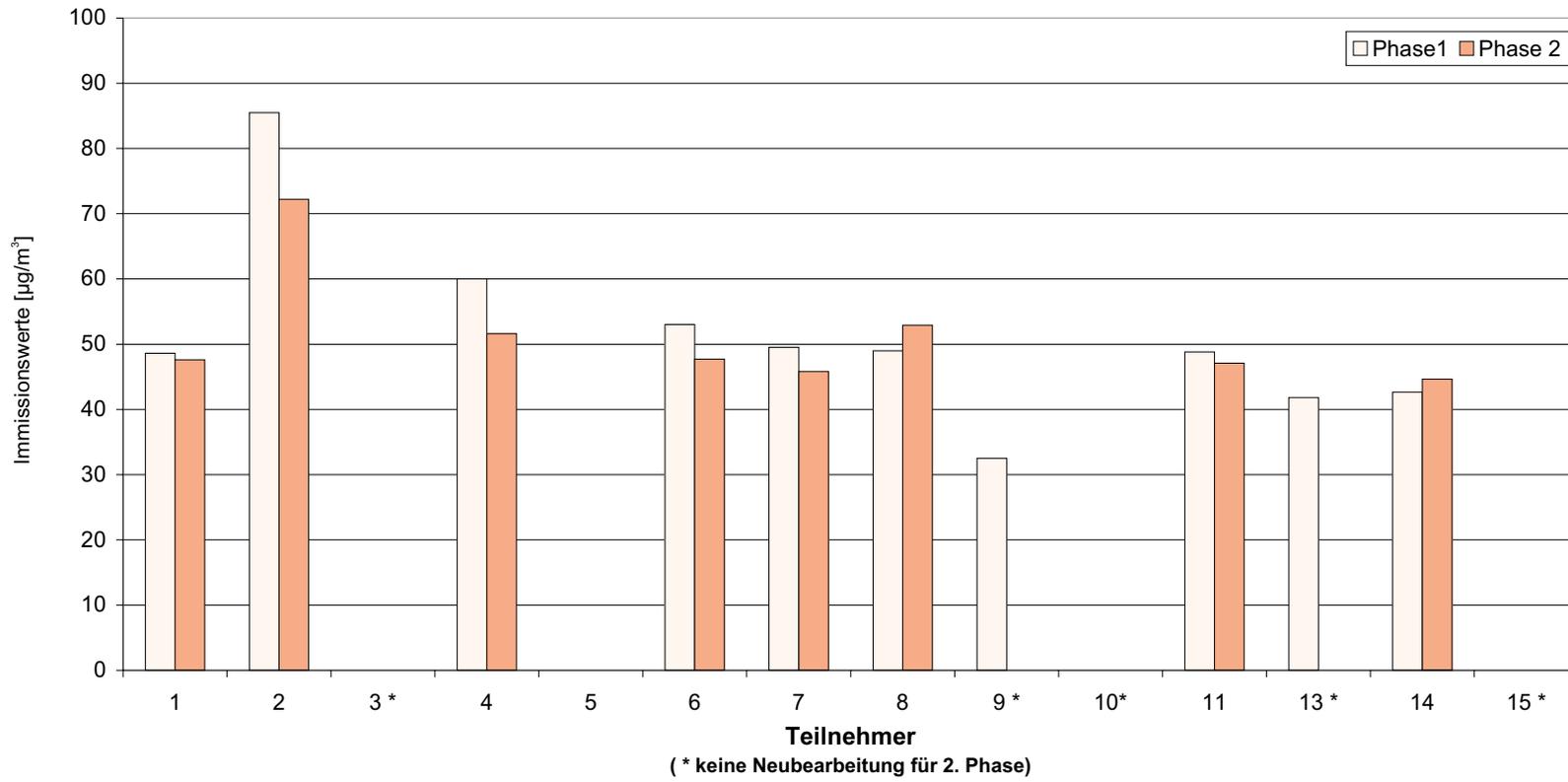


Abb. 7.25: Berechnete Jahresmittelwerte für NO<sub>2</sub> am Aufpunkt 1 für beide Untersuchungsphasen

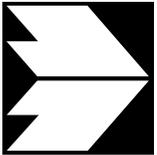
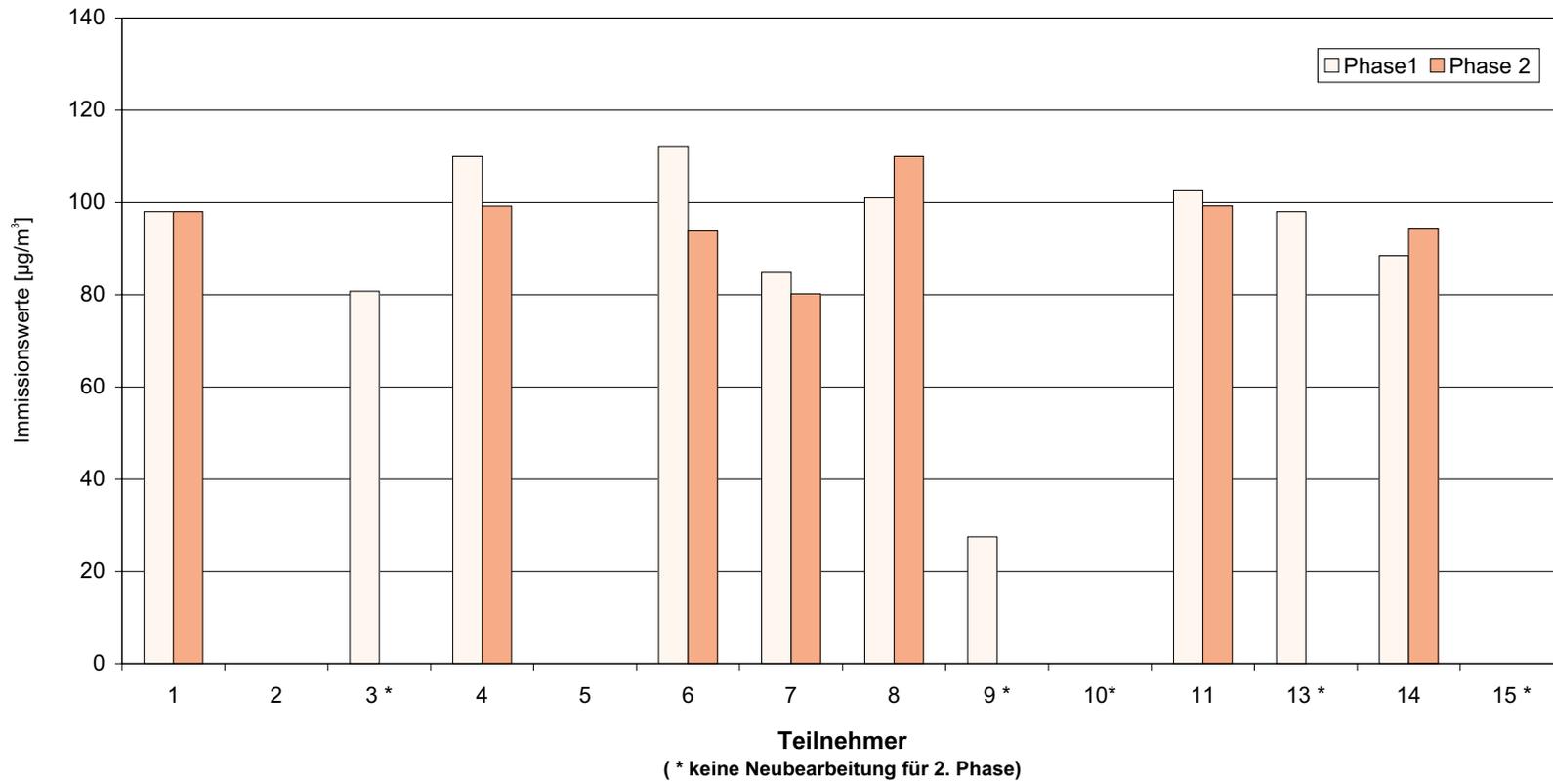


Abb. 7.26: Berechnete 98-Perzentilwerte für NO<sub>2</sub> am Aufpunkt 1 für beide Untersuchungsphasen

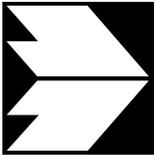
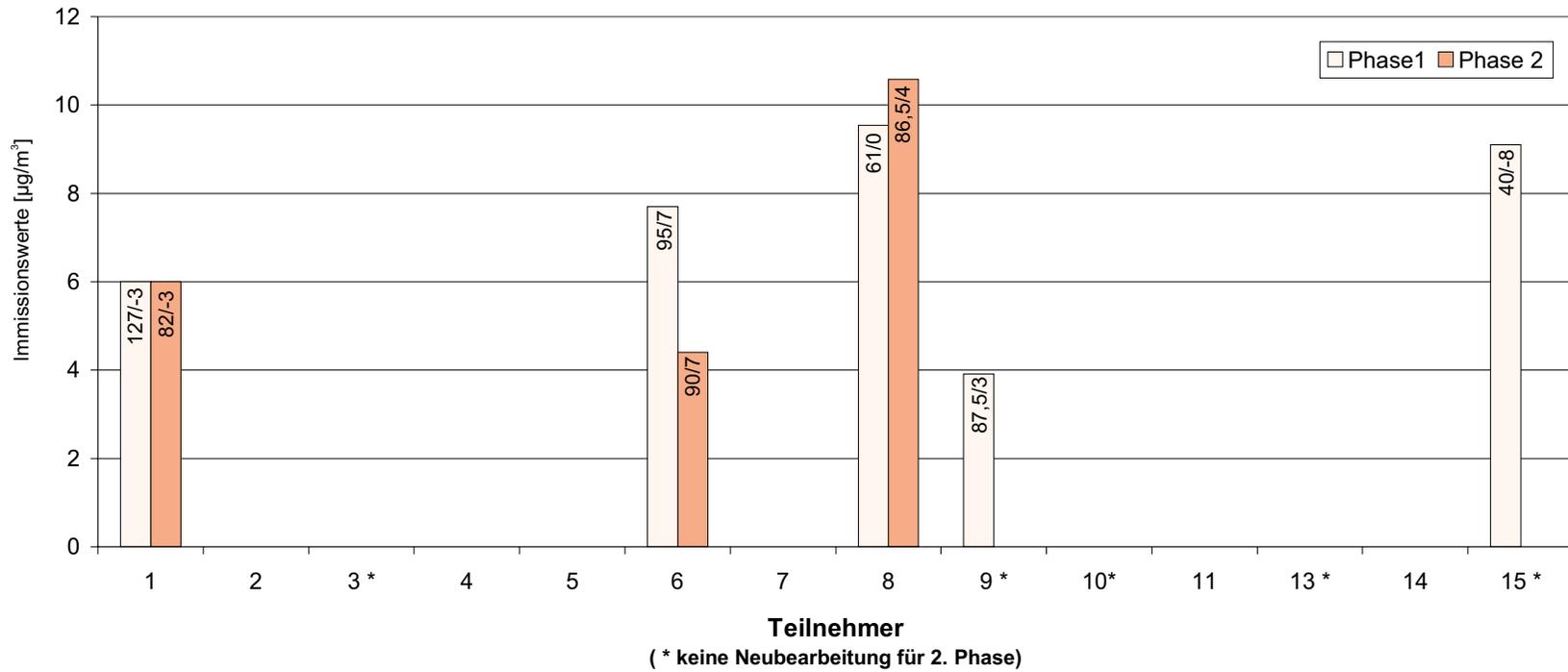


Abb. 7.27: Berechnete maximale Immissionswerte (Hotspots) für Benzol-Jahresmittelwerte sowie deren Lage (bezogen auf das Koordinatensystem in Abb. 4.1) in x/y-Richtung

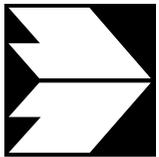
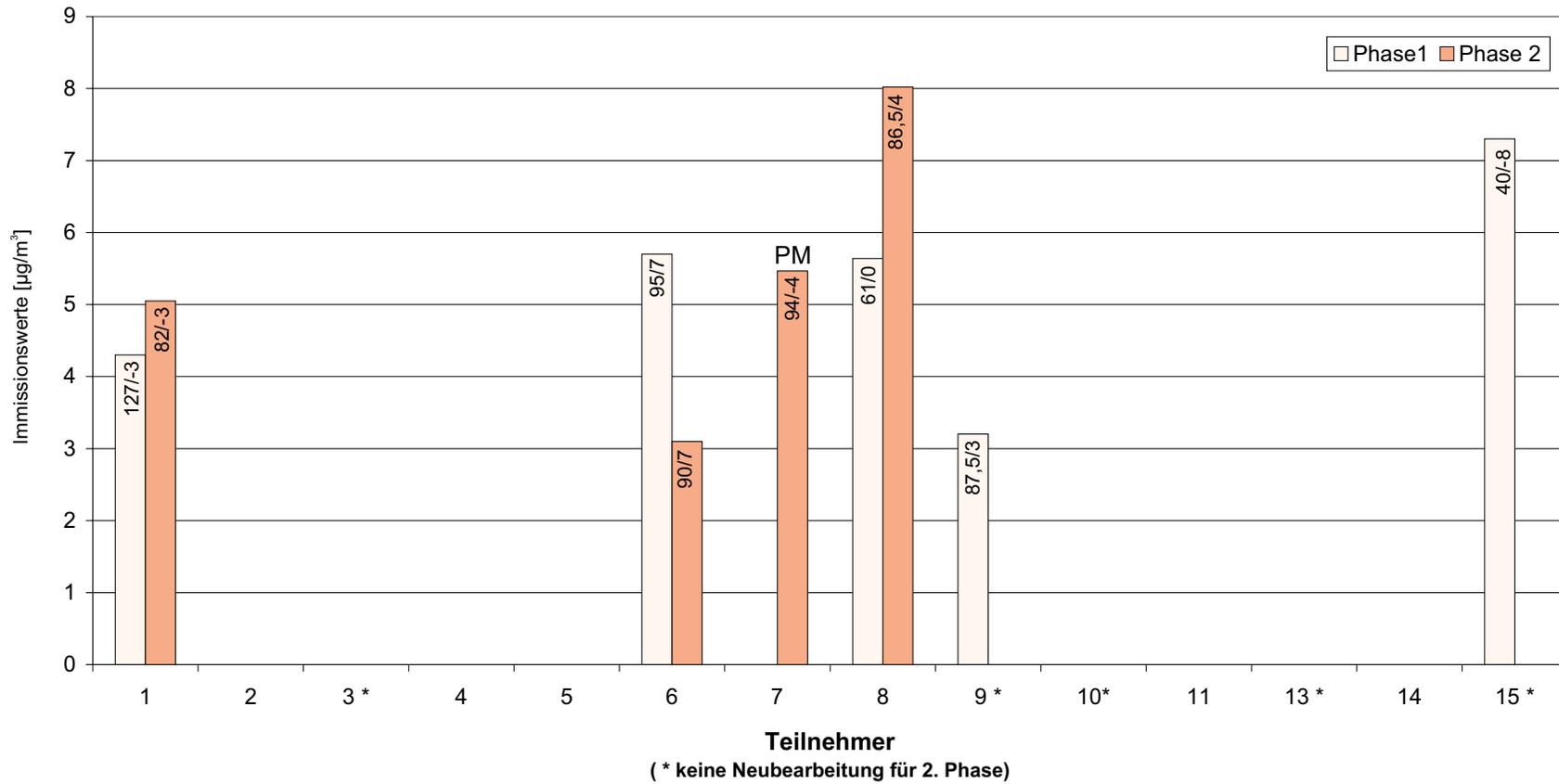


Abb. 7.28: Berechnete maximale Immissionswerte (Hotspots) für Ruß-Jahresmittelwerte sowie deren Lage (bezogen auf das Koordinatensystem in Abb. 4.1) in x/y-Richtung

Für Ruß lagen die Werte der HotSpots bei ca.  $3.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bis  $7.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in Phase 1 und bei ca.  $3.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bis  $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in Phase 2, wobei die Lage der Maxima denen bei Benzol sehr ähnlich ist. Die meisten Teilnehmer fanden damit HotSpots mit höheren Werten als am Messpunkt. Die Ergebnisse für die anderen Schadstoffe finden sich in Anhang B in den **Abb. B4.25** bis **Abb. B4.28**.

Die von einigen Teilnehmern für die Podbielskistraße ermittelten HotSpots unterschieden sich zwischen dem niedrigsten und dem höchsten Wert um ca. den Faktor 2.5, wobei auch die Lage dieser Punkte zum Teil sehr unterschiedlich war.

## 7.2 Messergebnisse Konzentrationswerte

Die **Tab. 7.3** zeigt die am Messpunkt in der Podbielskistraße erfassten Konzentrationen in Form der Jahresmittelwerte und der 98-Perzentilwerte (siehe FRANTZ, 2000) für alle gemessenen Schadstoffkomponenten. Die Datenbasis bezieht sich auf Halbstunden-Mittelwerte des Zeitraumes März 1999 bis Februar 2000. Bei den diesem Bericht zu Grunde liegenden Rechnungen wurden die entsprechenden statistischen Kenngrößen für die Schadstoffe Benzol, Ruß und  $\text{NO}_x$  bzw.  $\text{NO}_2$  gefordert.

Komponente	Verfügbarkeit der Messdaten	Jahresmittel [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	98-Perzentil [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
Ruß	82 %	3	9
Benzol	73 %	5	17
Benzol (ORSA)	04/99 - 01/00	5	-
Toluol	73 %	14	54
Toluol (ORSA)	04/99 - 01/00	13	-
Xylol	66 %	8	31
NO	75 %	62	202
NO <sub>2</sub>	75 %	50	88
NO <sub>x</sub>	75 %	95	247
CO	94 %	987	2920

Tab. 7.3: Konzentrationskenngrößen aller in der Podbielskistraße gemessenen Schadstoffkomponenten für den Zeitraum vom 03.03.1999 bis zum 29.02.2000 (entnommen aus FRANTZ, 2000)

Die verwendete Messtechnik ist ausführlich in FRANTZ (2000) beschrieben. Bei Benzol wurde ein 10-Monats-Mittelwert für 04/99 bis 01/00 von  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  erfasst. Die gemessene Rußkonzentration lag im Jahresmittel bei  $3.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und liegt damit wie auch der Wert für Benzol deutlich unter den Prüfwerten der 23. BImSchV von  $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für Ruß bzw.  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für Benzol. Für Stickstoffdioxid wurden im Jahresmittel  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  gemessen und  $\text{NO}_x$  lag im Jahresmittel bei  $95 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Die zugehörigen 98-Perzentilwerte betragen  $88 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für  $\text{NO}_2$  bzw.  $247 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für  $\text{NO}_x$ .

### 7.3 Gegenüberstellung Messung/Rechnung

In Kap. 7.1 wurden die berechneten Immissionsbeiträge in Form der statistischen Jahreskennwerte und in Kap. 7.2 die gemessenen Werte aufgeführt. In **Abb. 7.29** bis **Abb. 7.34** sind die berechneten und gemessenen Werte für die Schadstoffe Benzol, Ruß,  $\text{NO}_x$  und  $\text{NO}_2$  gegenübergestellt. Die Messergebnisse wurden dabei nicht in Form der in Kap. 7.2 aufgeführten Messwerte, sondern in Form von Bändern um diese Messwerte dargestellt. Im Anhang VIII der 1. TRL (Richtlinie 1999/30/EG (1999)) werden für kontinuierliche Messungen Messgenauigkeiten gefordert von  $\pm 15\%$  bei Gasen und  $\pm 25\%$  bei Partikeln, jeweils bezogen auf den zu überwachenden Grenzwert. Diese Bandbreiten wurden für die einzelnen Stoffe hier angesetzt, die jeweils berücksichtigten Bezugsgrenzwerte bzw. Prüfwerte sind in den Abbildungen mit aufgeführt. Die Bandbreiten für  $\text{NO}_x$  sind bezogen auf die entsprechenden  $\text{NO}_2$ -Grenz- bzw. Prüfwerte.

Bei allen Stoffen kommen erwartungsgemäß die Ergebnisse der Phase 2 gegenüber Phase 1 den Messergebnissen näher. In der Phase 2 standen genauere Eingangsdaten zur Verfügung, vor allen Dingen die Verkehrszahlen waren repräsentativ für den Messzeitraum. Die nachfolgenden Vergleiche und Diskussionen beziehen sich immer auf die oben genannten Messungen im Jahr 1999/2000.

Bei Benzol lagen die berechneten Jahresmittelwerte der Phase 2 größtenteils unter den Messwerten, ein Teilnehmer lag um ca. 30 % über, die anderen Teilnehmer um max. 18 % unter den Messwerten (vgl. **Abb. 7.29**). Der Mittelwert aller Teilnehmer der Phase 2 lag um ca. 3 % unter dem Messwert, in der Phase 1 lag der Mittelwert um ca. 18 % über diesem Wert.

Für Ruß lagen die berechneten Jahresmittelwerte größtenteils über dem Messwert (siehe **Abb. 7.30**). Der niedrigste prognostizierte Wert lag ca. 3 % unter dem gemessenen Wert, der höchste ca. 60 % über diesem Wert. Im Mittel aller Teilnehmer lagen die berechneten Werte in Phase 2 ca. 21 % über den gemessenen Werten gegenüber 27 % in Phase 1.

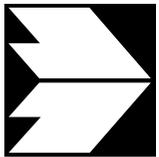
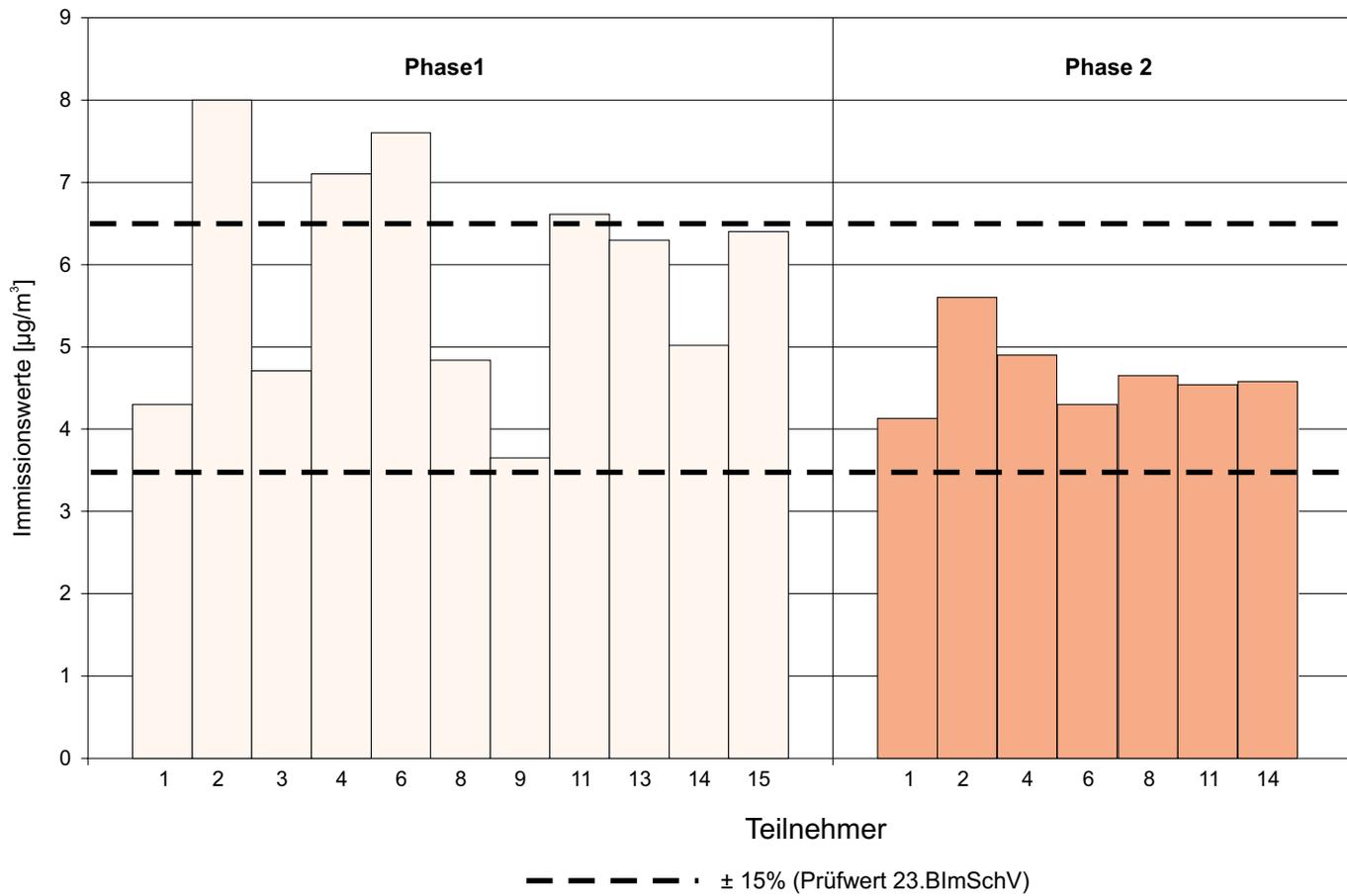


Abb. 7.29: Vergleich der berechneten Jahresmittelwerte für Benzol mit den Messungen am Aufpunkt 1. Dargestellt sind Streubänder ( $\pm 15\%$  des Prüfwertes 23.BImSchV) um die Meßwerte aus Tab. 7.3

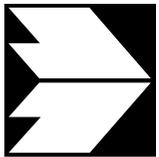
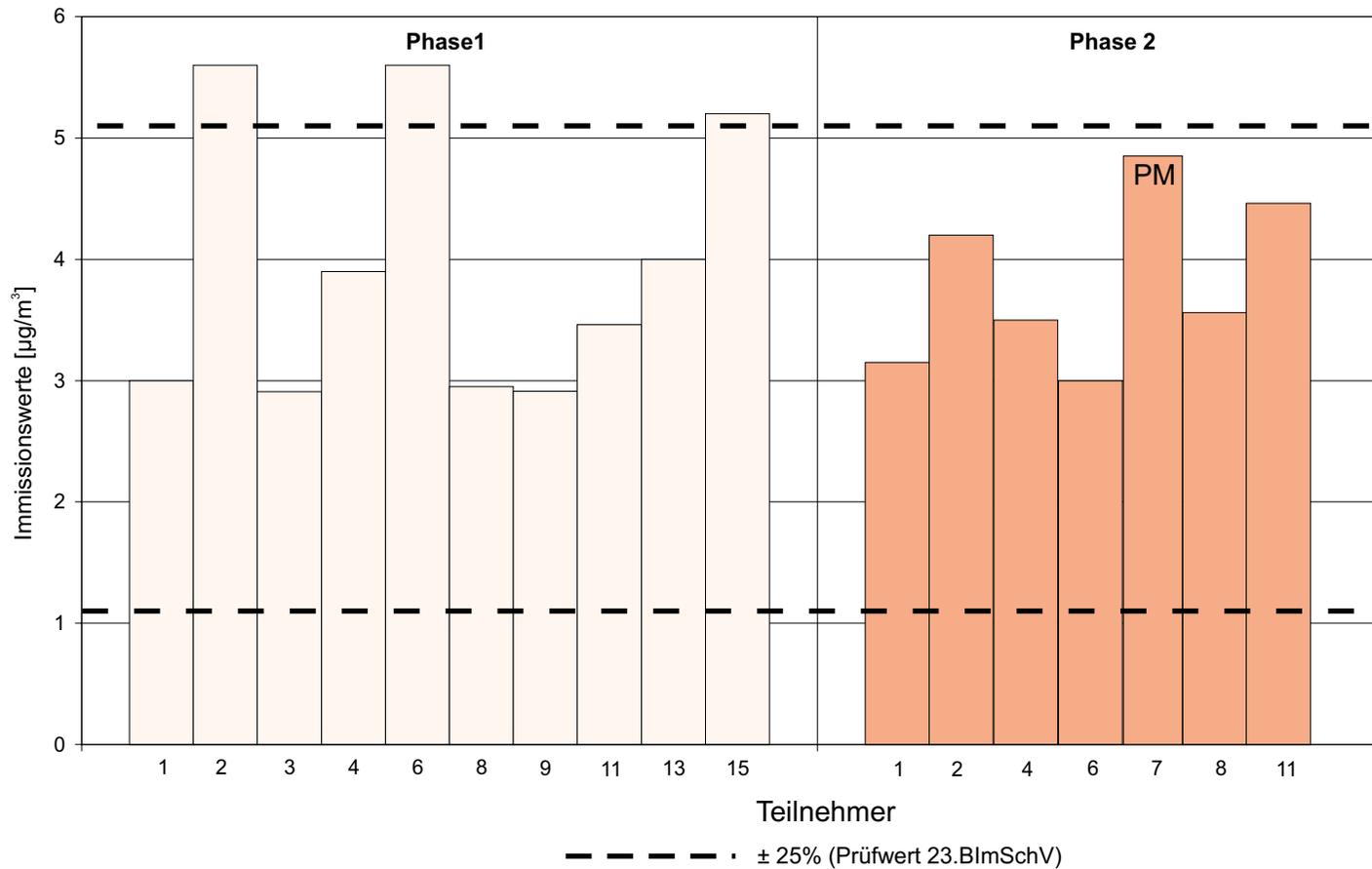


Abb. 7.30: Vergleich der berechneten Jahresmittelwerte für Ruß mit den Messungen am Aufpunkt 1.  
 Dargestellt sind Streubänder ( $\pm 25\%$  des Prüfwertes 23.BImSchV) um die Meßwerte aus Tab. 7.3

Für den Schadstoff  $\text{NO}_x$  wurden sowohl der Jahresmittelwert als auch der 98-Perzentilwert berechnet. Beim Jahresmittelwert lagen alle prognostizierten Werte der Phase 2 über den gemessenen Werten, im Mittel betrug die Abweichung ca. 21 % (vgl. **Abb. 7.31**). Bei den berechneten 98-Perzentilwerten in Phase 2 lag ein Teilnehmer ca. 12 % unterhalb der gemessenen Werte, die anderen lagen darüber, im Mittel betrug die Abweichung 45 % (siehe **Abb. 7.32**).

Wesentlich kleiner sind erwartungsgemäß die Abweichungen bei  $\text{NO}_2$  ausgefallen. Hier wurden die Jahresmittelwerte eher unterschätzt, im Mittel um ca. 1 % (siehe **Abb. 7.33**). Die 98-Perzentilwerte wurden verglichen mit dem gemessenen Wert etwas höher vorhergesagt, das Mittel der Teilnehmer lag bei einer Überschätzung von ca. 10 % in Phase 2 (siehe **Abb. 7.34**). Auf Grund der Konversion sind die Abweichungen bei  $\text{NO}_2$  kleiner gegenüber  $\text{NO}_x$ .

Der Vergleich der prognostizierten Ergebnisse mit den Messwerten vor Ort lieferte für die einzelnen betrachteten Schadstoffe unterschiedliche Ergebnisse. So lagen bei Benzol alle Teilnehmer die für diesen Schadstoff Werte lieferten in einem Band von  $\pm 20$  % um den Messwert. Bei Ruß war diese Streubreite wesentlich größer, hier lagen ca. 50 % der Teilnehmer im Band  $\pm 20$  %, wobei die Rußwerte durch die Modelle überschätzt wurden. Für den Schadstoff  $\text{NO}_x$  lagen ca. 60 % der Teilnehmer im Band  $\pm 20$  % des gemessenen Jahresmittelwertes, die anderen Teilnehmer überschätzten den Messwert. Den 98-Perzentilwert von  $\text{NO}_x$  überschätzten 67 %, 33 % lagen im Band  $\pm 20$  %. Wesentlich besser getroffen wurde dahingegen der Jahresmittelwert  $\text{NO}_2$ , hier lagen nahezu 90 % der Teilnehmer in einem engen Band von  $\pm 10$  % um den Messwert, 86 % der Teilnehmer trafen den 98-Perzentilwert  $\text{NO}_2$  in einem Band von  $\pm 20$  %.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die gelieferten statistischen Jahreskennwerte in Form der Jahresmittelwerte und 98-Perzentilwerte die Messwerte in einem bestimmten Vertrauensband gut trafen, wobei die Bandbreite schadstoffabhängig ist. Hier ist sicher auch die schadstoffabhängige Messgenauigkeit von Bedeutung. Die Ergebnisse der Phase 1 haben gezeigt, dass bei Eingangsdaten unzureichender Güte und Aktualität die Ergebnisse der einzelnen Teilnehmer sehr stark streuen und mit Blick auf die angestrebte Qualitätssicherung derartige Resultate verworfen werden sollten.

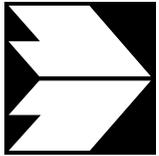
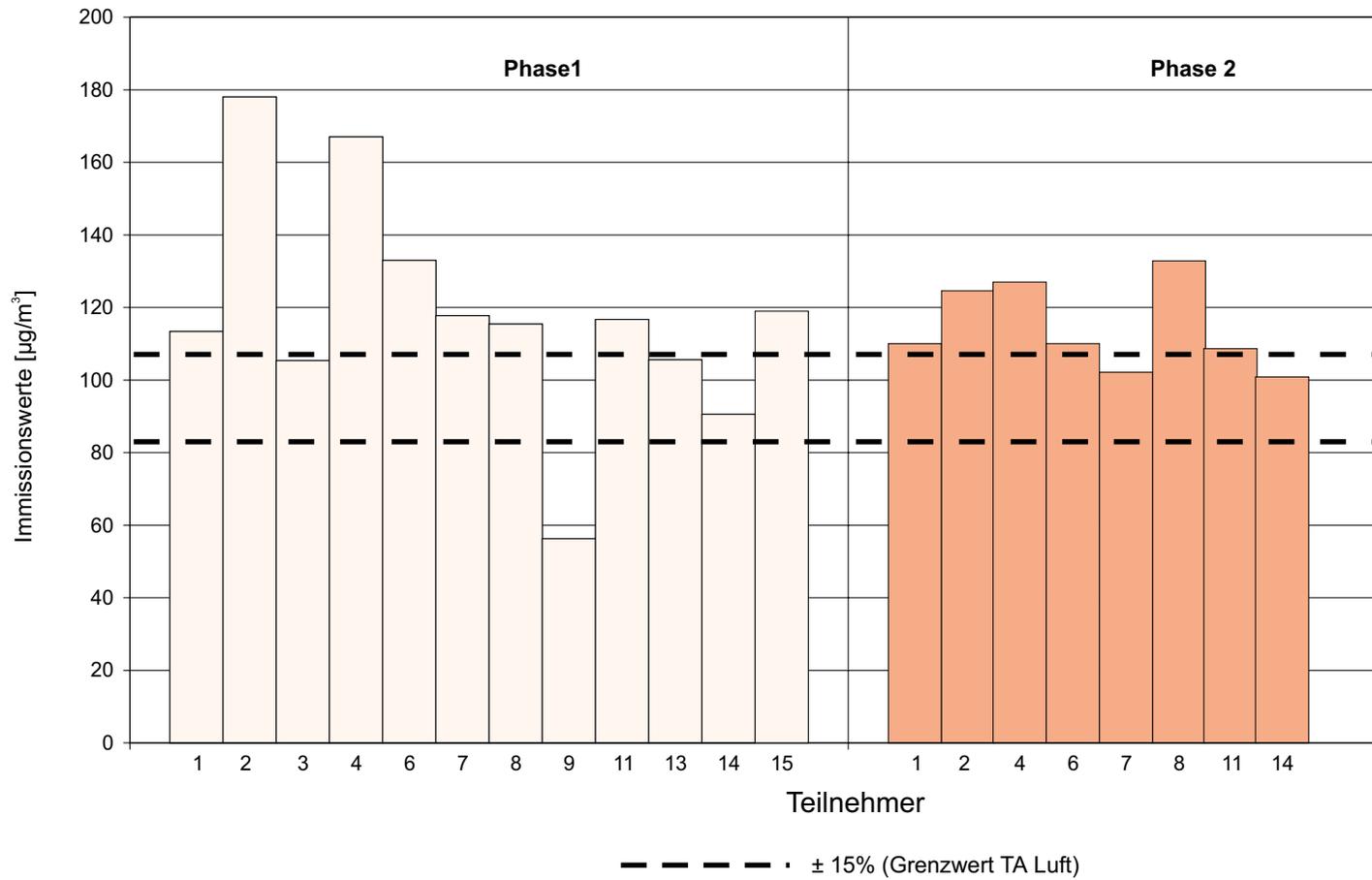


Abb. 7.31: Vergleich der berechneten Jahresmittelwerte für NO<sub>x</sub> mit den Messungen am Aufpunkt 1.  
 Dargestellt sind Streubänder (± 15% des Grenzwertes TA Luft) um die Meßwerte aus Tab. 7.3

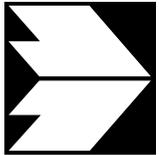
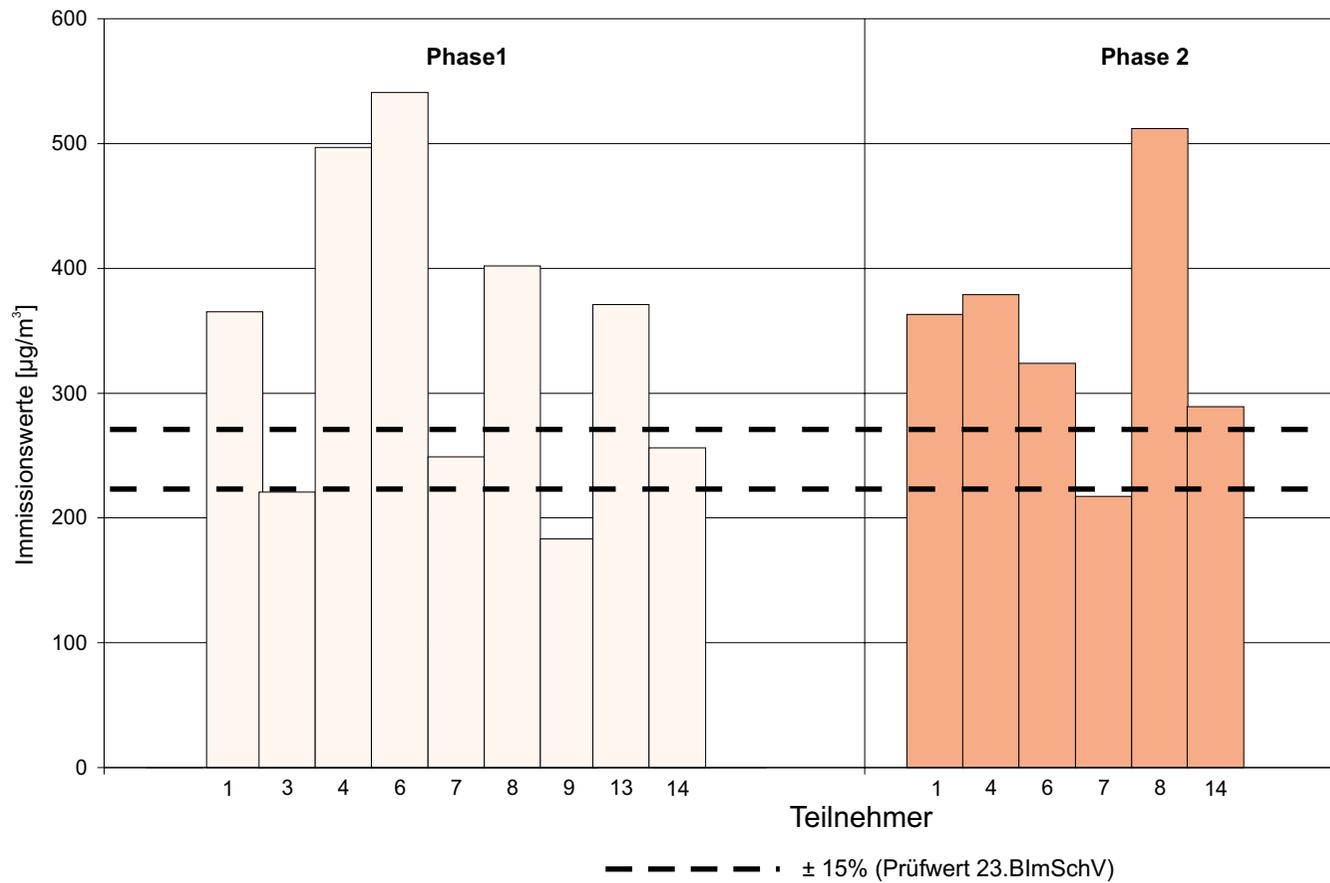


Abb. 7.32: Vergleich der berechneten 98-Perzentilwerte für NO<sub>x</sub> mit den Messungen am Aufpunkt 1.  
 Dargestellt sind Streubänder (± 15% des Prüfwertes 23.BImSchV) um die Meßwerte aus Tab. 7.3

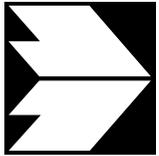
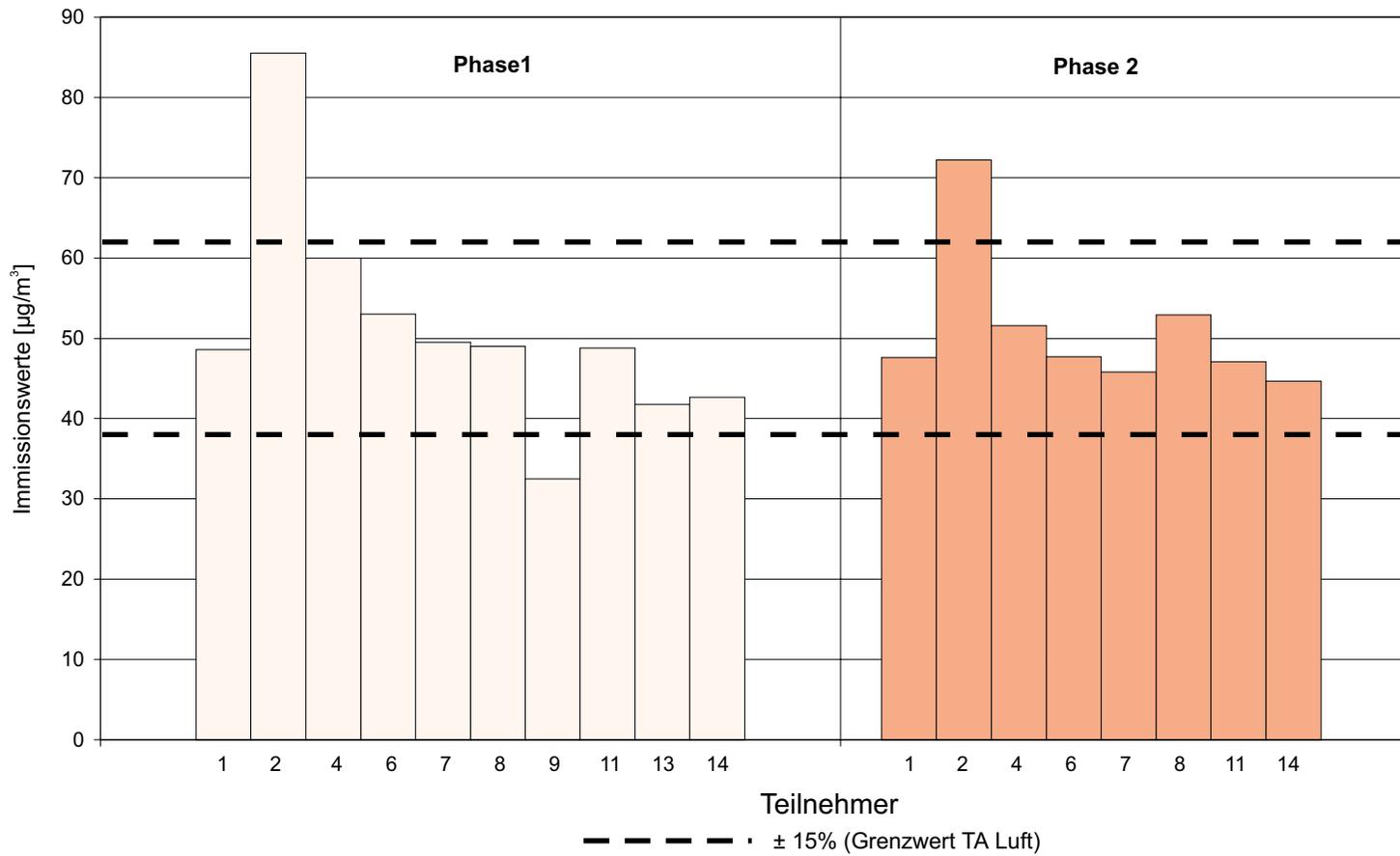


Abb. 7.33: Vergleich der berechneten Jahresmittelwerte für NO<sub>2</sub> mit den Messungen am Aufpunkt 1.  
Dargestellt sind Streubänder (± 15% des Grenzwertes TA Luft) um die Meßwerte aus Tab. 7.3

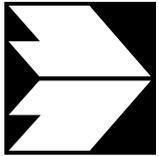
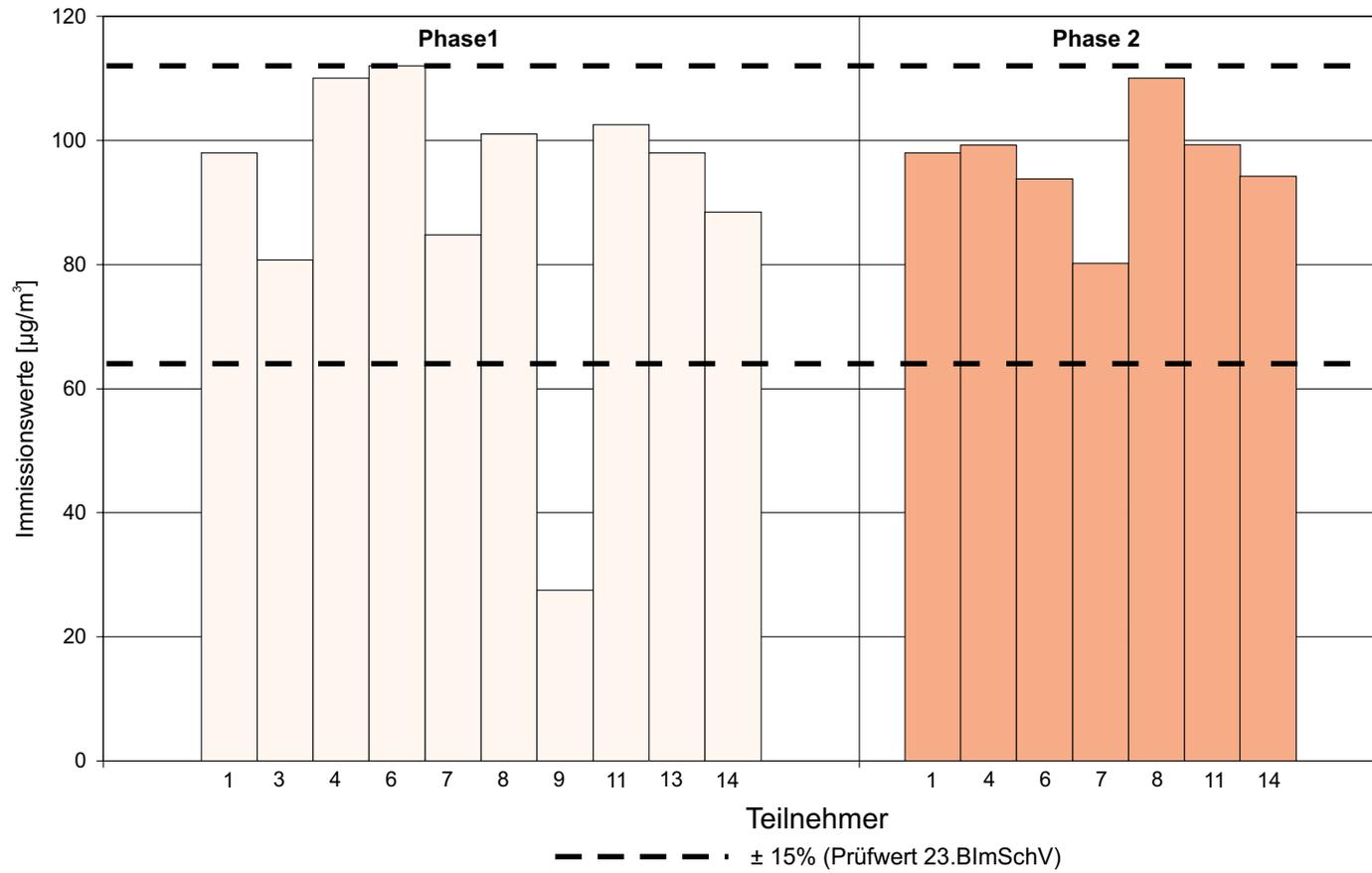


Abb. 7.34: Vergleich der berechneten 98-Perzentilwerte für  $\text{NO}_2$  mit den Messungen am Aufpunkt 1.  
 Dargestellt sind Streubänder ( $\pm 15\%$  des Prüfwertes 23.BImSchV) um die Meßwerte aus Tab. 7.3

## 7.4 Ergebnisse der EU-Teilnehmer

### 7.4.1 Vorbemerkung

Im Rahmen des vorliegenden Projekts wurde erstmalig der Versuch unternommen, einen derartigen Vergleich von prognostizierten Immissionswerten auch auf EU-Ebene durchzuführen. Hier bot sich als Plattform das europäische Netzwerkprogramm TRAPOS (Optimization of Modelling Methods for **T**raffic **P**ollution in **S**treets) an. Bei diesem Netzwerkprogramm wird die Mobilität und das Training von jungen Wissenschaftlern gefordert mit der Möglichkeit eines intensiven Informationsaustauschs innerhalb der EU-Mitgliedsländer. Es finden regelmäßige Treffen der Teilnehmer statt und somit bot sich hier ein ideales Umfeld.

Aus organisatorischen Gründen wurde dieser Vergleich vom nationalen Vergleich abgekoppelt. Für die beiden angesetzten Workshops (nach Abschluss der Phasen 1 und 2) sollten im Sinne begrenzter Reisekostenbudgets für die EU-Teilnehmer Termine im Zusammenhang mit internationalen Konferenzen gewählt werden. Da in Deutschland im vorliegenden Zeitrahmen keine internationalen Konferenzen stattfanden, waren dies Orte im Ausland. So wurden die Ergebnisse der Phase 1 im Oktober 1999 während eines speziell dafür eingerichteten Workshops während der internationalen Tagung "Sixth International Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion - Modelling für Regulatory Purposes" in Rouen in Frankreich vorgestellt.

Der Verlauf des EU-Vergleichs war analog zu der Vorgehensweise in Deutschland. Die Informationsseiten der deutschen Ausschreibung wurden in englischer Sprache aufbereitet und ebenfalls im Internet zur Verfügung gestellt. Dadurch ergab sich ein Zeitversatz, der zusammen mit den Schwierigkeiten ausländischer Teilnehmer z.B. bei der Emissionsmodellierung deutscher Verhältnisse und wegen der Notwendigkeit, nur in englisch zu kommunizieren, ebenfalls für eine Entkopplung des nationalen und EU-Vergleichs sprach. Hinzu kam, dass von seiten der EU-Teilnehmer größte Bedenken bezüglich der Veröffentlichung ihrer Ergebnisse geäußert wurden und für den vorliegenden Bericht nur eine beschränkte Freigabe in Form der nachfolgend aufgeführten Ergebnisse erreicht werden konnte.

### 7.4.2 Teilnehmer am Vergleich und eingesetzte Modelle

Analog dem nationalen Ablauf verlief um zwei bis drei Monate zeitversetzt auf EU-Ebene die Vergleichsrechnung. Daran haben zusätzlich 9 Teilnehmer mit 5 unterschiedlichen Emissions- und 8 unterschiedlichen Ausbreitungsmodellen teilgenommen. Vier Teilnehmer sind namentlich in **Tab. 7.4** aufgeführt. Fünf Teilnehmer haben einer Veröffentlichung ihres Namens bisher nicht zugestimmt. Das dänische Institut NERI beteiligte sich bereits am deutschsprachigen Vergleich, ist der Vollständigkeit halber hier aber nochmals mit aufgeführt. Die eingesetzten Emissionsmodelle sind in **Tab. 7.5**, die Ausbreitungsmodelle in **Tab. 7.6** aufgelistet. Die auf EU-Ebene gelieferten Ergebnisse sind verglichen mit den nationalen Werten wesentlich lückenhafter, d.h. nicht alle Schadstoffe die in Deutschland betrachtet werden sind von ähnlicher Bedeutung in anderen Ländern.

Teilnehmer	Land
Nation. Environmental Research Institute (NERI)	Dänemark
Demokritos	Griechenland
University Thessaloniki	Griechenland
Romanian Auto Register	Rumänien

Tab. 7.4: Liste der Teilnehmer am internationalen Ringvergleich Podbielskistraße, 5 Teilnehmer stimmten einer Veröffentlichung ihres Namens bisher nicht zu

EMISSIONSMODELLIERUNG	
Anzahl	Modell / Methode
1	TRAF 3.0 on basis of Corinair - Copert 90
1	UK emission factors

Tab. 7.5: Liste der beteiligten Emissionsmodelle, der Nennung von 2 weiteren Modellen wurde nicht zugestimmt

<b>AUSBREITUNGSMODELLIERUNG</b>	
<b>Anzahl</b>	<b>Modell / Methode</b>
1	CPB-3
1	MIMO
1	MISKAM
1	ADREA - HF
1	OSPM

Tab. 7.6: Liste der beteiligten Ausbreitungsmodelle, der Nennung von 5 weiteren eingesetzten Ausbreitungsmodellen wurde nicht zugestimmt

### 7.4.3 Ergebnisse

Für die Berechnungen standen die gleichen Eingangsdaten und Eingangsinformationen wie für den nationalen Vergleich zur Verfügung. Dies führte dazu, dass bei den meteorologischen Größen sowie bei den für die Vorbelastung angesetzten Konzentrationswerten die Bereiche denen des nationalen Vergleichs sehr ähnlich waren.

Der DTV-Wert wurde nur von drei Teilnehmern angegeben. Er lag in der ersten Phase zwischen ca. 18 000 KFZ/Tag und ca. 24 500 KFZ/Tag, in der zweiten Phase hat nur noch ein Teilnehmer den Wert angegeben mit 16 000 KFZ/Tag. Besonders schwierig gestaltete sich für die EU-Teilnehmer offensichtlich die Emissionsbestimmung. Die angesetzten Emissionsfaktoren für Pkw und den Schadstoff Benzol lieferten Unterschiede um den Faktor 5 zwischen dem niedrigsten und dem höchsten Wert, wobei die Werte deutlich höher als die nationalen lagen. Für Ruß wurden nur von drei Teilnehmern Emissionsfaktoren angegeben, auch hier waren große Unterschiede zu verzeichnen. Für NO<sub>x</sub> lieferten die meisten EU-Teilnehmer Emissionsfaktoren, die Werte lagen auch hier deutlich über den im nationalen Vergleich angesetzten Werten.

Dies schlägt sich entsprechend auch in den Emissionsdichten nieder. Für alle betrachteten Schadstoffe liegen die Emissionsdichten in beiden Phasen deutlich über den nationalen Werten.

Die Streubreiten bei dem reinen Ausbreitungspart in Form der dimensionslosen Konzentration  $c^*$  sind größtenteils ähnlich denen des nationalen Vergleichs, auffallend ist, dass

mehrere Teilnehmer extrem niedrige  $c^*$ -Werte über den gesamten Anströmungsbereich ermittelt haben. Die Ergebnisse für den Aufpunkt 1 sind in **Abb. 7.35** dargestellt.

Obgleich der teilweise großen Abweichungen bei der Emissionsbestimmung und den  $c^*$ -Werten zwischen den einzelnen EU-Teilnehmern und im Vergleich zu den Ergebnissen des nationalen Vergleichs sind die Streubreiten bei den berechneten Jahresmittelwerten der Konzentrationen eher geringer.

Die prognostizierten Immissionswerte für Benzol sind in **Abb. 7.36** gezeigt. Die berechneten Werte liegen im Bereich zwischen ca.  $4.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und ca.  $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , wobei ein Teilnehmer mit ca.  $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$  deutlich außerhalb dieses Bereiches liegt.

Für Ruß wurden nur von wenigen Teilnehmern Ergebnisse geliefert. Ruß ist einer der relevanten Schadstoffe in Deutschland, auf EU-Ebene ist Ruß von untergeordneter Bedeutung. Als alternative Größe wird dort eher PM10 betrachtet. Die für Ruß berechneten Werte lagen zwischen  $3.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (siehe **Abb. 7.36**) und liegen somit verglichen mit den Messwerten im oberen Bereich, auch im Vergleich zu den nationalen Ergebnissen.

Die berechneten  $\text{NO}_x$ -Werte sind denen aus dem nationalen Vergleich ähnlich mit Tendenz eher leicht niedriger zu sein. Die gelieferten und in **Abb. 7.37** gezeigten Ergebnisse schwanken zwischen ca.  $53 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und  $155 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Die in **Abb. 7.37** dargestellten  $\text{NO}_x$  98-Perzentilwerte liegen im Mittel niedriger als bei dem nationalen Vergleich und kommen somit den Messwerten näher.

Für  $\text{NO}_2$  wurden nur von wenigen Teilnehmern Ergebnisse geliefert, wobei zwei Teilnehmer deutlich über den nationalen Werten lagen (siehe **Abb. 7.38**). Hier ist besonderes Augenmerk auf die berücksichtigten Konversionsraten zu legen. Auch für die 98-Perzentilwerte von  $\text{NO}_2$  liegen nur wenige Ergebnisse vor, wobei ein Teilnehmer sich durch sehr hohe Immissionswerte deutlich abhebt (vgl. **Abb. 7.38**).

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Ergebnisse des EU-Vergleichs teils mit denen des nationalen Vergleichs ähnlich sind, dass aber teils auch große Abweichungen vorhanden sind. Leider sind die Ergebnisse sehr lückenhaft, d.h. einige Teilnehmer haben nur die  $c^*$ -Werte bestimmt und keine Immissionswerte berechnet, andere haben nur ausgewählte Schadstoffe betrachtet. Mit Blick auf eine EU weite Harmonisierung der Erstellung von Immissionsprognosen gibt es viele offene Fragen und Abstimmungsbedarf.

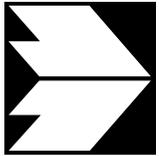
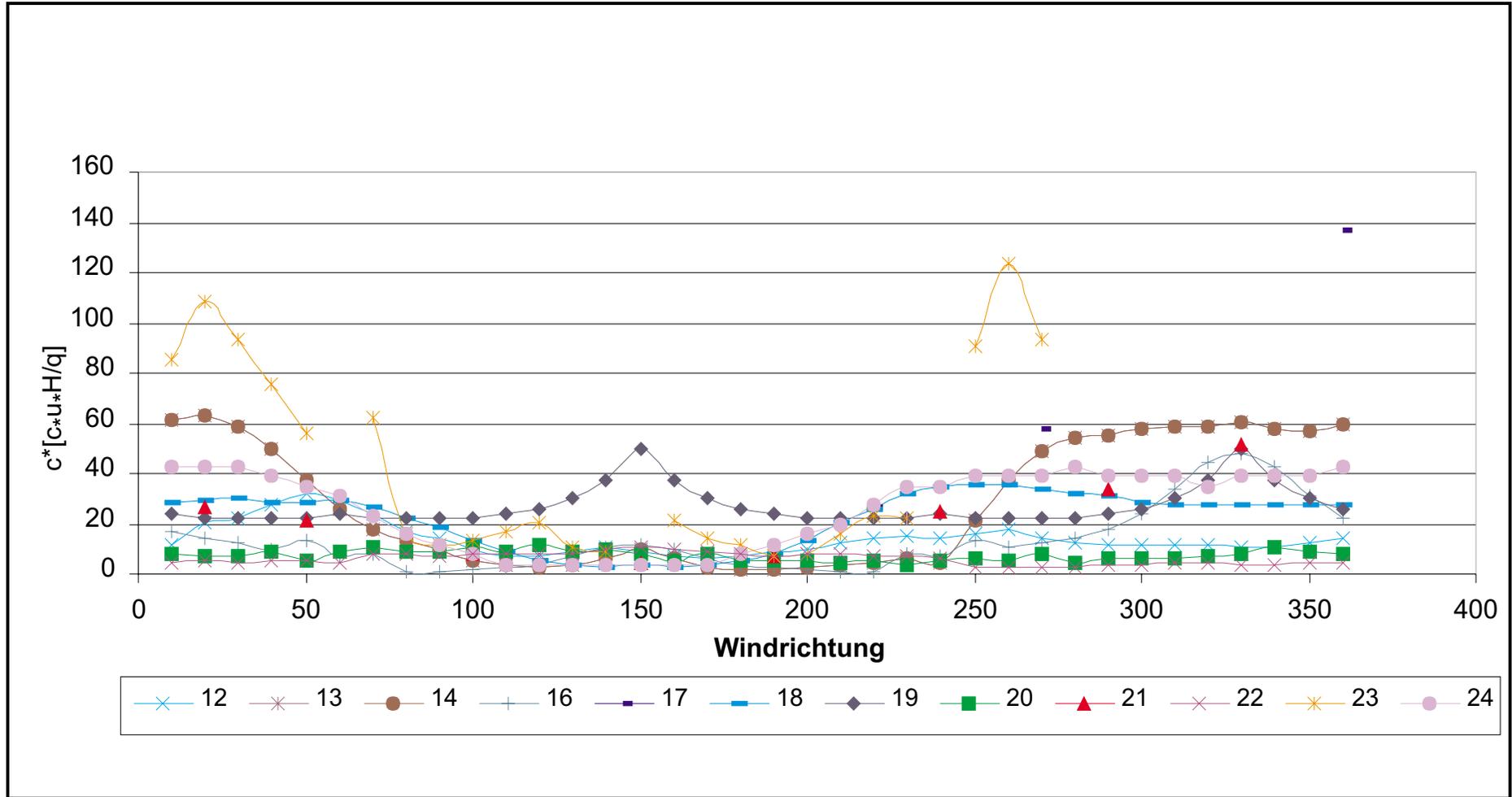


Abb. 7.35:  $c^*$ -Werte der europäischen Teilnehmer für Aufpunkt 1 - Phase 1

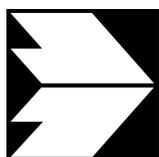
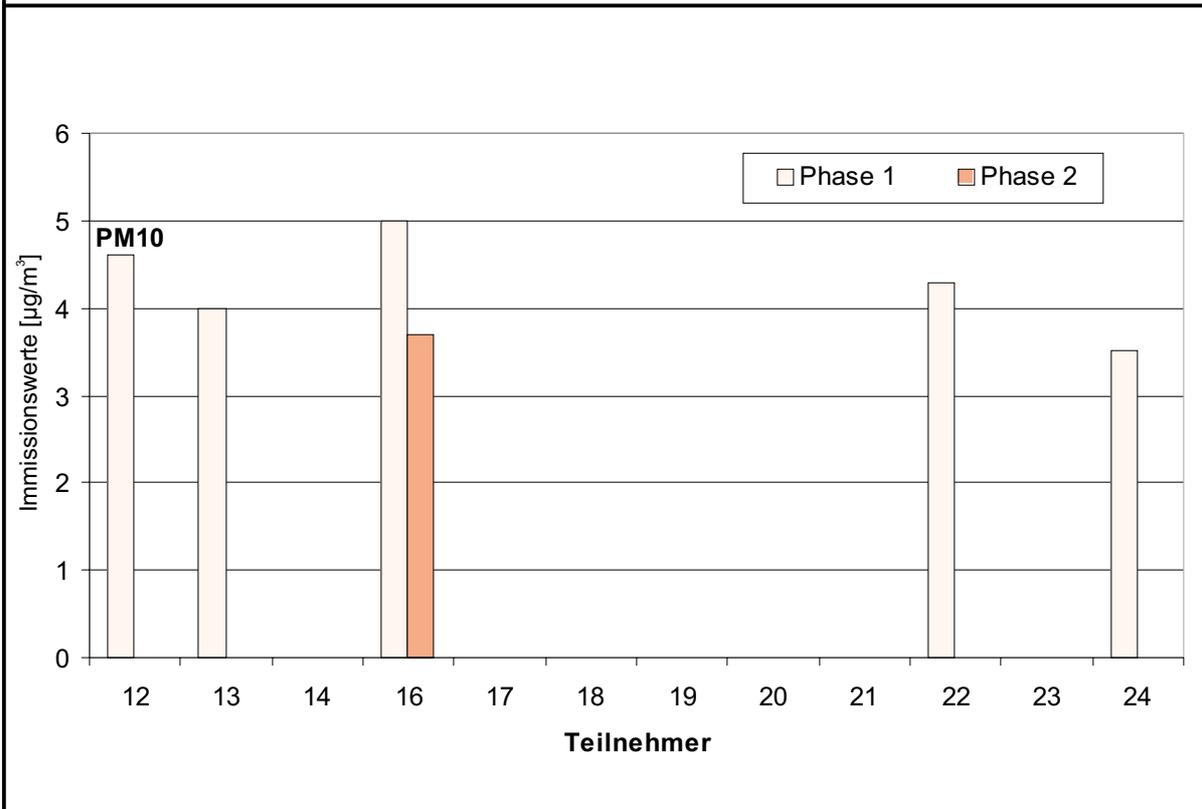
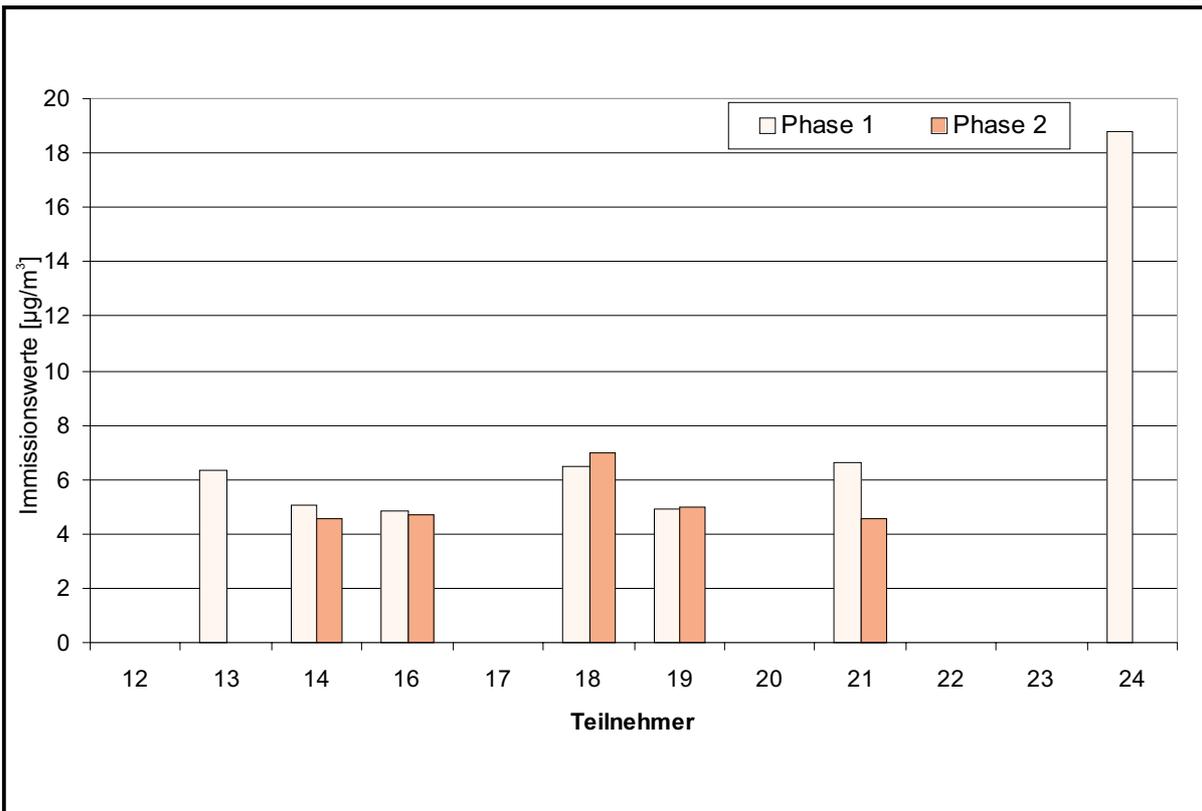


Abb. 7.36: Berechnete Jahresmittelwerte am Aufpunkt 1 für beide Untersuchungsphasen  
oben: Benzol, unten: Ruß

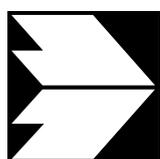
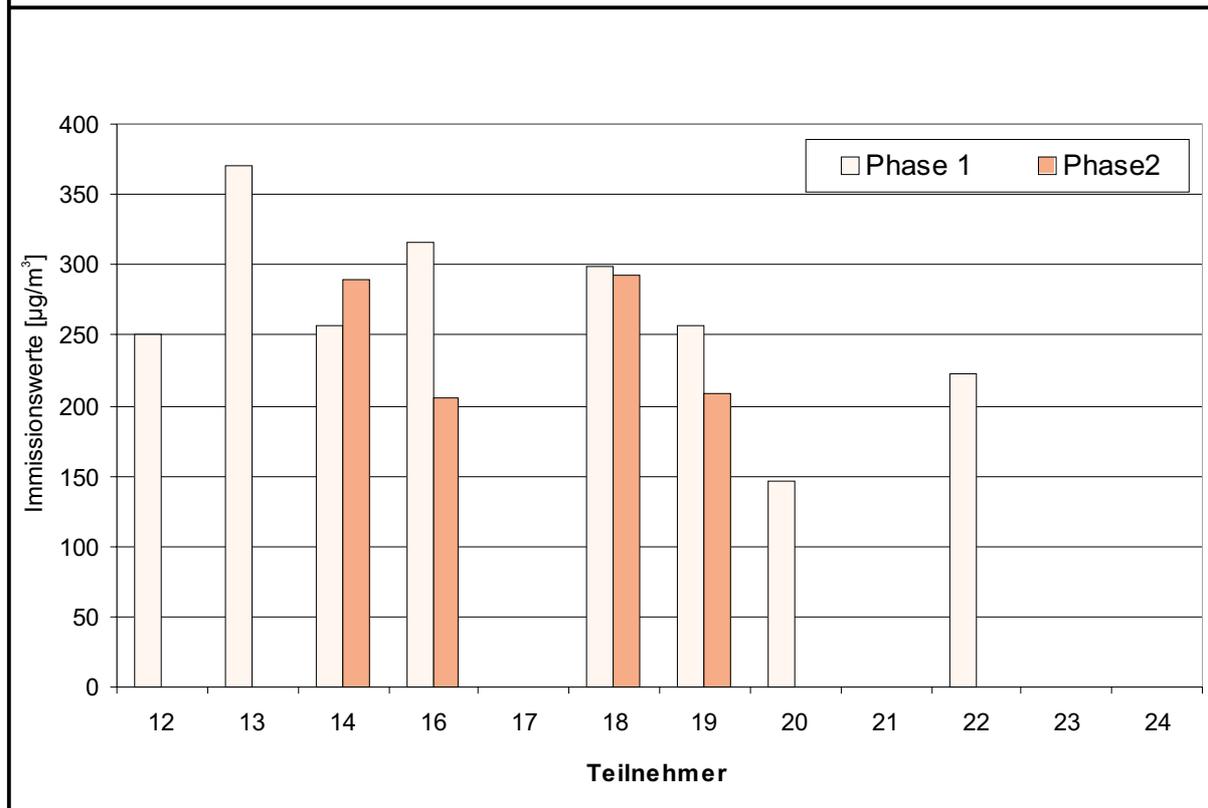


Abb. 7.37: Berechnete Jahresmittelwerte (oben) und 98-Perzentilwerte (unten) für NO<sub>x</sub> am Aufpunkt 1 für beide Untersuchungsphasen

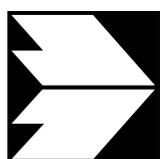
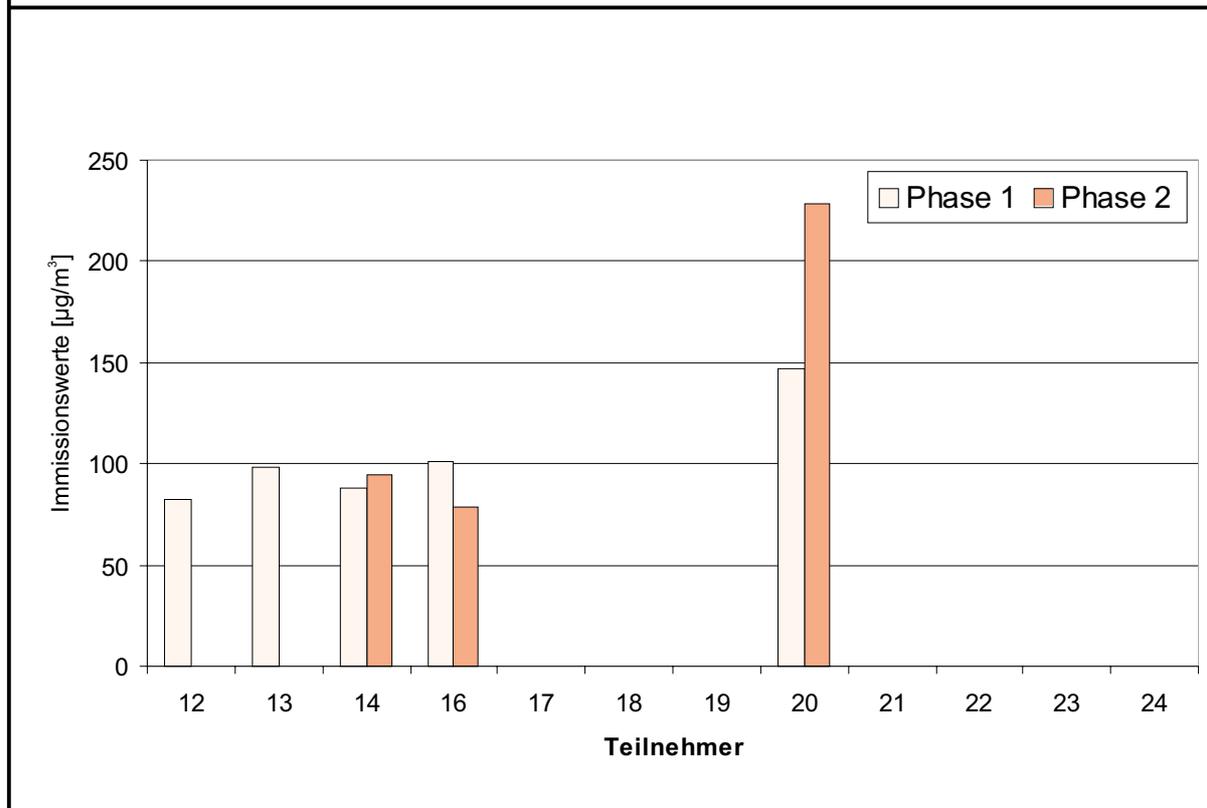
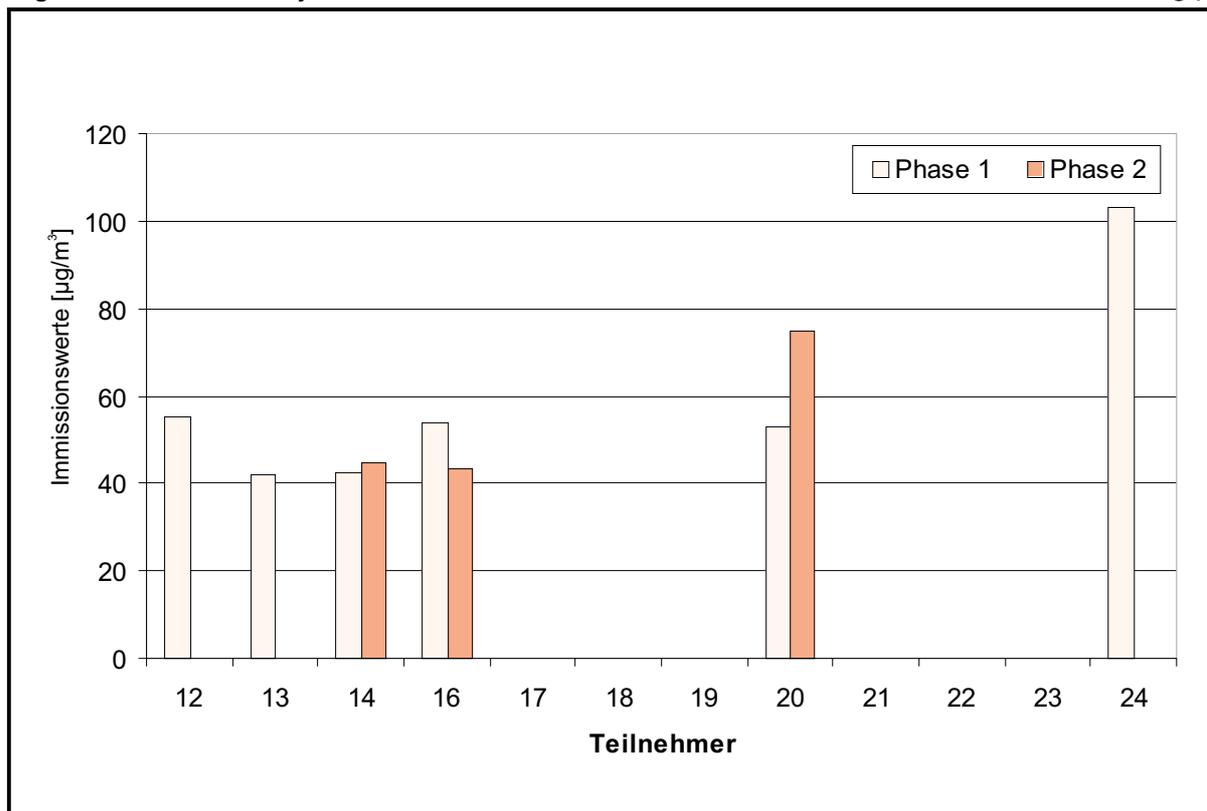


Abb. 7.38: Berechnete Jahresmittelwerte (oben) und 98-Perzentilwerte (unten) für NO<sub>2</sub> am Aufpunkt 1 für beide Untersuchungsphasen

Dies betrifft insbesondere die Eingangsdaten und den gesamten Block der Emissionsmodellierung, aber auch bzgl. der reinen Ausbreitungsmodellierung in Form der  $c^*$ -Werte ist ebenfalls Abstimmungsbedarf, wobei dies bei verschiedensten EU-Konferenzen thematisiert wurde.

Es wurden im Rahmen des vorliegenden Projekts viele organisatorische und fachliche Erfahrungen im Zusammenhang mit derartigen Vergleichen gesammelt, die in zukünftige Arbeiten einfließen können.

## 7.5 Resümee

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die gelieferten statistischen Jahreskennwerte in Form der Jahresmittelwerte und 98-Perzentilwerte die Messwerte in einem bestimmten Vertrauensband gut trafen, wobei die Bandbreite schadstoffabhängig ist. Hier ist sicher auch die schadstoffabhängige Messgenauigkeit von Bedeutung. Die Ergebnisse der Phase 1 haben gezeigt, dass bei Eingangsdaten unzureichender Güte und Aktualität die Ergebnisse der einzelnen Teilnehmer sehr stark streuen und mit Blick auf die angestrebte Qualitätssicherung derartige Resultate verworfen werden sollten. Eine deutliche bessere Übereinstimmung ergab sich in Phase 2 nach der Erhebung deutlich besserer Eingangsdaten.

Die hier vorgestellten Untersuchungen in Form von "Ringrechnungen" in Analogie zu den Ringversuchen in der Messtechnik sind weiterhin dringend notwendig. Es können die Erfahrungen vonseiten der Messtechnik noch in stärkerem Maße einfließen. Im Sinne der notwendigen Qualitätssicherung und der erforderlichen Vergleichbarkeit von prognostizierten Werten unterschiedlicher Bearbeiter ist dies gerade bei aufwendigeren Modellen notwendig. Die konkrete Umsetzung bedarf sicherlich noch weiterer detaillierter Entwicklungen. Die Teilnehmer und die beteiligten Landesämter und Ministerien äußerten sich sehr positiv zu dem Projekt.

## 8 LITERATUR

- FLASSAK, TH., W. BÄCHLIN, R. BÖSINGER, R. BLAZEK, G. SCHÄDLER, A. LOHMEYER (1996): Einfluß der Eingangsparameter auf berechnete Immissionswerte für KFZ-Abgase - Sensitivitätsanalyse. In: FZKA PEF-Bericht 150, Forschungszentrum Karlsruhe. (<http://bwplus.fzk.de>)
- FRANTZ, H. (2000): Erzeugung eines Naturdatensatzes zur Validierung hindernisauflösender mikroskaliger Modelle für städtische Anwendungen. Diplomarbeit im Fachbereich für Geowissenschaften der Universität Hamburg.
- NLÖ (2000): Jahresbericht 1999 des Lufthygienischen Überwachungssystems Niedersachsen. Hrsg. Niedersächsisches Landesamt für Ökologie (NLÖ), ISSN 0940-1776.
- 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 Gemeinschaft vom 29.06.1999, Nr. L 163/41 ff.
- RÖCKLE, R., C.J. RICHTER (1995): Ermittlung des Strömungs- und Konzentrationsfeldes im Nahfeld typischer Gebäudekonfigurationen - Modellrechnungen -. Abschlußbericht PEF 92/007/02, Forschungszentrum Karlsruhe. (<http://bwplus.fzk.de>)
- ROUEN (1999): Sixth International Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion - Modelling für Regulatory Purposes. Organised by Coria - UMR 6614, CNRS - Université & Insa de Rouen, France, 11-14 October 1999. (<http://www.coria.fr>)
- SCHÄDLER, G., W. BÄCHLIN, A. LOHMEYER, T. VAN WEES (1996): Vergleich und Bewertung derzeit verfügbarer mikroskaliger Strömungs- und Ausbreitungsmodelle. In: Berichte Umweltforschung Baden-Württemberg (FZKA-PEF 138).  
<http://bwplus.fzk.de>
- SCHÄDLER, G., W. BÄCHLIN, A. LOHMEYER (1999): Immissionsprognosen mit mikroskaligen Modellen - Vergleich von berechneten und gemessenen Größen. Förderkennzeichen PEF 2 96 004. FZKA-BWPLUS 14. (<http://bwplus.fzk.de>)

## **ANHANG A**

### **INTERNETDARSTELLUNG UND VORGABE FÜR ERGEBNISDATEI**

Auf den folgenden Seiten ist ein Ausdruck der Darstellung des Projektes im Internet zu finden. Links zu externen Internetadressen sind hier nicht aufgeführt. ZIP-Archive können nicht heruntergeladen werden.

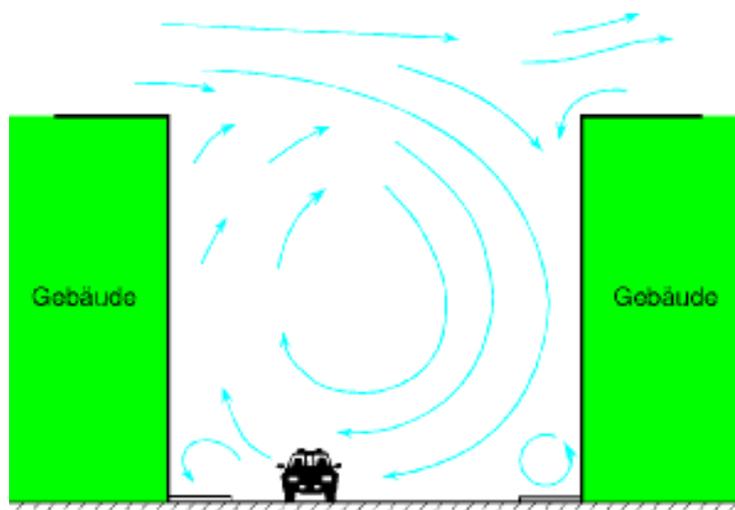
Diese sowie die vollständige Darstellung im Internet finden Sie unter:

<http://www.lohmeyer.de/modellvergleich>



- [BWPLUS-HOME](#)
- [AKTUELLES \(20.06.2000\)](#)
- [ZIEL](#)
- [RAHMEN-BEDINGUNGEN](#)
- [ZEITPLAN](#)
- [EINGANGS-DATEN](#)
- [ERGEBNIS-DARSTELLUNG](#)

# VERGLEICH VON BERECHNETEN IMMISSIONSWERTEN INNERHALB EINES BEIDSEITIG BEBAUTEN STRASSENQUERSCHNITTS



Veranstalter: BWPLUS -  
Förderprojekt  
"Lebensgrundlage Umwelt  
und ihre Sicherung"  
Forschungszentrum  
Karlsruhe

Anzahl der Zugriffe auf diese Seite:

468

# AKTUELLES

Während der Bearbeitung des Projektes kann es ergänzende Informationen aufgrund von Fragen und Anregungen von Teilnehmern oder neuerer Erkenntnisse geben, die aus heutiger Sicht noch nicht absehbar sind. Die Anregungen und Hinweise von Allgemeininteresse möchten wir an Sie weitergeben. Dies erfolgt über die vorliegende Seite "AKTUELLES". Sie finden hier unter dem jeweiligen Datum die neuesten Infos.

Datum	Mitteilung
20.06.2000	Danke an alle Teilnehmer der 2. Phase. Die Auswertung ist durchgeführt und die Ergebnisse wurden an die Teilnehmer verschickt. Der 2. Workshop findet am 5. Juli 2000 statt.
18.02.2000	Es liegen nun die Windgeschwindigkeits- und Windrichtungsmeßdaten für das komplette Jahr 1999 ( <a href="#">Met99_gesamt.zip</a> ) sowie die <a href="#">Jahreskonzentrationsmeßwerte</a> vor. Diese ergänzenden Daten sind unter <a href="#">Eingangsdaten</a> angelegt.  Der Abgabetermin verlängert sich bis zum 10. März 2000.
17.12.1999	Beim Workshop Ende September 1999 wurden detailliertere (aktuelle) Eingangsdaten für das Jahr 1999 aus der Podbielskistraße und der Referenzstation HRSW in der Göttinger Straße angekündigt. Diese Daten liegen jetzt vor und sind auf der Seite <a href="#">Eingangsdaten</a> abgelegt. Sie beinhalten aktuelle Verkehrszählungen in der Podbielskistraße, Konzentrationsmeßwerte sowie Windgeschwindigkeits- und Windrichtungsmeßdaten der Station HRSW. Entgegen unserer Zeitplanung beim Workshop wird der Abgabetermin für die zweite Bearbeitungsphase von Mitte Dezember auf den 28.2.2000 verschoben.
21.6.1999	Wir möchten uns bei allen Teilnehmern für die Mitarbeit und die gute Resonanz bedanken. Es haben sich insgesamt 14 Institutionen beteiligt. Dabei wurden unterschiedliche numerische Modelle sowie 3 Windkanäle eingesetzt. Die Teilnehmer erhalten von BWPLUS die Eingangsbestätigung sowie eine Terminabsprache für den geplanten Workshop. Die Auswertung der Ergebnisse läuft, weitere Informationen finden Sie zukünftig auf dieser Seite."
21.5.1999	Auf Wunsch mehrerer Teilnehmer wird in Absprache mit BWPLUS der <b>Abgabetermin</b> für die teilnehmenden Institutionen vom 31.5.1999 <b>auf den 11.6.1999 verschoben</b> . Alle bis zu diesem Termin bei Dr. Filby, BWPLUS, eingereichten Ergebnisse werden bei der Auswertung berücksichtigt. Eine weitere Terminverschiebung ist aus organisatorischen Gründen nicht möglich. Sollten Sie Ihre Ergebnisse schon eingereicht haben und diese überarbeiten wollen, so nehmen Sie bitte mit Dr. Filby (Tel. 07247/825193) direkt Kontakt auf.

20.5.1999	Da sich Mitglieder aus EU-Staaten und aus dem EU-Netzwerk <a href="#">TRAPOS</a> an dem Vergleich beteiligen möchten, steht ab sofort auch eine <a href="#">englische Version</a> des Textes im Internet.
18.5.1999	In der Excel-Datei Ergebnis.xls (siehe Archiv <a href="#">Ergebnis.zip</a> ) sind bis jetzt keine Eingabefelder vorhanden, in die man das <b>durchschnittliche tägliche Verkehrsaufkommen (DTV)</b> eintragen kann. Wir bitten Sie daher, auf einem separaten Blatt oder in einer separaten Datei die DTV-Werte für die A-, B- und C-Straße zu notieren und zusammen mit der Excel-Datei Ergebnis.xls an BWPLUS zu senden.
27.4.1999	In der Excel-Datei Ergebnis.xls (siehe Archiv <a href="#">Ergebnis.zip</a> ) ist im Arbeitsblatt "Ausbreitungsmodellierung" eine Größe nicht eindeutig definiert. Und zwar in der Gleichung, die die dimensionslose Konzentration $c^*$ definiert ( $c^* = c \cdot u \cdot H / q$ , Zeile 169). <b>In dieser Gleichung ist für H der Wert 25 m einzusetzen.</b>
27.4.1999	Von einem Teilnehmer ist uns berichtet worden, daß die meteorologischen Daten im Archiv <a href="#">Met.zip</a> für die Jahre 1996 und 1997 ein <b>anderes Dezimaltrennzeichen</b> verwenden (und zwar ein Komma) als in den anderen Jahren (hier Punkt). Dies führte bei ihm zu Problemen bei der Verarbeitung der Daten. Wir bitten dies bei Ihren Auswertungen zu berücksichtigen.
25.3.1999	<p><b>Bitte die <a href="#">Ergebnisse</a> (d.h. die Excel-Datei) <b>nicht</b> an das Ingenieurbüro Lohmeyer sondern direkt an BWPLUS senden! Dort werden Ihre Ergebnisdateien anonymisiert und dann so an das Ingenieurbüro Lohmeyer zur zusammenfassenden Darstellung der Ergebnisse weitergeleitet. Die Zustelladresse für dieses Projekt von BWPLUS lautet:</b></p> <p style="padding-left: 40px;"> <b>Dr. W.G. Filby</b>  <b>Forschungszentrum Karlsruhe GmbH</b>  <b>BWPLUS</b>  <b>Postfach 3640</b>  <b>76021 Karlsruhe</b>  <b>Email: <a href="mailto:Gordon.Filby@pef.fzk.de">Gordon.Filby@pef.fzk.de</a></b>  <b>Tel.: 07247/825193</b>  <b>Fax: 07247/823929</b> </p>
22.1.1999	Das Archiv <a href="#">Input.zip</a> wurde neu auf dem Web-Server abgelegt. Grund hierfür war, daß alle drei Lagepläne mit Urheberrechtsvermerken versehen wurden. Wir bitten Sie, sich dieses Archiv neu herunterzuladen und ausschließlich Karten aus diesem Archiv mit den Urheberrechtsvermerken zu verwenden. <b>Die Vervielfältigung der Lagepläne erfolgte ausschließlich für dieses Projekt mit Genehmigung des Stadtvermessungsamtes Hannover vom 18.01.1999. Das Nutzungsrecht ist nicht übertragbar.</b>
20.1.1999	Die gemessenen Luftschadstoffkonzentrationen (auf der Seite <a href="#">Eingangsdaten, Tabelle 4</a> ) sind jetzt auch vorhanden.

19.01.1999	Die Datei Ergebnis.xls im Archiv Ergebnis.zip wurde modifiziert (es wurden alle Bereiche geschützt, die nicht verändert werden sollen). Bitte laden Sie sich nochmals das Archiv <a href="#">Ergebnis.zip</a> herunter und verwenden die im Archiv enthaltene Datei Ergebnis.xls!
13.01.1999	<ul style="list-style-type: none"><li>● Alle ZIP-Archive und die meisten HTML-Seiten aktualisiert.</li><li>● Bis auf die gemessenen Luftschadstoffkonzentrationen (auf der Seite <a href="#">Eingangsdaten, Tabelle 4</a>) sind jetzt die Eingangsdaten komplett.</li></ul>
12.1.1999	<ul style="list-style-type: none"><li>● Geschosshöhe siehe auf Seite <a href="#">Eingangsdaten unter Verschiedenes</a></li><li>● Meteorologiezeitreihe auch für 1998 in MET.zip</li><li>● Excel-Datei Ergebnis.xls für Ergebnisdarstellung modifiziert.</li></ul>
11.1.1999	Die Seiten werden freigegeben. Es fehlen noch Informationen zu den Gebäudehöhen bzw. Geschosshöhen. (Vervollständigung voraussichtlich bis zum 20.1.1999)
23.12.1998	Eine erste Version der Eingangsdaten wird probeweise ins Internet gestellt.

# ZIEL

Für die Berechnung verkehrsbedingter Immissionen innerhalb bebauter Gebiete gibt es unterschiedliche Methoden. Dies gilt für die Ausbreitungsmodellierung ebenso wie für die Bestimmung der Emissionen, die örtlich anzusetzenden meteorologischen Daten und die Vorbelastung. Es sind deshalb gewisse Streubreiten der berechneten Immissionswerte zu erwarten.

Mit dem Entwurf der VDI-Richtlinie 3782 Blatt 8 "Ausbreitung von KFZ-Abgasen" wird eine bestimmte Vorgehensweise ausgeführt. Trotz der ausführlichen Beschreibung dieser Vorgehensweise wird es bei der Bearbeitung von konkreten Projekten durch verschiedene Anwender Abweichungen in der Umsetzung geben, die zu unterschiedlichen Ergebnissen führen.

**Es ist Ziel, die mögliche Bandbreite der Ergebnisse von Immissionsberechnungen bei Vorgabe der gleichen Eingangsdaten aber bei verschiedenen Bearbeitern und/oder unterschiedlichen Vorgehensweisen aufzuzeigen.**

Dazu erfolgt hier der Aufruf, sich an einer "Vergleichsrechnung" zu beteiligen. Teilnehmen können Fachleute für die Erstellung von Immissionsprognosen aus Behörden, Ingenieurbüros und sonstigen Einrichtungen. Jeder Teilnehmer kann seine bevorzugte Vorgehensweise (numerische Modellierung oder Simulation im Windkanal) anwenden, die Bearbeitung nach obigem Richtlinienentwurf braucht nicht eingehalten werden.

Die Organisation und Durchführung des Projektes wird im Rahmen des Förderprojektes "Lebensgrundlage Umwelt und ihre Sicherung" (BWPLUS) am Forschungszentrum Karlsruhe mit Mitteln des Landes Baden-Württemberg gefördert.

Die Durchführung des Projektes erfolgt durch das

- Ingenieurbüro Lohmeyer, Karlsruhe (Ansprechpartner Dr. W. Bächlin) in Zusammenarbeit mit dem
- Niedersächsischen Landesamt für Ökologie, Hannover (Ansprechpartner Dipl.-Met. W.J. Müller).

[Zum Seitenanfang ...](#)

# RAHMENBEDINGUNGEN

Teilnehmen können Behörden, Büros und sonstige Einrichtungen, die sich mit der Erstellung von Immissionsprognosen beschäftigen. Die Teilnahme ist freiwillig, es gibt keine Kostenerstattung. Allen Teilnehmern werden die gleichen Eingangsdaten zur Verfügung gestellt. Die Ergebnisse der einzelnen Teilnehmer werden nach Ablauf des Bearbeitungstermins durch das Ingenieurbüro Lohmeyer zusammengefaßt und graphisch aufbereitet. Zu einem Workshop, der voraussichtlich im September 1999 stattfindet, werden alle Teilnehmer eingeladen, die termingerecht und vollständig ihre Ausarbeitungen eingereicht haben. Bei diesem Workshop werden die Ergebnisse aller eingereichten Arbeiten (ohne Namensnennung) vorgestellt, die einzelnen Teilnehmer haben die Gelegenheit, ihre Vorgehensweise vorzustellen. Es werden ferner auch die bis dahin vorliegenden Ergebnisse der Messungen vor Ort über einen Zeitraum von 6 Monaten vorgestellt. Diese Meßergebnisse können mit den Rechenergebnissen verglichen werden.

Spätestens im September 1999 werden aufgrund der bis dahin durchgeführten Messungen und Beobachtungen auch die Eingangsdaten genauer bekannt sein. So ist z.B. geplant, während dieser Zeit Verkehrszählungen durchzuführen, auf dem Dach eines nahegelegenen Gebäudes sind Windmessungen vorgesehen. Diese Ergebnisse werden bei dem Workshop ebenfalls vorgestellt und ausgehändigt. Alle Teilnehmer des ersten Durchgangs haben die Möglichkeit, mit diesen modifizierten Eingangsdaten erneut Rechenläufe zu starten und ihre Ergebnisse zu modifizieren.

Die Ergebnisse des Workshops werden in einem Berichtsband zusammengefaßt. Dabei werden alle teilnehmenden Institute, die ihre Ergebnisse termingerecht und vollständig eingereicht haben, namentlich genannt, die Ergebnisse werden aber ohne namentliche Kennzeichnung dargestellt. Jedes teilnehmende Institut erhält diesen Berichtsband.

[Zum Seitenanfang ...](#)

# ZEITPLAN

10.1.1999	<b>Beginn der Bereitstellung der Daten im Internet.</b> Die benötigten Eingangsdaten werden im Internet zur Verfügung gestellt. Alle Teilnehmer erhalten die gleichen Eingangsinformationen.
31.5.1999 (verlängert bis zum 11.6.1999, siehe <a href="#">AKTUELLES</a> )	<b>Abgabetermin für die teilnehmenden Institutionen.</b> Die Ergebnisse der Berechnungen sollten bis zu diesem Termin eingereicht werden. Dabei sind zwecks Vergleichbarkeit der Resultate die in der Rubrik "ERGEBNISDARSTELLUNG" ausgeführten Formulare zu verwenden.
Sept.1999	<b>Eintägiger Workshop im Forschungszentrum Karlsruhe.</b> Alle Teilnehmer werden zu diesem Workshop eingeladen. Es werden hier die unterschiedlichen Vorgehensweisen diskutiert, die zusammengefaßten Ergebnisse vorgestellt sowie die bis dahin vorliegenden Meßergebnisse und die bis dahin näher erhobenen Eingangsdaten gegenübergestellt.

# EINGANGSDATEN

Auf der vorliegenden Seite sind die ["neuen" Eingangsdaten](#) mit Stand vom 17.12.1999 an die bereits vorhandenen Eingangsdaten (Stand 11.01.1999) angefügt worden.

## Eingangsdaten (Stand 11.01.1999)

### Das Modellgebiet



Der Lageplan zeigt das Modellgebiet mit den Lister Platz und der näheren Umgebung. Der für den Modellvergleich interessierende Straßenabschnitt liegt vor dem Gebäude Podbielskistraße 5. Das fünfstöckige Gebäude Podbielskistraße 5 hat eine Höhe von (geschätzt) 25m bis First. An der Fassade des Gebäudes Podbielskistraße 5 befinden sich, wie in der Karte auch angedeutet, geschlossene Veranden und Balkone.

Die Kfz-Zahlen sind in der

Zeit von 6.30-18.30 Uhr in den Jahren 1987 bis 1995 durch das Tiefbauamt Hannover erhoben worden. Es werden nur leichte Nutzfahrzeuge (INfz) beobachtet. Der LKW-Anteil ist bisher nicht bekannt. Der Lister Platz besitzt eine Lichtsignalanlage. Die südwestlich gelegene Lister Meile ist Fußgängerzone.

## Eingangsdaten

Vorab ein wichtiger Hinweis: Wir bitten Sie, die ersten Berechnungen auf jeden Fall mit den hier gelieferten Eingangsdaten durchzuführen. Wenn Sie in einer zweiten Phase weiterführende (ggf. eigene) Eingangsdaten verwenden, sollten Sie dies bitte deutlich dokumentieren.

Die Eingangsdaten befinden sich in den zwei ZIP-Archiven [Input.zip](#) (Dateigröße = 1146 kB) und [Met.zip](#) (Dateigröße = 474 kB). Durch



Klicken auf die Dateinamen können Sie sich die Eingangsdaten herunterladen. In den ZIP-Archiven befinden sich mehrere Dateien. Der Inhalt der ZIP-Archive wird im folgenden erläutert.

**Wichtiger Hinweis:** Alle Eingangsdaten (d.h. Lagepläne, meteorologische Daten, etc.) sind urheberrechtlich geschützt und dürfen **nur in Verbindung mit diesem Projekt** verwendet werden. Das Nutzungsrecht ist **nicht übertragbar**. Die Vervielfältigung der Lagepläne erfolgte ausschließlich für dieses Projekt mit Genehmigung des Stadtvermessungsamtes Hannover vom 18.01.1999 . Die Karten müssen einen Urheberrechtsvermerk enthalten.

### Inhalt des ZIP-Archivs Input.zip

Dateiname	Beschreibung
LISTPLA.TIF	Lageplan des Berechnungsgebietes. Größe: 2448x3435 Pixel. In dieser Karte sind die Kfz-Werte aufgeführt (je Fahrtrichtung).
LISTPLA1.TIF	Lageplan des Berechnungsgebietes. Größe: 2448x3384 Pixel. In dieser Karte sind drei Passpunkte für die Georeferenzierung des Lageplanes eingezeichnet (in Gauß-Krüger-Koordinaten).
LISTPLA2.TIF	Lageplan des Berechnungsgebietes. Größe: 2048x1539 Pixel. In dieser Karte ist das Koordinatensystem eingezeichnet, daß für die Definition der interessierenden Immissionsorte und der Hotspots (= Orte der maximalen Jahresmittelwerte der Zusatzbelastung) verwendet wird.
podbinsk01.bmp	Photo mit Blick nach Südwesten
podbisnk01.bmp	Photo mit Blick vom Listerplatz nach Nordosten
podbisnk02.bmp	Photo mit Blick vom Listerplatz nach Nordosten

### Inhalt des ZIP-Archivs Met.zip

Dateiname	Beschreibung
Dd_hrsww.jxx	Zeitreihe der Halbstundenwerte der Windrichtung für den Zeitraum 1.1.19xx bis 31.12.19xx der Station HRSW des LÜN (xx steht als Platzhalter für die Zahlen 89 bis 98, d.h. für die Jahre 1989 bis 1998. )
Ff_hrsww.jxx	Zeitreihe der Halbstundenwerte der Windgeschwindigkeit für den Zeitraum 1.1.19xx bis 31.12.19xx der Station HRSW des LÜN (xx steht als Platzhalter für die Zahlen 89 bis 98, d.h. für die Jahre 1989 bis 1998. )

Anmerkung: Das Archiv Met.zip enthält somit 2x10=20 Dateien

### Verschiedenes

- Die Station HRSW des LÜN (= Lufthygienisches Überwachungssystem Niedersachsen) befindet sich auf dem Flachdach des Dienstgebäudes des Nieders. Landesamtes für

Ökologie in der Göttinger Straße, Hannover. Das Anemometer befindet sich in 42m über Grund, in 10m Höhe über dem Dach. 48 Halbstundenmittelwerte für jeden Tag des Jahres liegen in der Datei zeilenweise vor. Ausfälle sind durch -99.9 gekennzeichnet.

- Die in den Lageplänen eingetragenen römischen Ziffern bezeichnen die Geschößzahl der Gebäude. Die Geschößhöhen liegen über 3,2m
- Die u.a. [Tabelle 1](#) gibt die Kfz-Anzahl für den Zeitraum 6.30 bis 18.30 an den drei relevanten Straßen an. Die Daten wurden in dem Zeitraum 1987 bis 1995 vom Tiefbauamt Hannover erhoben. Die Werte sind dem Lageplan LISTPLA.tif entnommen.
- In der Datei für die Ergebnisdarstellung Ergebnis.xls werden die interessierenden Straßen als A-, B- und C-Straße bezeichnet. Die Zuordnung dieser Namen zu den wahren Straßennamen in Hannover ist [Tabelle 2](#) zu entnehmen.
- Die Koordinaten für die interessierenden Immissionsorte sind in relativen Koordinaten angegeben. Dieses Koordinatensystem ist in den Lageplan LISTPLA2.TIF eingezeichnet. Die fünf interessierenden Immissionsorte werden in [Tabelle 3](#) definiert.
- An der Station HRSW werden Luftschadstoffe gemessen. Die Werte sind in [Tabelle 4](#) angegeben. Diese können für die Abschätzung der Hintergrundbelastung herangezogen werden.

**Tabelle 1: Kfz-Werte (je Fahrtrichtung) der drei relevanten Straßen im Modellgebiet**

Straße	Kfz/12h in Richtung Lister Platz	Kfz/12h in gegengesetzter Richtung
Podbielskistraße	9200	7300
Ferd. Wallbrecht Straße	6500	6500
Bödeckerstraße	9000	9600

**Tabelle 2: Zuordnung von A-, B- und C-Straße in Excel-Datei Ergebnis.xls**

Straße	Name in Excel-Datei Ergebnis.xls
Podbielskistraße	A-Straße
Ferd. Wallbrecht Straße	B-Straße
Bödeckerstraße	C-Straße

**Tabelle 3: Definition der interessierenden Immissionsorte (die Koordinatenangaben beziehen sich auf das in Lageplan LISTPLA2.TIF eingezeichnete Koordinatensystem)**

Name des Immissionspunktes	Lage x [m]	Lage y [m]	Lage z [m]
Aufpunkt 1	80	+7	1.5
Aufpunkt 2	80	+7	5
Aufpunkt 3	80	-7	1.5
Aufpunkt 4	80	-7	5

Aufpunkt 5	60	+7	1.5
------------	----	----	-----

**Tabelle 4: Gemessene Luftschadstoffbelastung Hannover Südwest (Göttinger Straße, Station HRSW)**

Stoff	Jahresmittelwert	98-Perzentilwert
Benzol (ORSA)	2,3	-
NO <sub>2</sub>	30	73
NO	9	62
CO	0,3	0.95
Ruß	1,5	-

(Angaben in µg/m<sup>3</sup> außer CO in mg/m<sup>3</sup>)

## Ergänzende "neue" Eingangsdaten (Stand 17.12.1999)

Die folgenden beiden Tabellen beinhalten Verkehrszählungen sowie aktuelle Daten der Konzentrationsmeßwerte an der Station HRSW in der Göttinger Straße in 42 m Höhe über Grund aus dem Jahr 1999 (Stand 9.12.1999, siehe auch Exceldatei [DATENNEU.xls](#))

NLÖ 13 Umweltmeteorologie											
Tageszeit	Werktag Kfz	S. Nfz	Ant. in %	Stop&Go in s	Ant. in %	Samst. Kfz	S. Nfz	Ant. in %	Sonntag	S. Nfz	Anteil in %
00:30	103	3.4	3.3			196	5.0	2.6	229	3	1.3
01:00	80	1.6	2.0			200	4.5	2.3	211	2	0.7
01:30	66	1.4	2.1			158	4.0	2.5	184	2	0.8
02:00	49	1.2	2.4			145	4.0	2.8	174	2	0.9
02:30	42	1.2	2.8			116	2.0	1.7	139	2	1.1
03:00	35	0.4	1.1			94	3.0	3.2	138	4	2.5
03:30	32	2.0	6.3			82	4.0	4.9	126	1	0.4
04:00	30	0.8	2.7			105	3.0	2.9	103	0	0.0
04:30	31	0.6	1.9			87	2.0	2.3	103	0	0.0
05:00	34	1.2	3.6			78	2.5	3.2	89	2	1.7
05:30	71	1.8	2.5			101	5.5	5.4	83	1	0.6
06:00	127	5.4	4.3			96	2.5	2.6	82	1	1.2
06:30	240	7.6	3.2			119	6.5	5.5	74	2	2.0
07:00	384	14.8	3.9			99	6.5	6.6	58	0	0.0
07:30	515	27.4	5.3	695	39	128	6.5	5.1	58	1	0.9
08:00	581	25.2	4.3	865	48	184	10.5	5.7	75	2	2.7
08:30	559	23.2	4.2	900	50	204	10.0	4.9	89	4	4.5
09:00	586	27.8	4.7	885	49	275	17.0	6.2	134	7	4.8
09:30	541	25.2	4.7	420	23	327	12.0	3.7	148	4	2.7
10:00	518	22.2	4.3	185	10	413	14.5	3.5	190	6	3.2

10:30	490	26.8	5.5	350	19	361	11.0	3.0	237	7	2.9
11:00	499	27.4	5.5	220	12	402	14.0	3.5	288	5	1.6
11:30	529	24.8	4.7	465	26	430	16.0	3.7	321	7	2.2
12:00	537	23.2	4.3	500	28	433	15.5	3.6	334	9	2.5
12:30	533	26.2	4.9	105	6	437	16.0	3.7	340	9	2.5
13:00	522	26.2	5.0	210	12	440	20.0	4.6	326	9	2.6
13:30	506	25.2	5.0	255	14	509	19.5	3.8	356	4	1.0
14:00	525	21.4	4.1	280	16	513	16.0	3.1	359	9	2.4
14:30	526	24.0	4.6	395	22	521	11.5	2.2	414	7	1.7
15:00	548	28.2	5.1	380	21	480	11.5	2.4	408	6	1.3
15:30	570	26.6	4.7	300	17	485	12.0	2.5	391	12	2.9
16:00	582	19.8	3.4	120	7	468	9.5	2.0	389	6	1.4
16:30	631	24.0	3.8	765	43	463	12.0	2.6	421	9	2.0
17:00	597	22.4	3.8	465	26	445	11.5	2.6	406	9	2.1
17:30	592	23.2	3.9	1194	66	397	12.5	3.1	438	13	3.0
18:00	587	27.6	4.7	723	40	443	7.0	1.6	422	8	1.9
18:30	588	20.0	3.4	184	10	384	3.5	0.9	426	7	1.6
19:00	538	19.2	3.6	246	14	369	11.5	3.1	391	11	2.8
19:30	498	20.6	4.1	276	15	340	12.0	3.5	352	8	2.3
20:00	472	18.4	3.9	120	7	355	8.0	2.3	364	5	1.2
20:30	396	15.2	3.8			328	3.0	0.9	300	4	1.2
21:00	330	11.8	3.6			290	6.0	2.1	236	5	1.9
21:30	279	7.8	2.8			243	4.5	1.9	224	8	3.3
22:00	286	8.0	2.8			246	4.5	1.8	199	2	1.0
22:30	263	5.2	2.0			257	5.0	1.9	199	3	1.3
23:00	240	7.0	2.9			273	3.5	1.3	199	3	1.5
23:30	199	8.0	4.0			218	4.0	1.8	175	3	1.7
24:00	157	3.4	2.2			208	2.5	1.2	139	1	0.7
	17643	736.0	3.8			13934	409.0	3.1	11542	221.5	1.8
bis Endzeit	Summe	Summe	Mittel	Dauer (s)	Bezug auf 0,5h	Summe	Summe	Mittel	Summe	Summe	Mittel

- Die Zählung erfolgte mit dem Verkehrserfassungssystem NC90A der Fa. DataCollect. Zählergebnisse von drei Wochen wurden gemittelt.
- Zur Kontrolle wurden ausserdem stichprobenartig visuelle Vergleichszählungen vorgenommen. Zeitraum der Zählung Sept.-Okt. 99

### Definition Stop&Go:

- Rückstau auf mindestens einer Stadteinwärtsspur bis zur Höhe des Messcontainers und länger. Anzahl der Kfz zwischen LSA und Messstation beträgt dann mindestens 13.
- Die Summe der Dauer der ampelbedingten Stauphasen wurde an Werktagen ( Mo, Di, Mi ) ermittelt.
- Die prozentualen Anteile beziehen sich auf die jeweilige Halbstunde.
- Basis dieser Angaben ist jeweils nur eine Beobachtung.

- Die Lichtsignalanlage am Lister Platz ist bedarfsorientiert geschaltet. Übergeordnet ist eine ÖPNV-Vorrangschaltung für den Straßenzug Bödeckerstraße - Ferdinand-Wallbrecht-Straße, durch die die Länge des Rückstaus in der Podbielskistraße vergrößert wird.

### Zur allgemeinen Information:

- In 1999 war die Verkehrsbelastung der Podbielskistraße durch Baustellen an den Mittellandkanalbrücken beeinflusst, d. h. es traten geringere Verkehrsstärken auf.

<b>Konzentrationsmeßwerte. (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>			
<b>Messung in HRSW (über Dach)</b>			
Monat	Benzol	NO	NO2
Jan 99	2	8	29
Feb 99	2	9	32
Mrz 99	2.2	10	34
Apr 99	2.1	6	28
Mai 99	2	4	25
Jun 99	2.5	5	24
Jul 99	2	4	23
Aug 99	1.2	5	26
Sep 99	1.2	5	29
Okt 99	1.5	8	24
Nov 99	1.8	19	31

Hinweis: Der 98-Perzentilwert NO2 für die Monate Januar bis November 1999 betrug  $63 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Rußmessungen wurden in diesem Zeitraum nicht durchgeführt.

**Ergänzender Hinweis (22.02.2000):** Der Jahresmittelwert bzw. der 98-Perzentilwert von NO2 für den Zeitraum Februar 1999 bis Januar 2000 betrug  $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bzw.  $63 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , der Jahresmittelwert von NO  $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Aktuelle Daten für das Jahr 1999 zur Windrichtung und Windgeschwindigkeit liefern die Dateien Dd\_hrs\_w\_gesamt.j99 und Ff\_hrs\_w\_gesamt.j99. Diese beiden Dateien sind im ZIP-Archiv [Met99\\_gesamt.zip](#) abgespeichert und können von dort heruntergeladen werden. (Das bisherige Archiv [Met99.zip](#) enthielt nur Daten für die Monate Januar bis Oktober.)

Zum besseren Verständnis der örtlichen Situation zeigen die folgenden Bilder Situationen aus der Podbielskistraße mit dem Rückstau, der als Stop & Go definiert wurde.



Diese Bilder sind auch über das ZIP-Archiv [StauBilder.zip](#) herunterladbar.

# ERGEBNISDARSTELLUNG

## ALLGEMEINE HINWEISE

Für die Darstellung der Ergebnisse wird eine **einheitliche** Vorgehensweise vorgegeben.

Hierzu ist als Vorlage eine Datei im Excel-Format erstellt worden, die von jedem Teilnehmer benutzt werden muß. In der Exceldatei finden sie Arbeitsblätter zu den Themen Meteorologie, Emissionen, Hintergrundbelastung, Ausbreitungsmodellierung und Immissionswerte.

Diese Vorlage für die Ergebnisdarstellung können Sie [hier](#) herunterladen.

Bitte füllen Sie diese Arbeitsblätter weitestgehend aus und schicken Sie diese bis spätestens 31.5.1999 (**verlängert bis zum 11.6.1999, siehe [AKTUELLES](#)**) per [Email](#) oder per Diskette an:  
(**Achtung, die Adresse wurde geändert, siehe [AKTUELLES](#).**)

Dr. W.G. Filby  
Forschungszentrum Karlsruhe GmbH  
BWPLUS  
Postfach 3640  
76021 Karlsruhe  
Email: [Gordon.Filby@pef.fzk.de](mailto:Gordon.Filby@pef.fzk.de)  
Tel.: 07247/825193  
Fax: 07247/823929

## **ANHANG B**

## **ERGEBNISSE**

## **B1 HINTERGRUNDBELASTUNG**

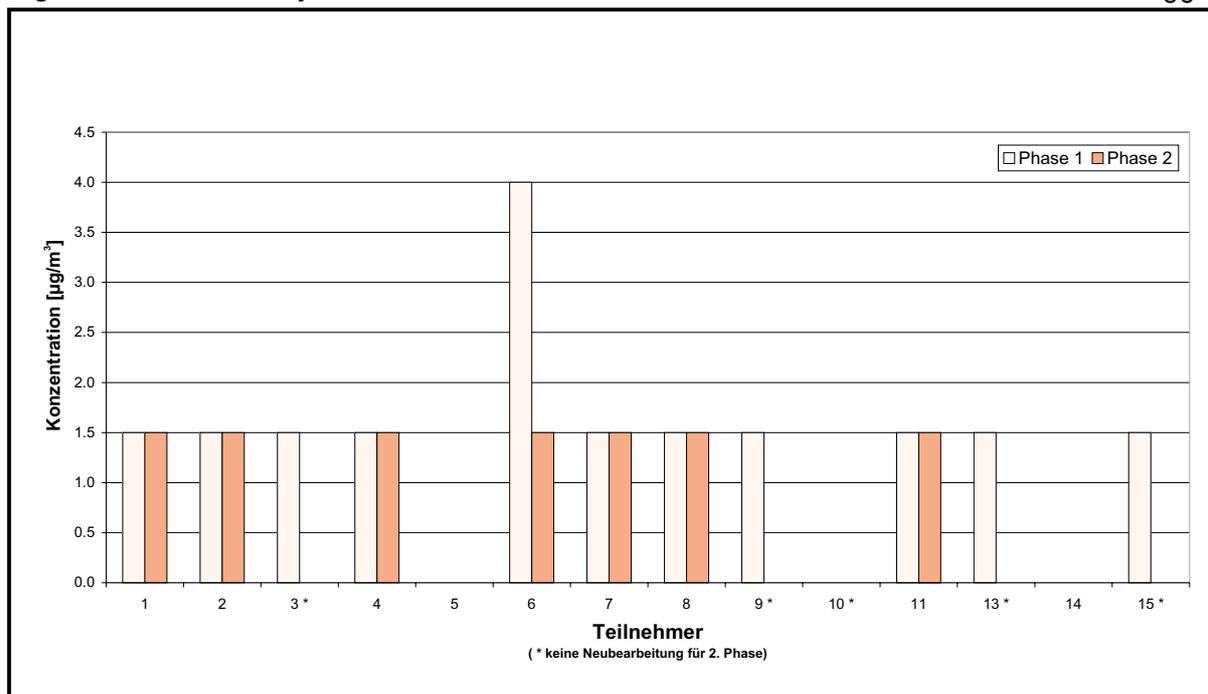


Abb. B1.1: Von den Teilnehmern angesetzte Hintergrundbelastung für Jahresmittelwert von Ruß

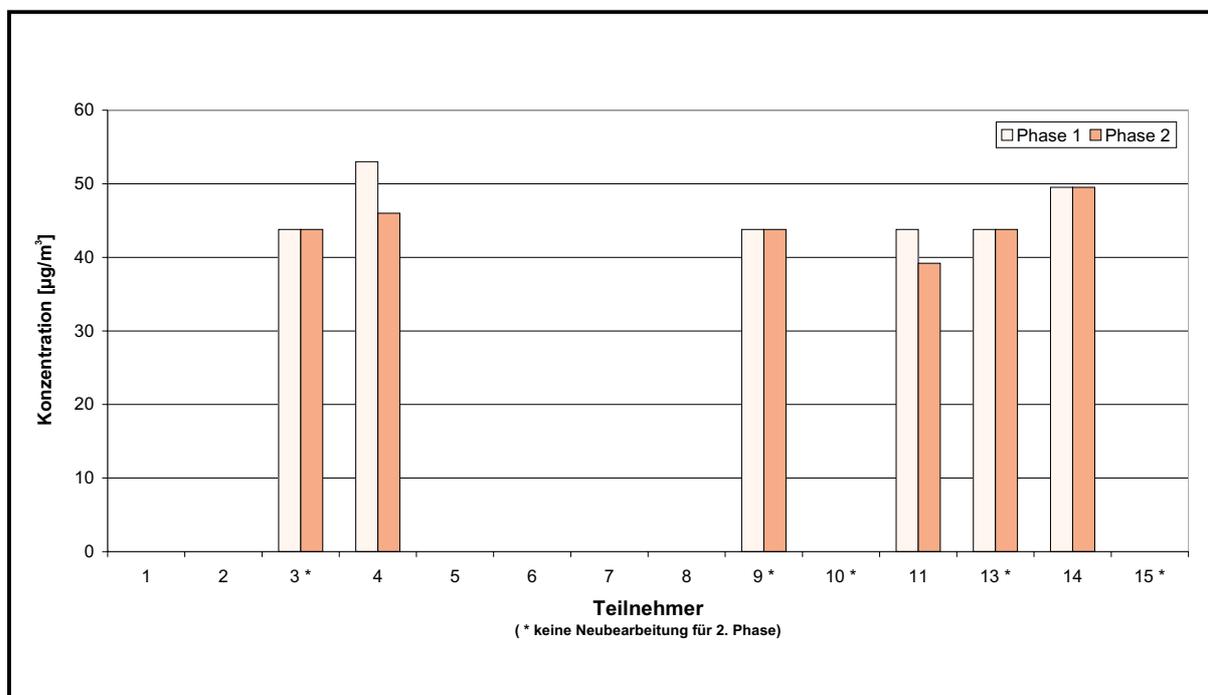


Abb. B1.2: Von den Teilnehmern angesetzte Hintergrundbelastung für Jahresmittelwert von NO<sub>x</sub>

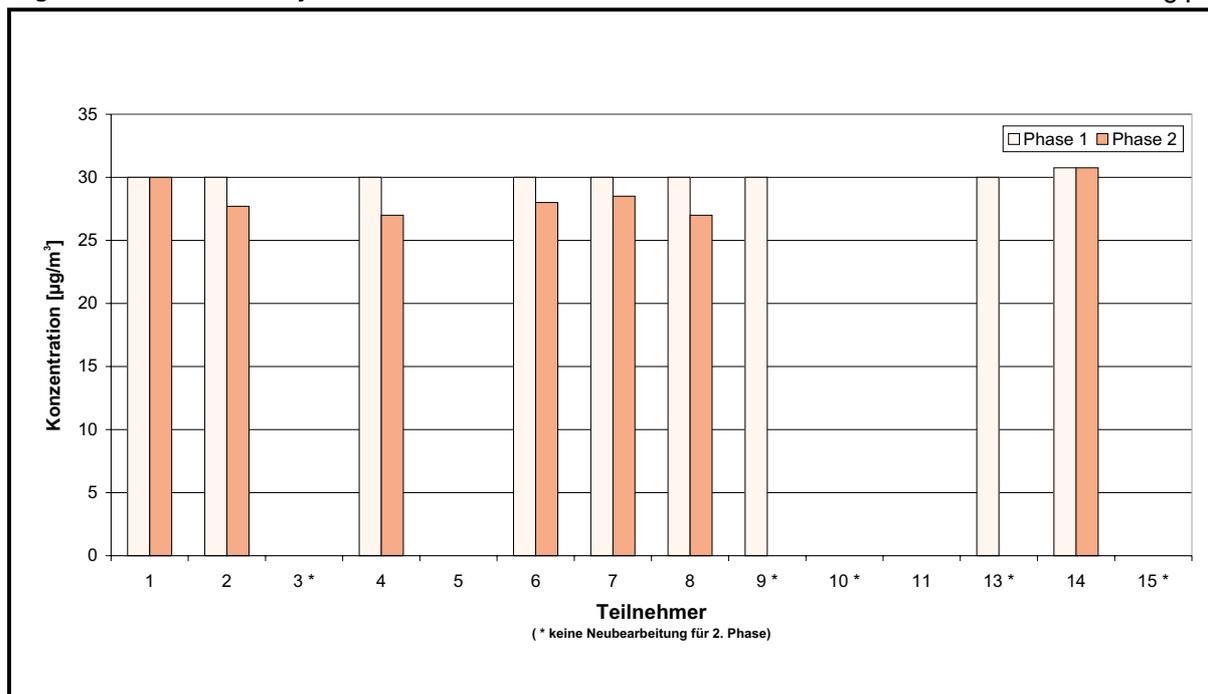


Abb. B1.3: Von den Teilnehmern angesetzte Hintergrundbelastung für Jahresmittelwert von NO<sub>2</sub>

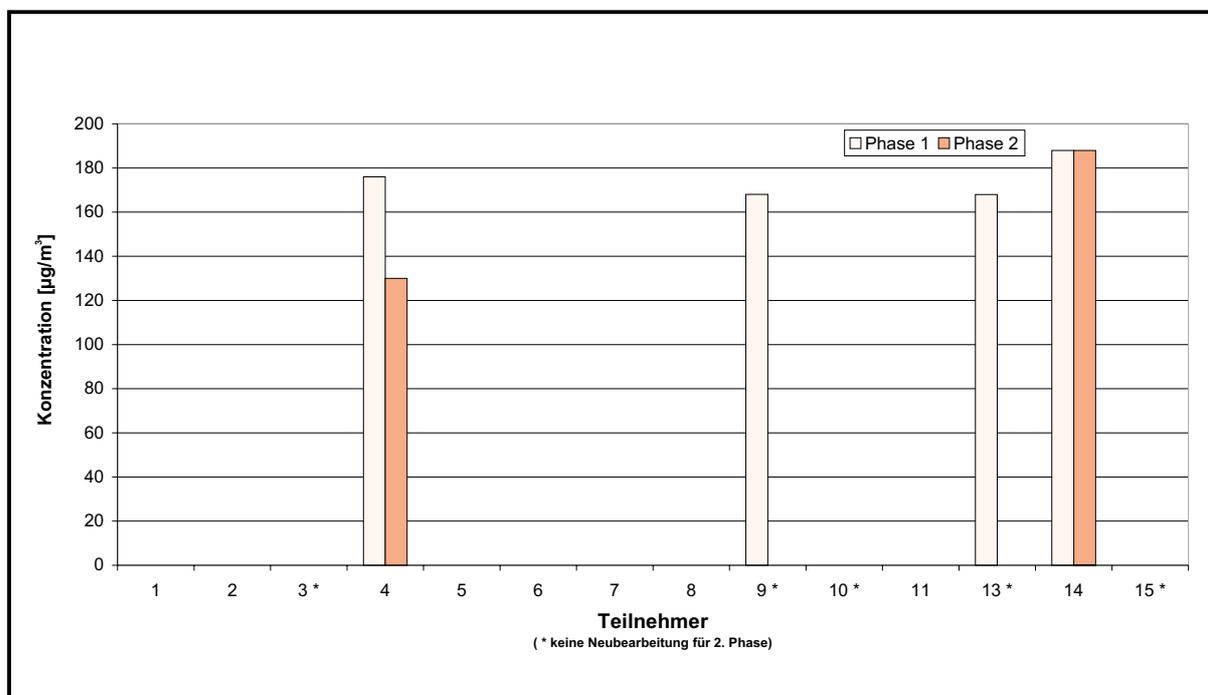


Abb. B1.4: Von den Teilnehmern angesetzte Hintergrundbelastung für 98-Perzentilwerte von NO<sub>x</sub>

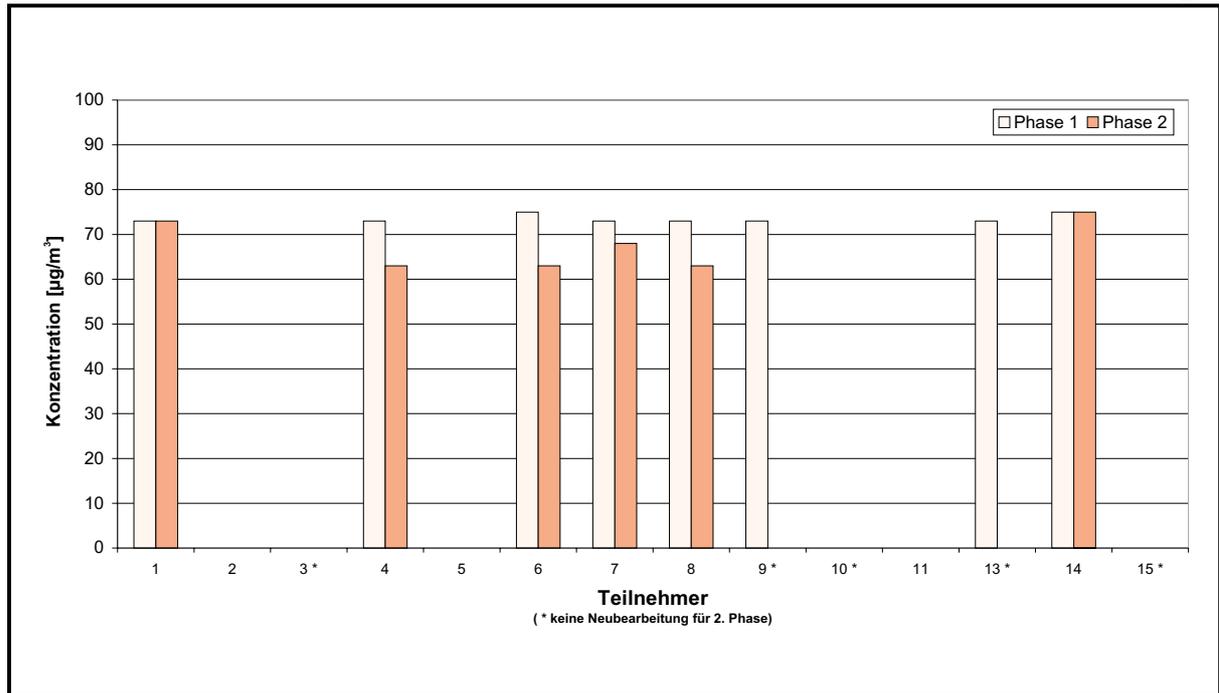


Abb. B1.5: Von den Teilnehmern angesetzte Hintergrundbelastung für 98-Perzentilwerte von NO<sub>2</sub>

## **B2 EMISSIONSMODELLIERUNG**

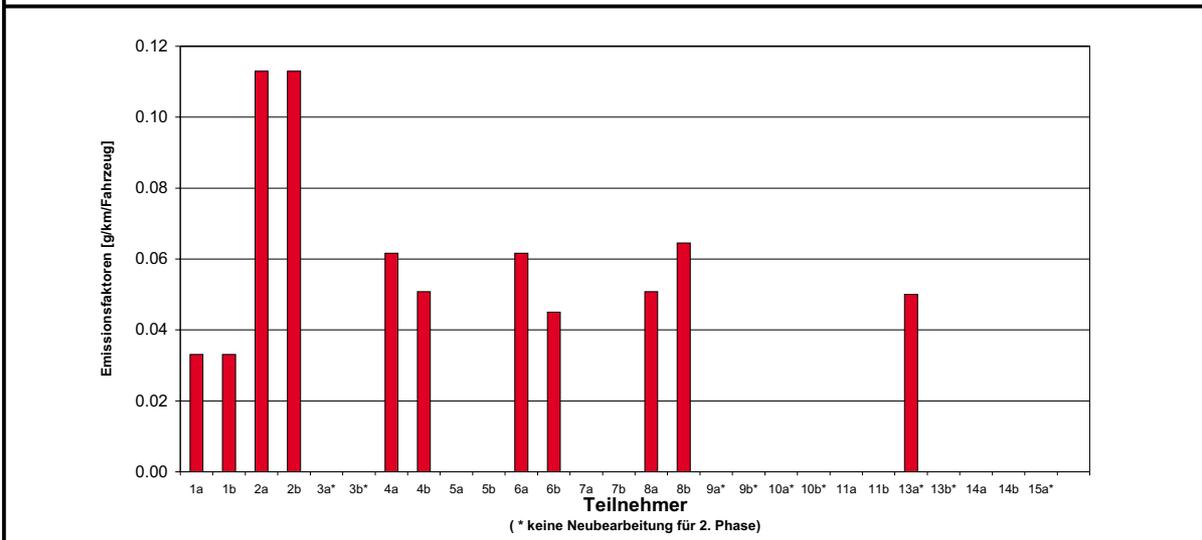
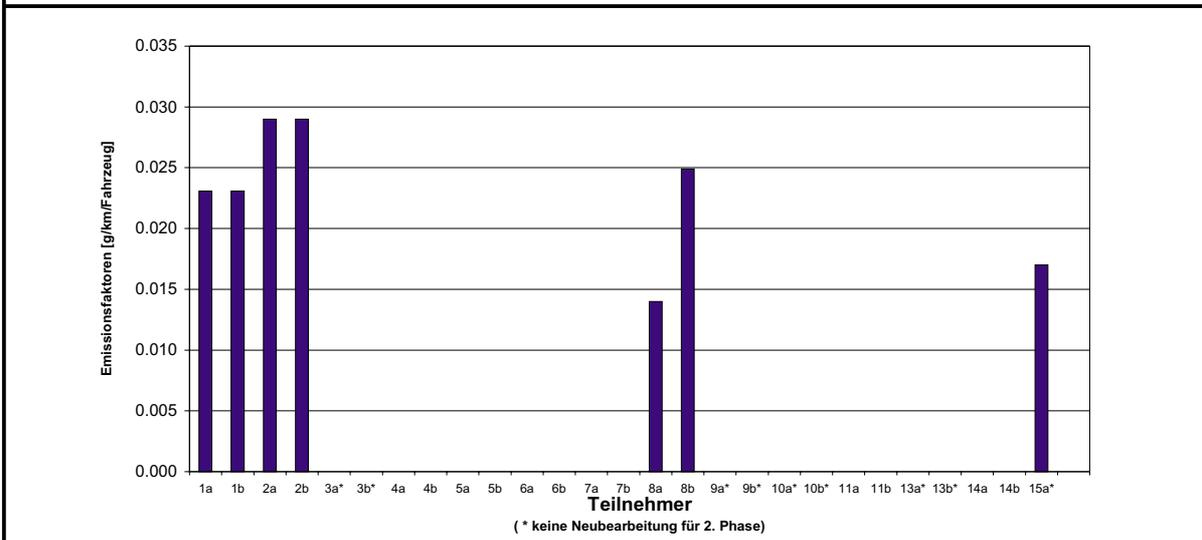
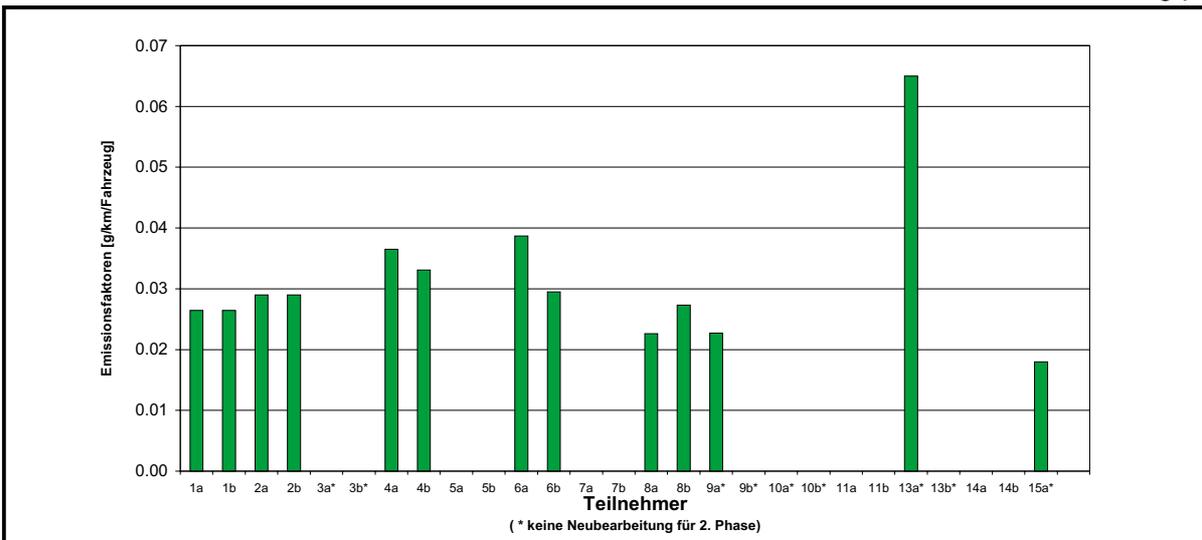


Abb. B2.1: Von den Teilnehmern für Benzol angesetzte Emissionsfaktoren in der Ferd.-Wallbrecht-Straße.  
 a = Phase 1; b = Phase 2;  
 oben: PKW, Mitte: INFZ, unten: sNFZ

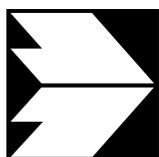
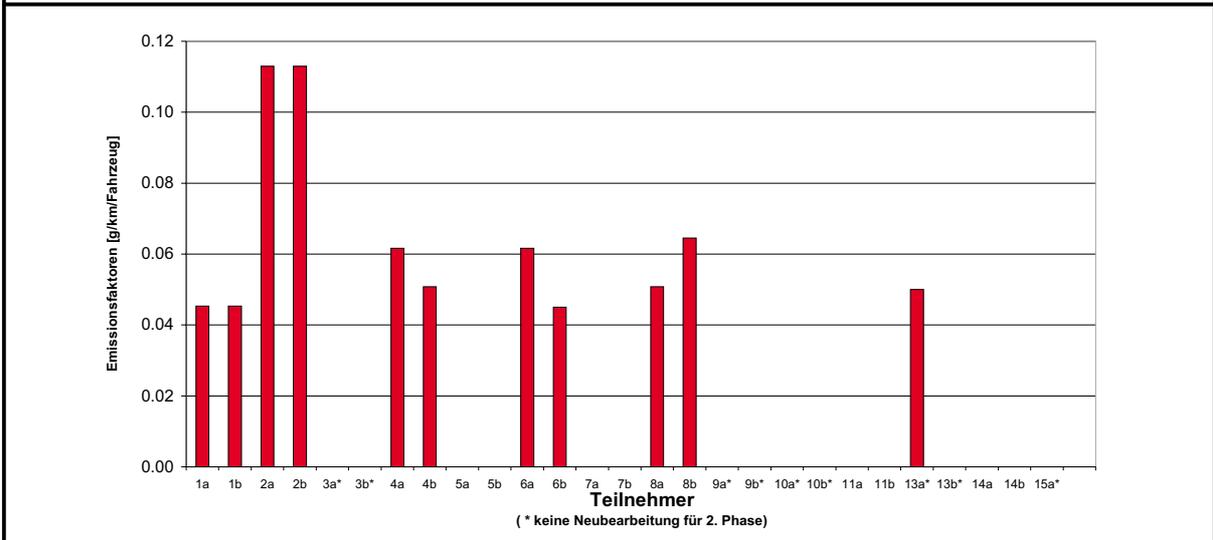
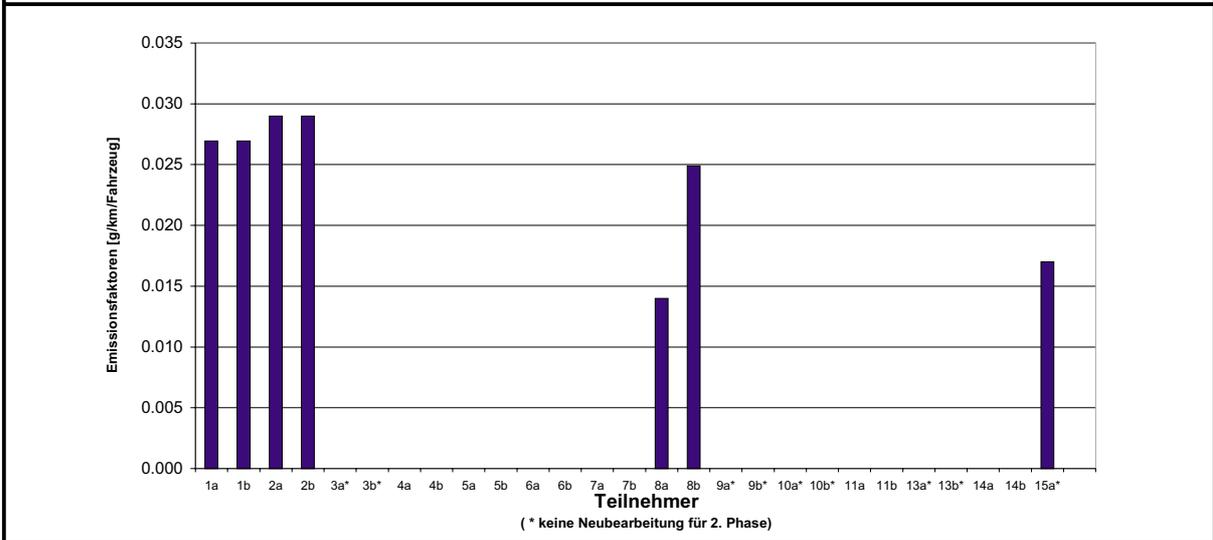
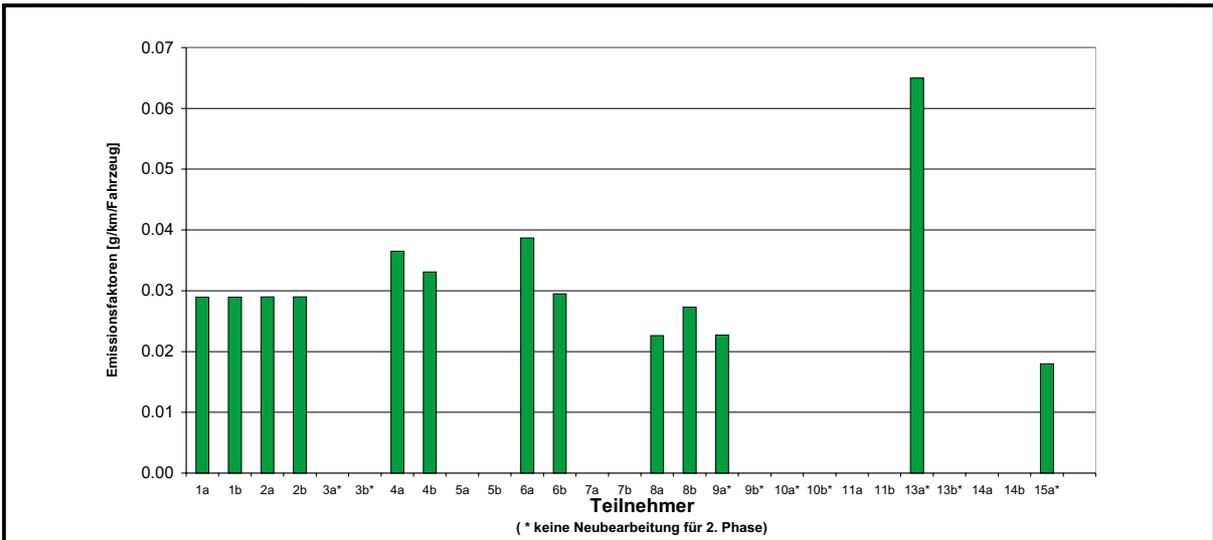


Abb. B2.2: Von den Teilnehmern für Benzol angesetzte Emissionsfaktoren in der Bödekerstraße.  
 a = Phase 1; b = Phase 2;  
 oben: PKW, Mitte: INFZ, unten: sNFZ

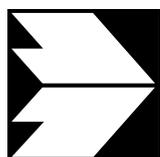
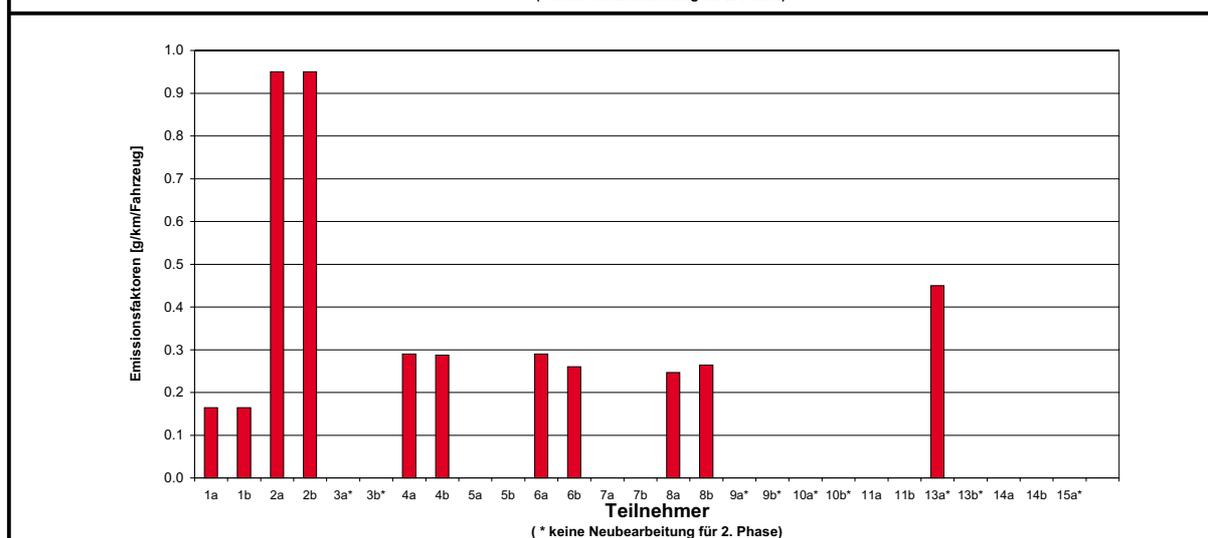
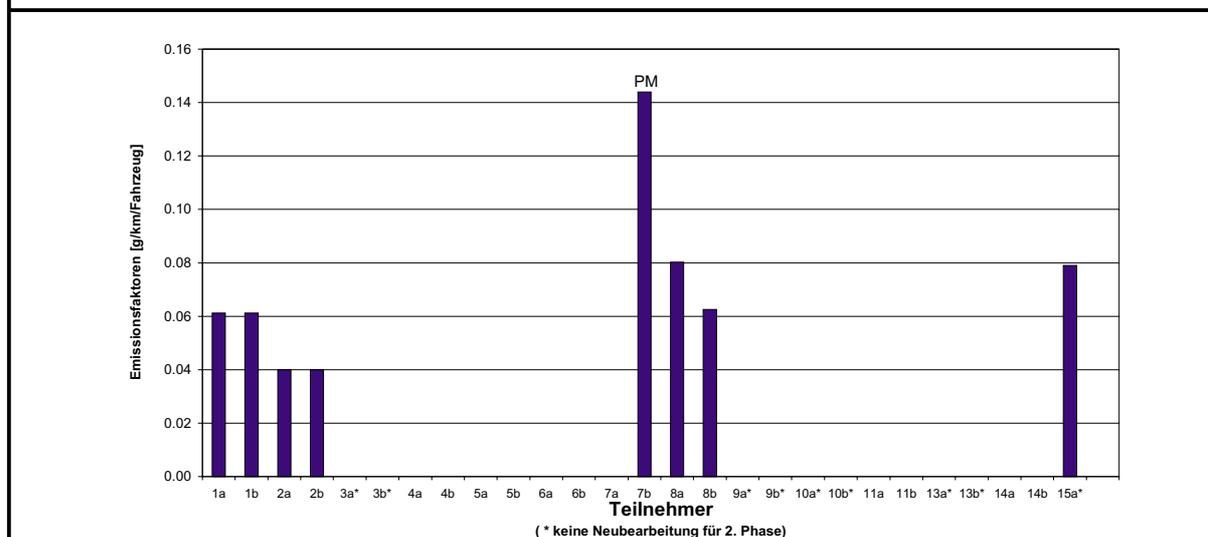
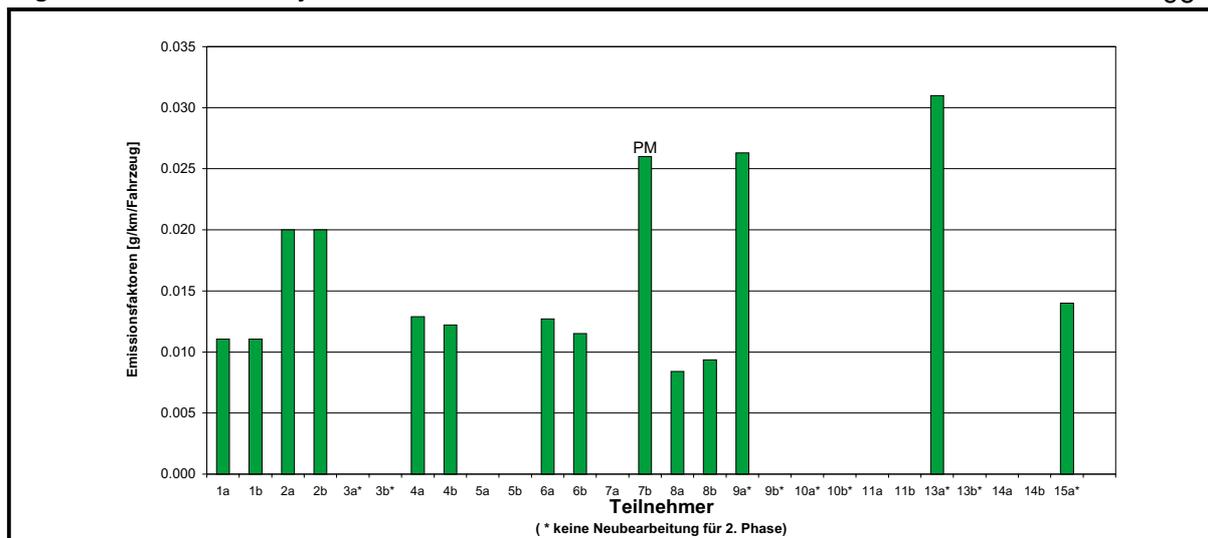


Abb. B2.3: Von den Teilnehmern für Ruß angesetzte Emissionsfaktoren in der Ferd.-Wallbrecht-Straße.  
 a = Phase 1; b = Phase 2;  
 oben: PKW, Mitte: INFZ, unten: sNFZ

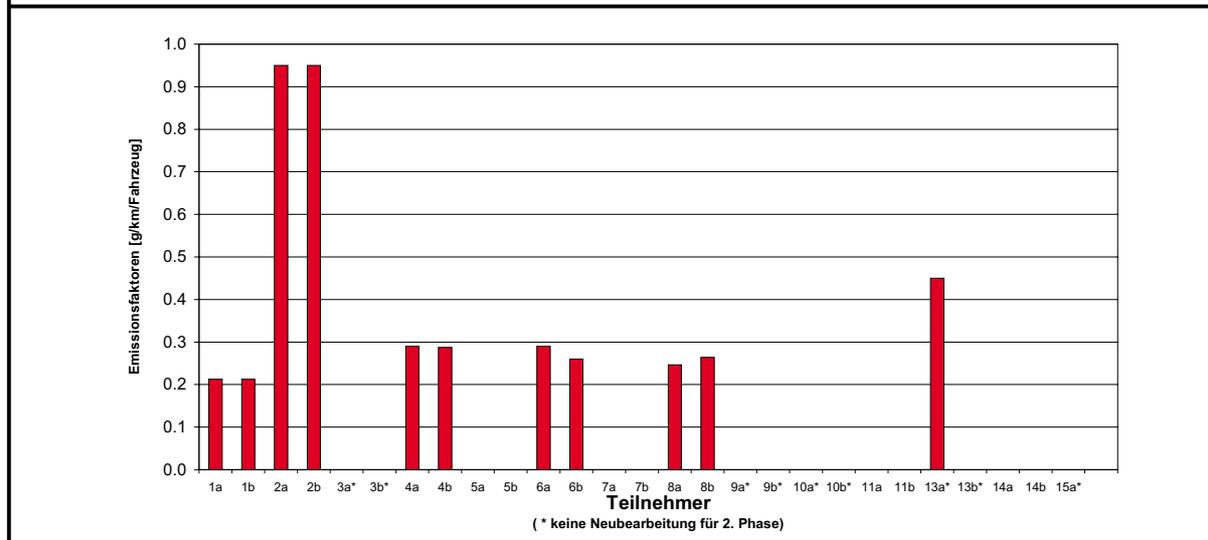
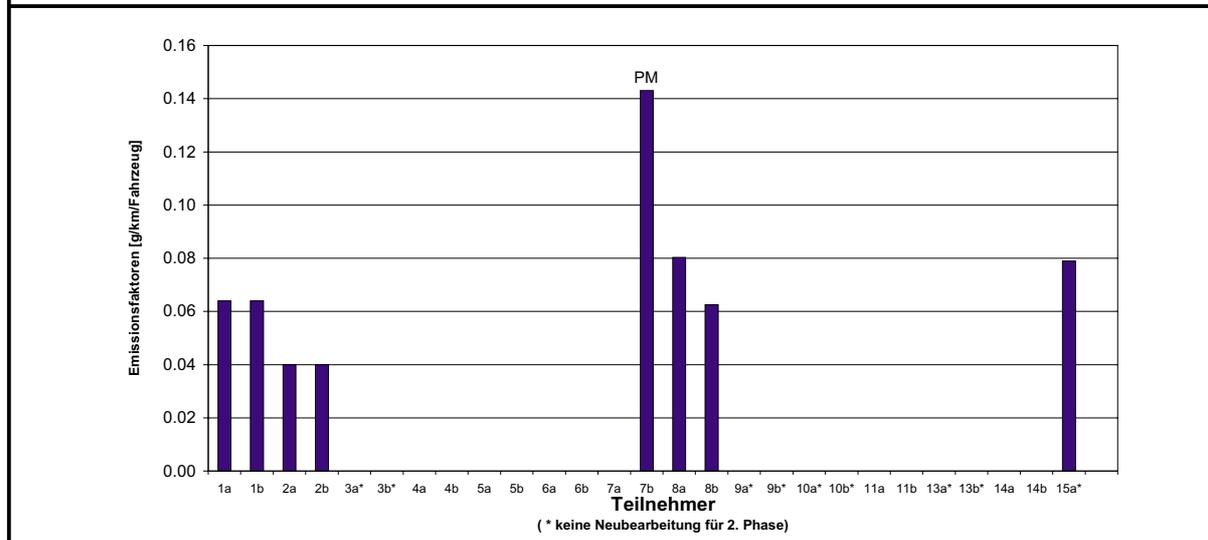
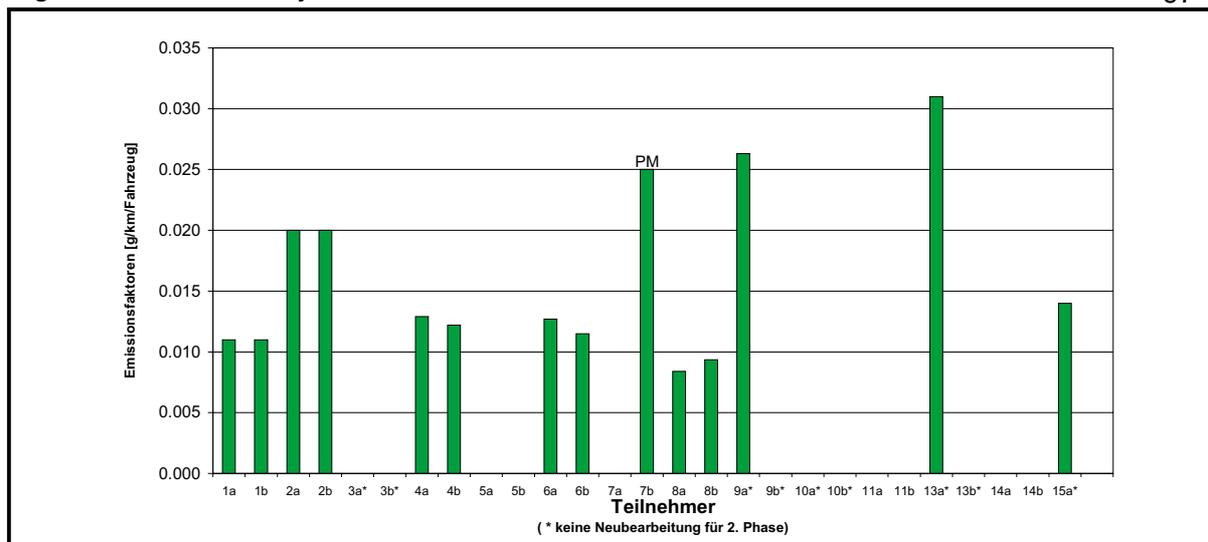


Abb. B2.4: Von den Teilnehmern für Ruß angesetzte Emissionsfaktoren in der Bödekerstraße.  
 a = Phase 1; b = Phase 2;  
 oben: PKW, Mitte: INFZ, unten: sNFZ

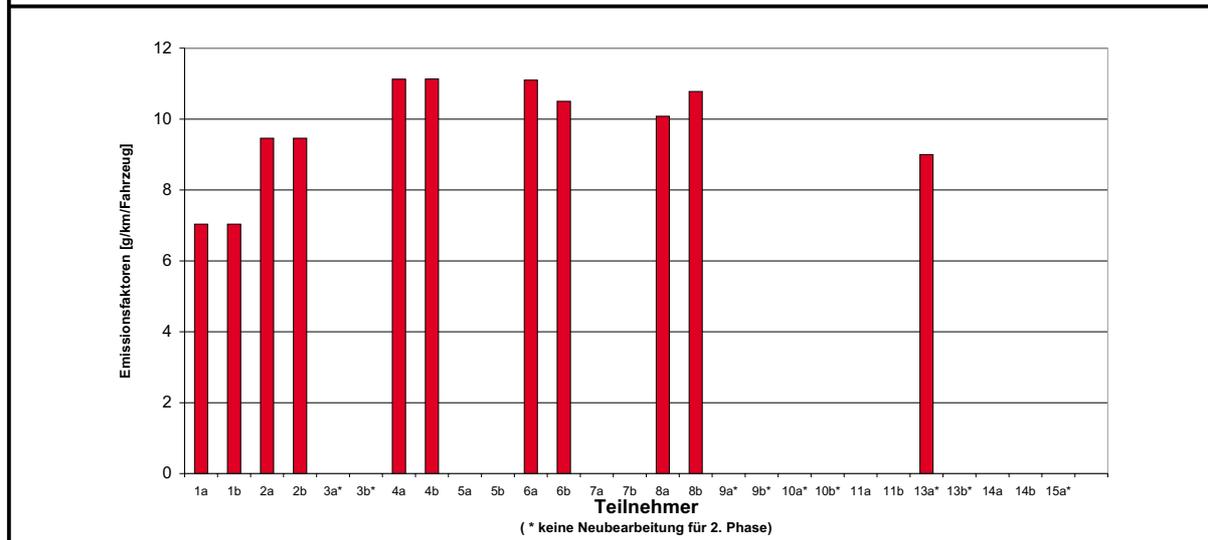
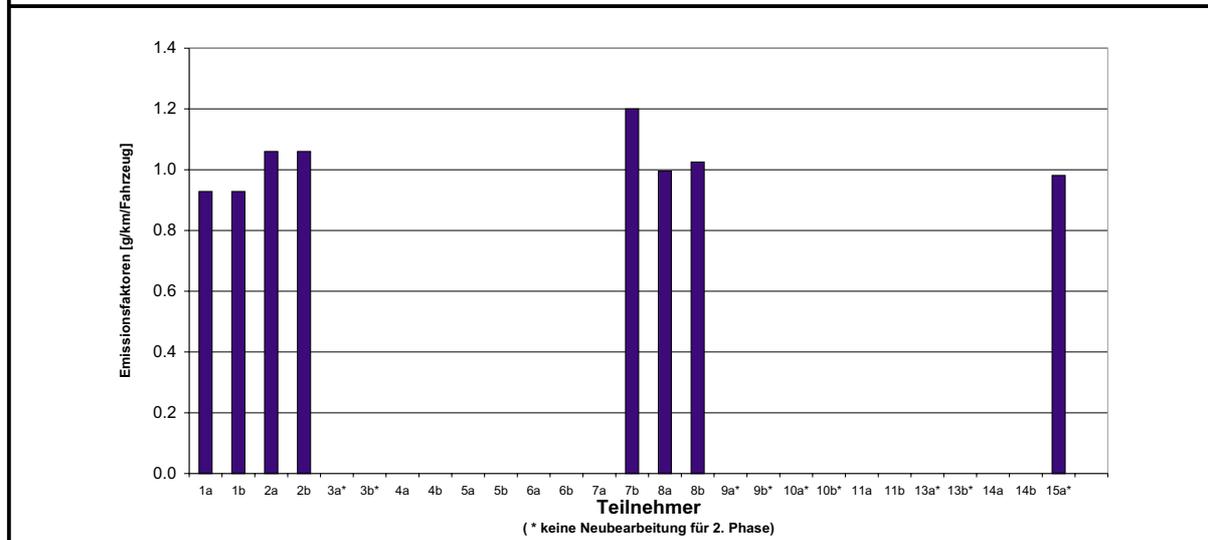
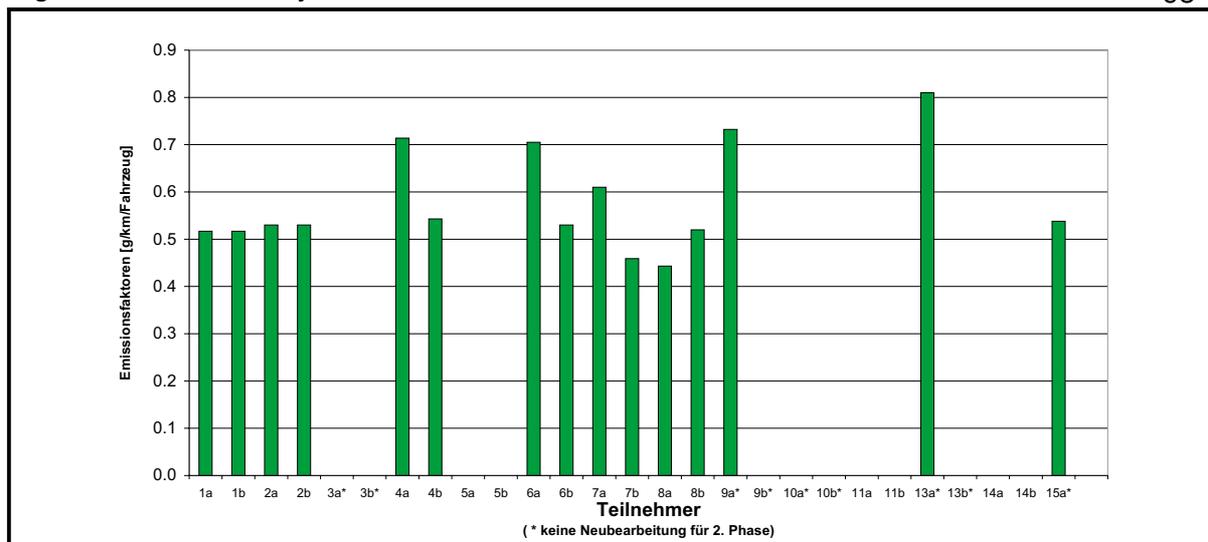


Abb. B2.5: Von den Teilnehmern für NO<sub>x</sub> angesetzte Emissionsfaktoren in der Ferd.-Wallbrecht-Straße.  
 a = Phase 1; b = Phase 2;  
 oben: PKW, Mitte: INFZ, unten: sNFZ

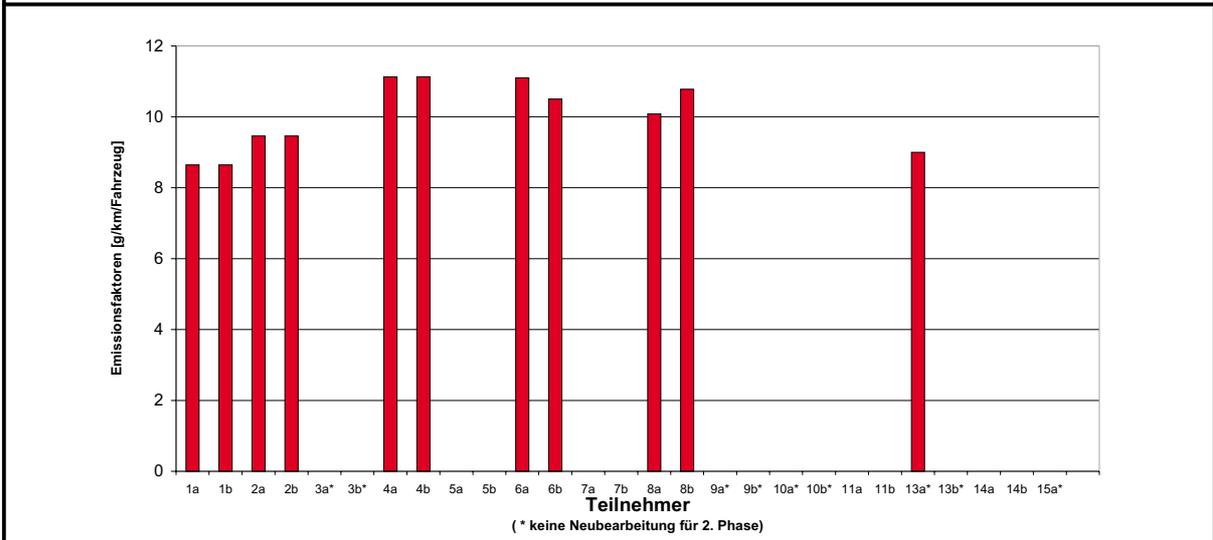
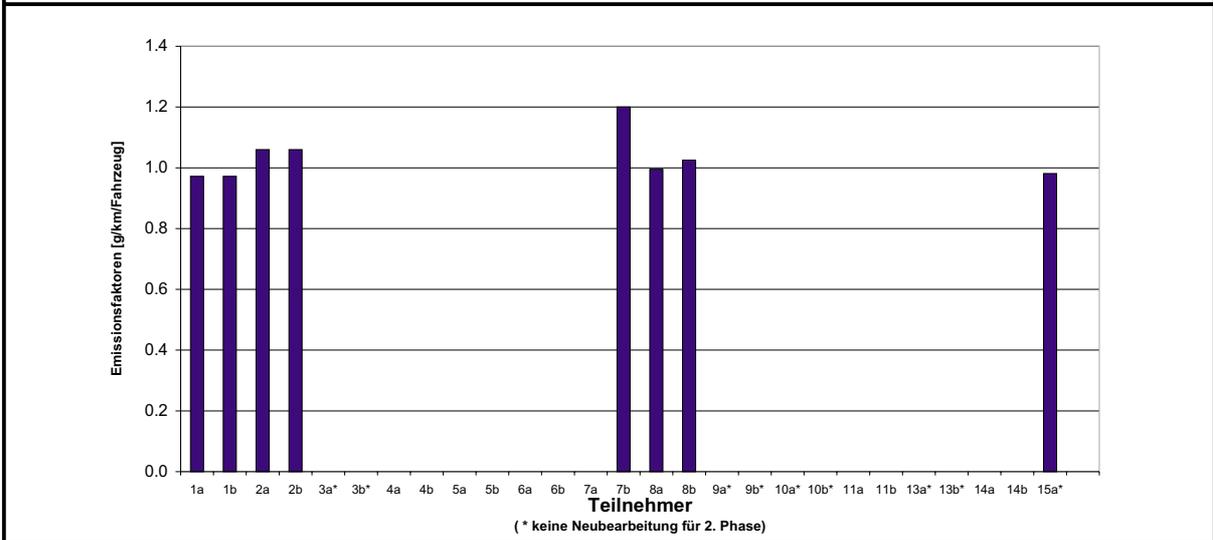
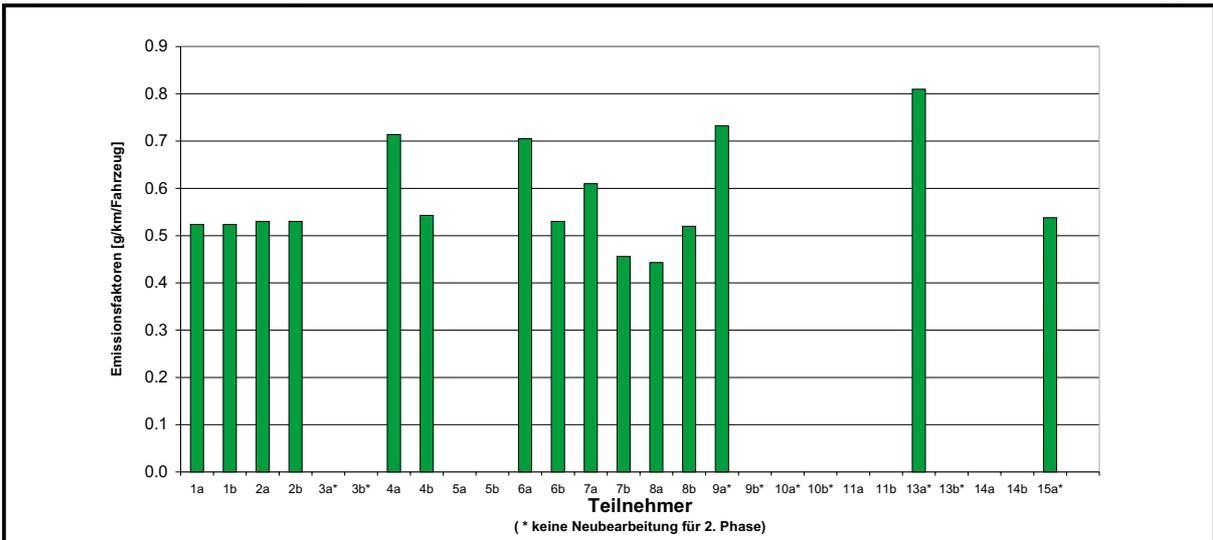


Abb. B2.6: Von den Teilnehmern für NO<sub>x</sub> angesetzte Emissionsfaktoren in der Bödekerstraße.  
 a = Phase 1; b = Phase 2;  
 oben: PKW, Mitte: INFZ, unten: sNFZ

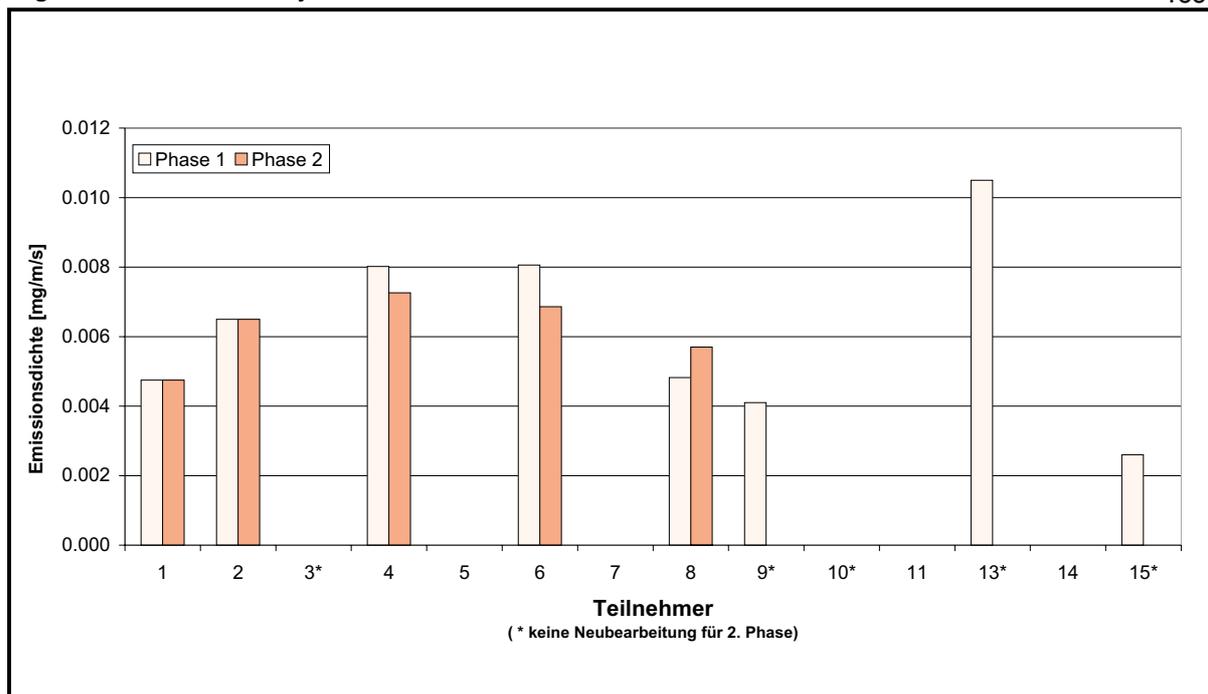


Abb. B2.7: Von den Teilnehmern berechnete Emissionsdichte für Benzol in der Ferd.-Wallbrecht-Straße

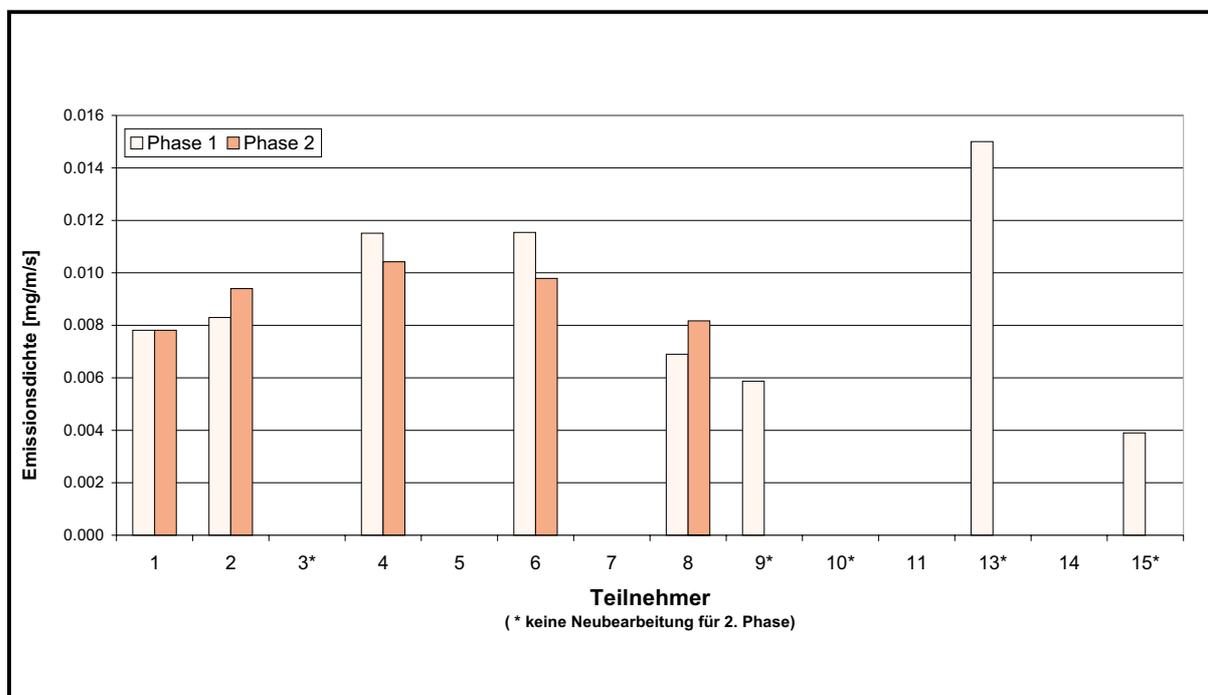


Abb. B2.8: Von den Teilnehmern berechnete Emissionsdichte für Benzol in der Bödekerstraße

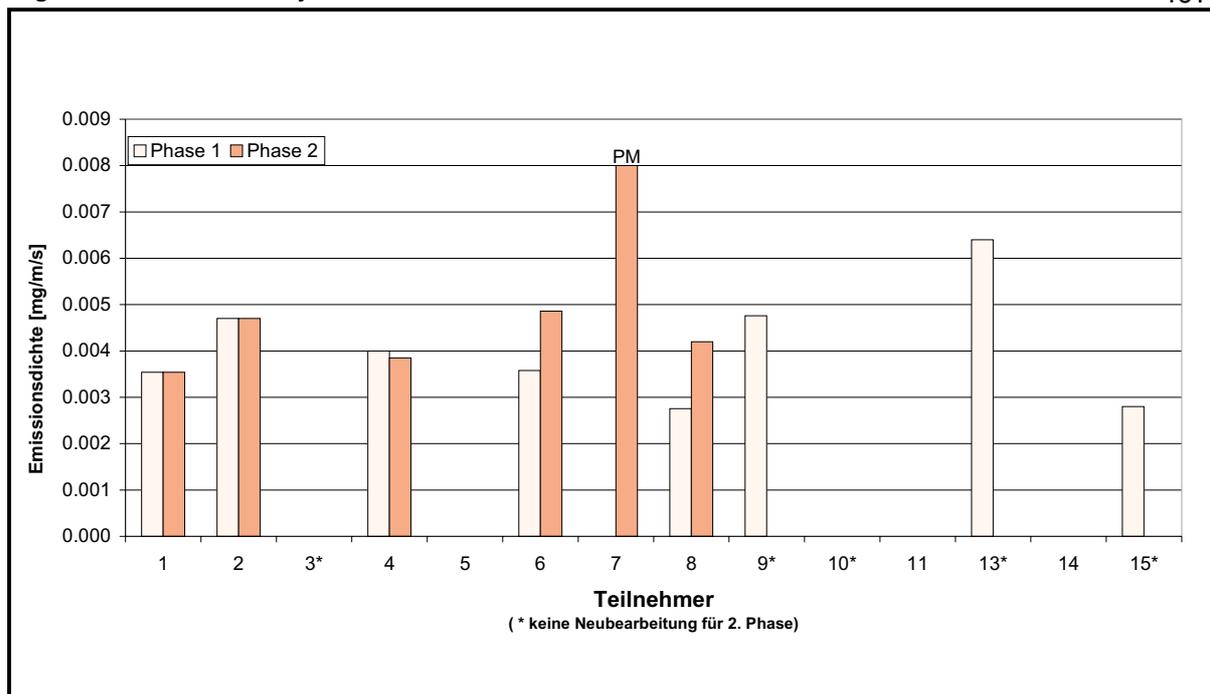


Abb. B2.9: Von den Teilnehmern berechnete Emissionsdichte für Ruß in der Ferd.-Wallbrecht-Strasse

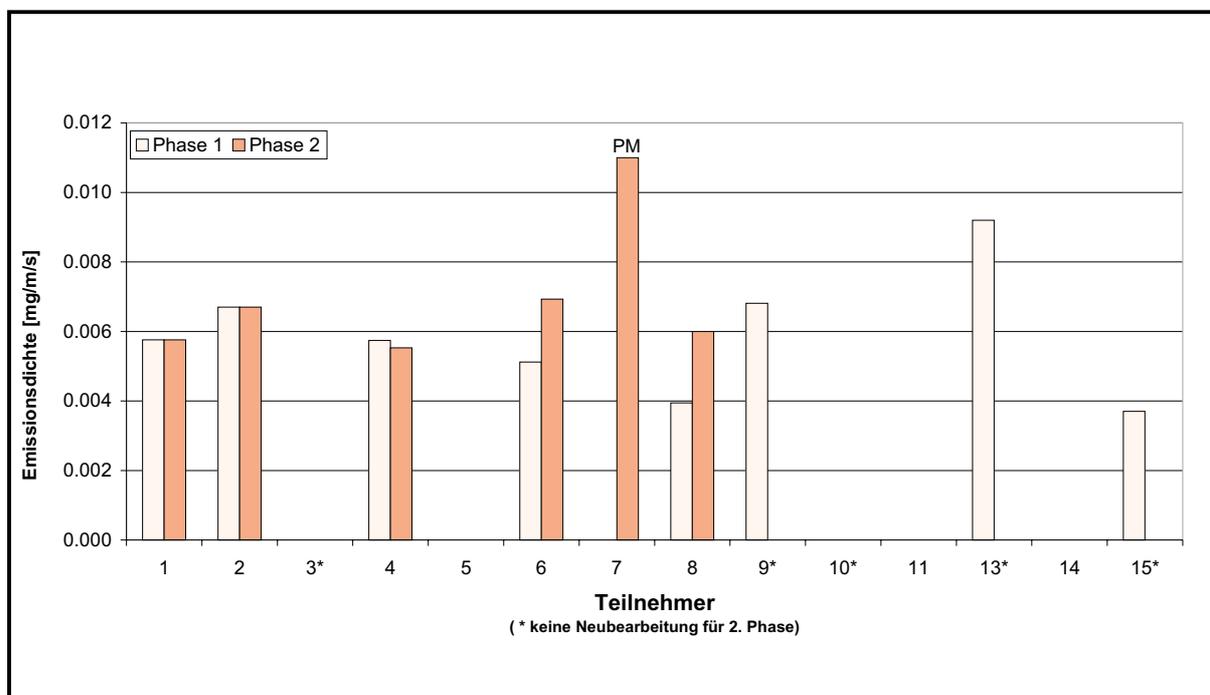


Abb. B2.10: Von den Teilnehmern berechnete Emissionsdichte für Ruß in der Bödekerstrasse

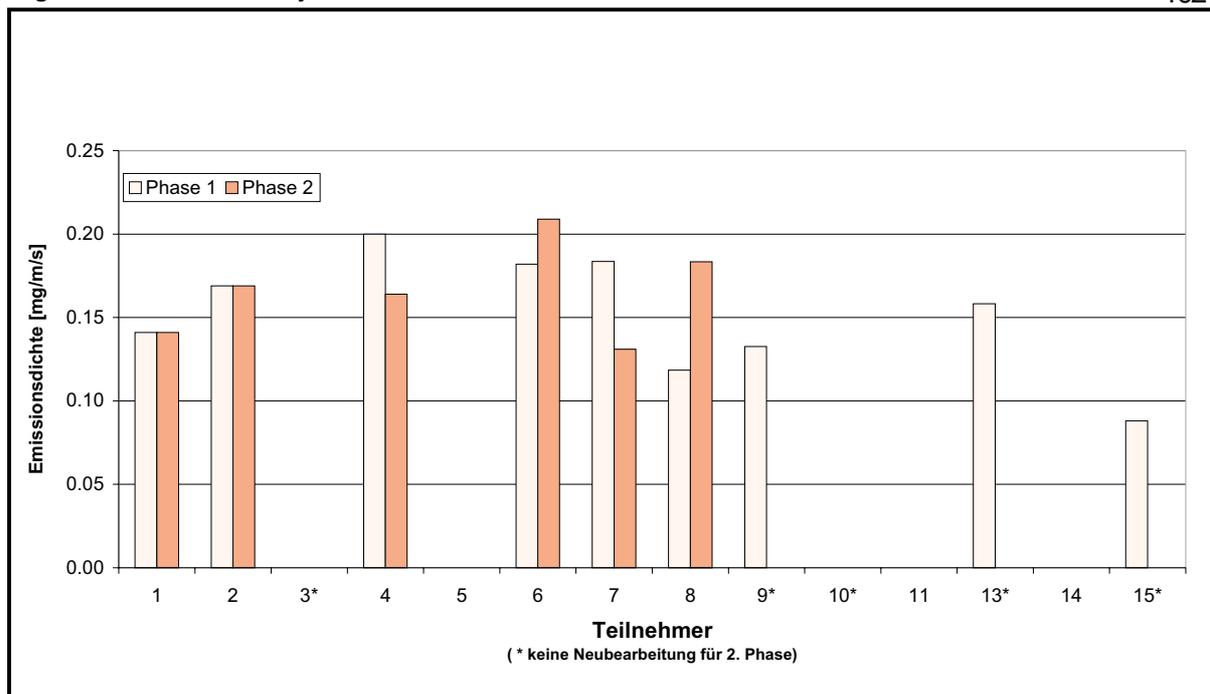


Abb. B2.11: Von den Teilnehmern berechnete Emissionsdichte für NO<sub>x</sub> in der Ferd.-Wallbrecht-Straße

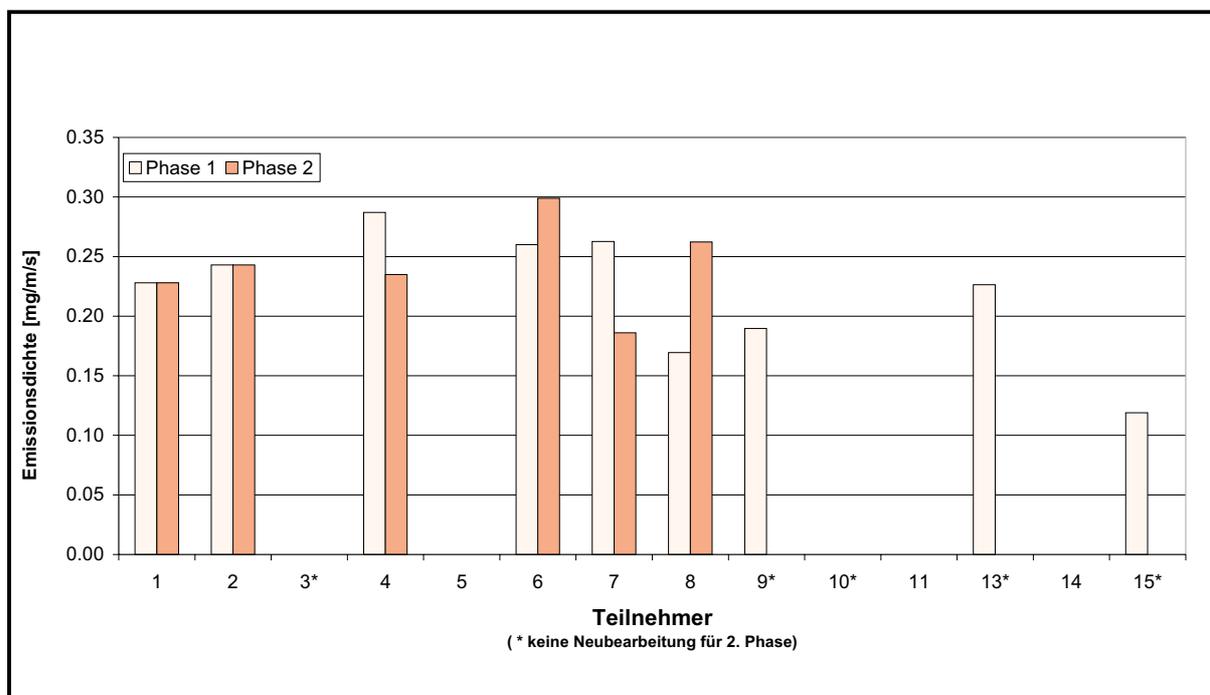


Abb. B2.12: Von den Teilnehmern berechnete Emissionsdichte für NO<sub>x</sub> in der Bödekerstraße

## **B3 AUSBREITUNGSMODELLIERUNG**

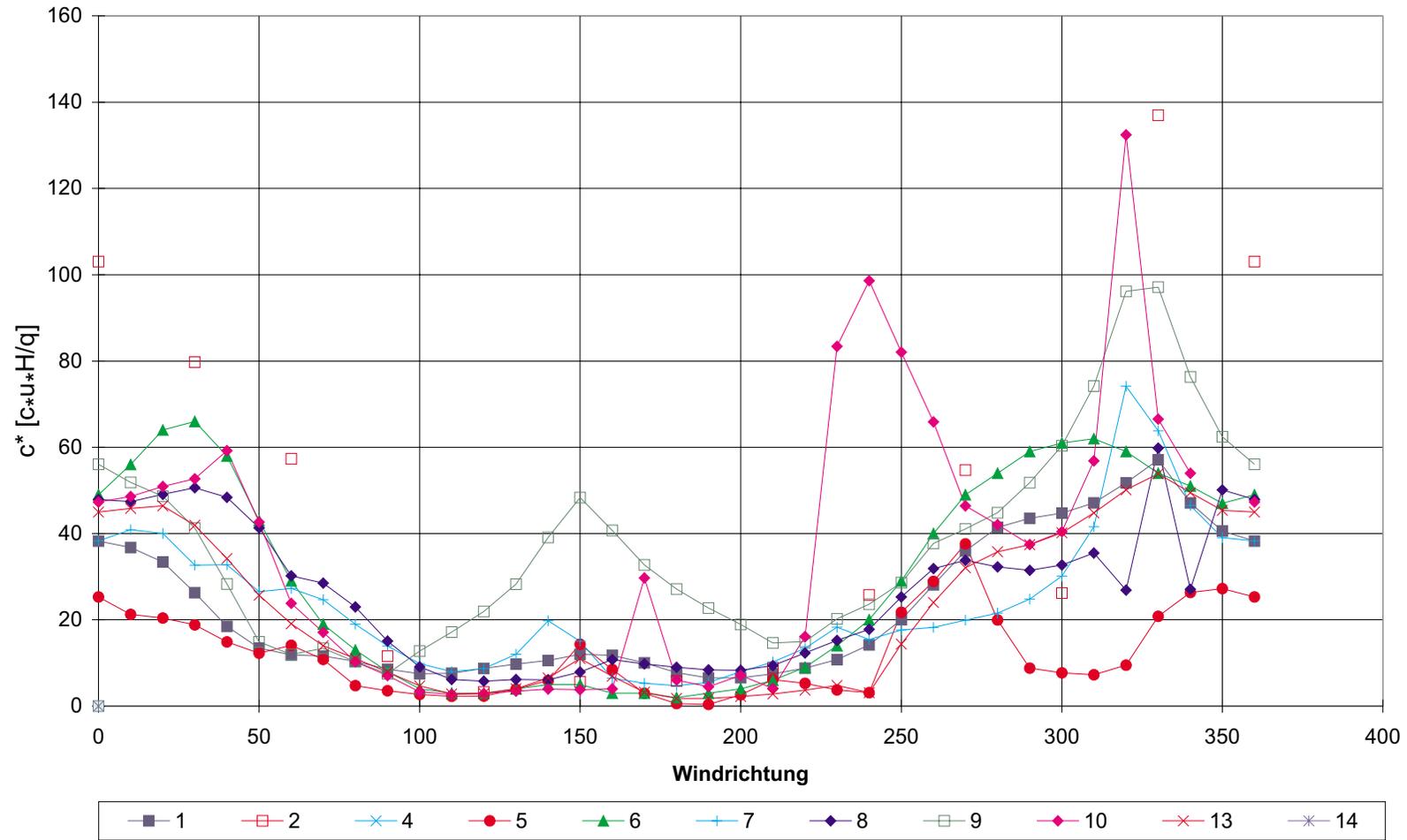


Abb. B3.1: Berechnete / gemessene  $c^*$ -Werte aller Teilnehmer für den Aufpunkt 2-Übersichtsbild - Phase 1

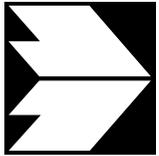
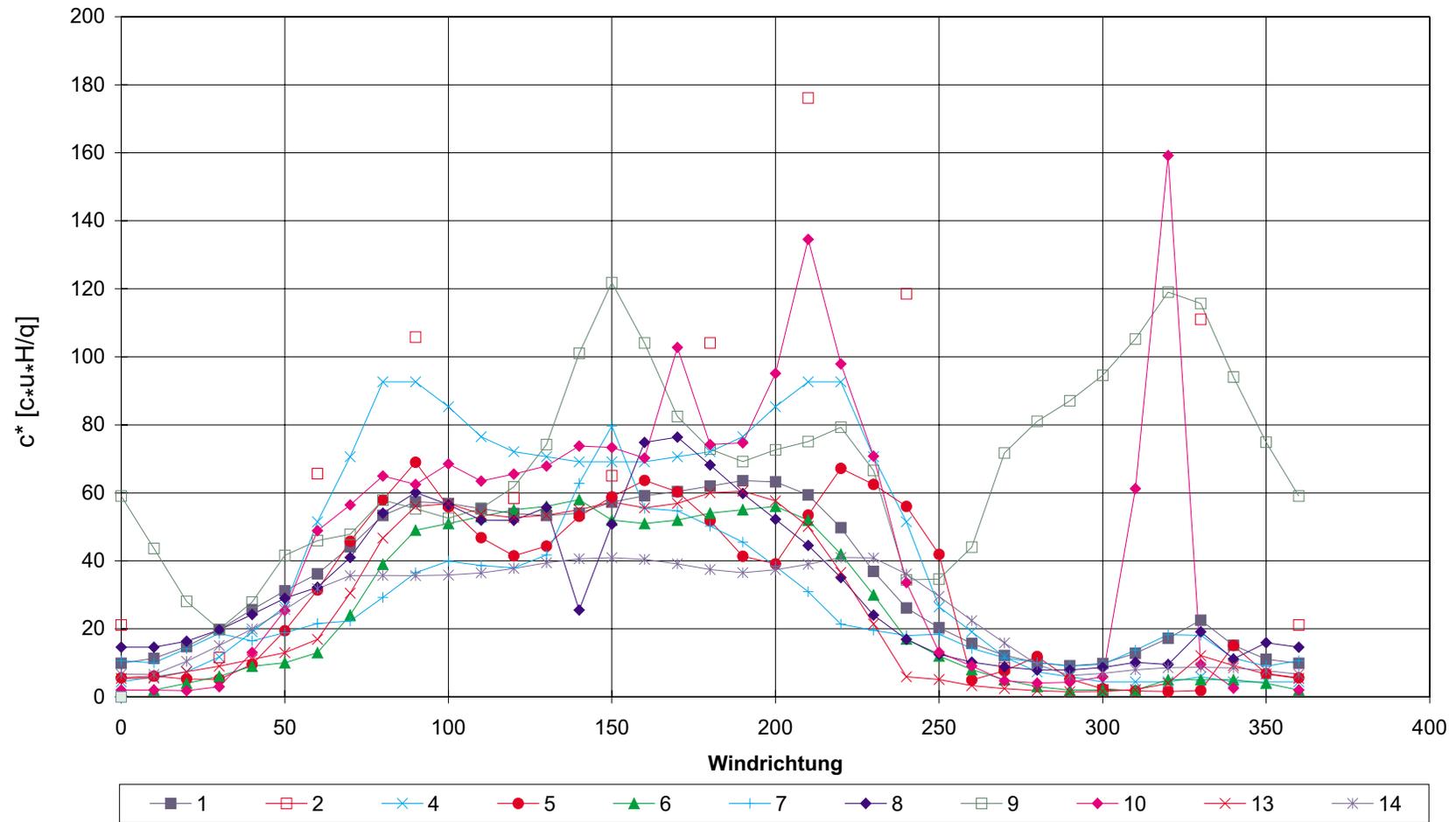


Abb. B3.2: Berechnete / gemessene  $c^*$ -Werte aller Teilnehmer für den Aufpunkt 3-Übersichtsbild - Phase 1

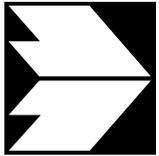
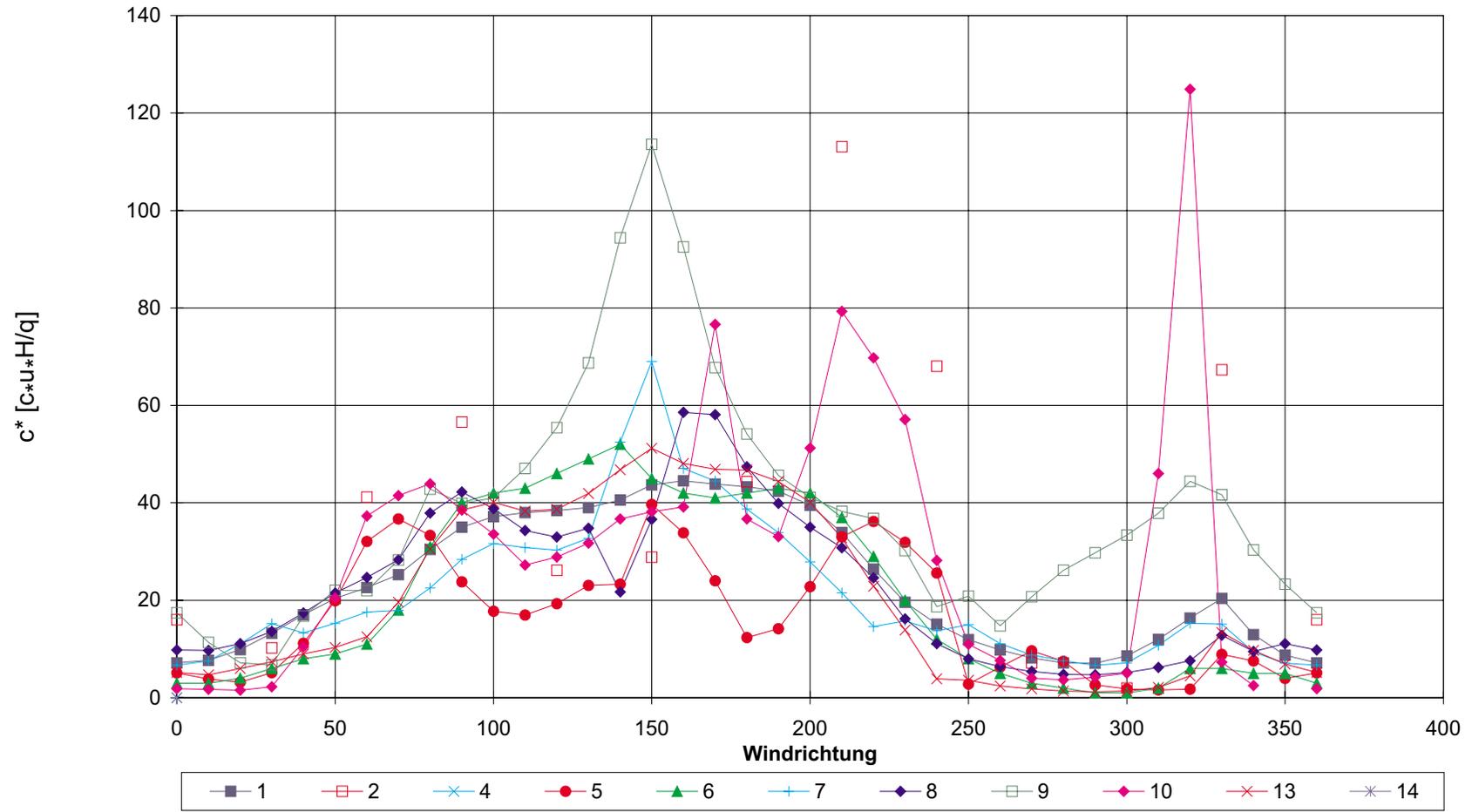


Abb. B3.3: Berechnete / gemessene  $c^*$ -Werte aller Teilnehmer für den Aufpunkt 4-Übersichtsbild - Phase 1

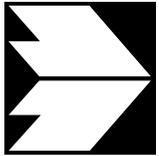
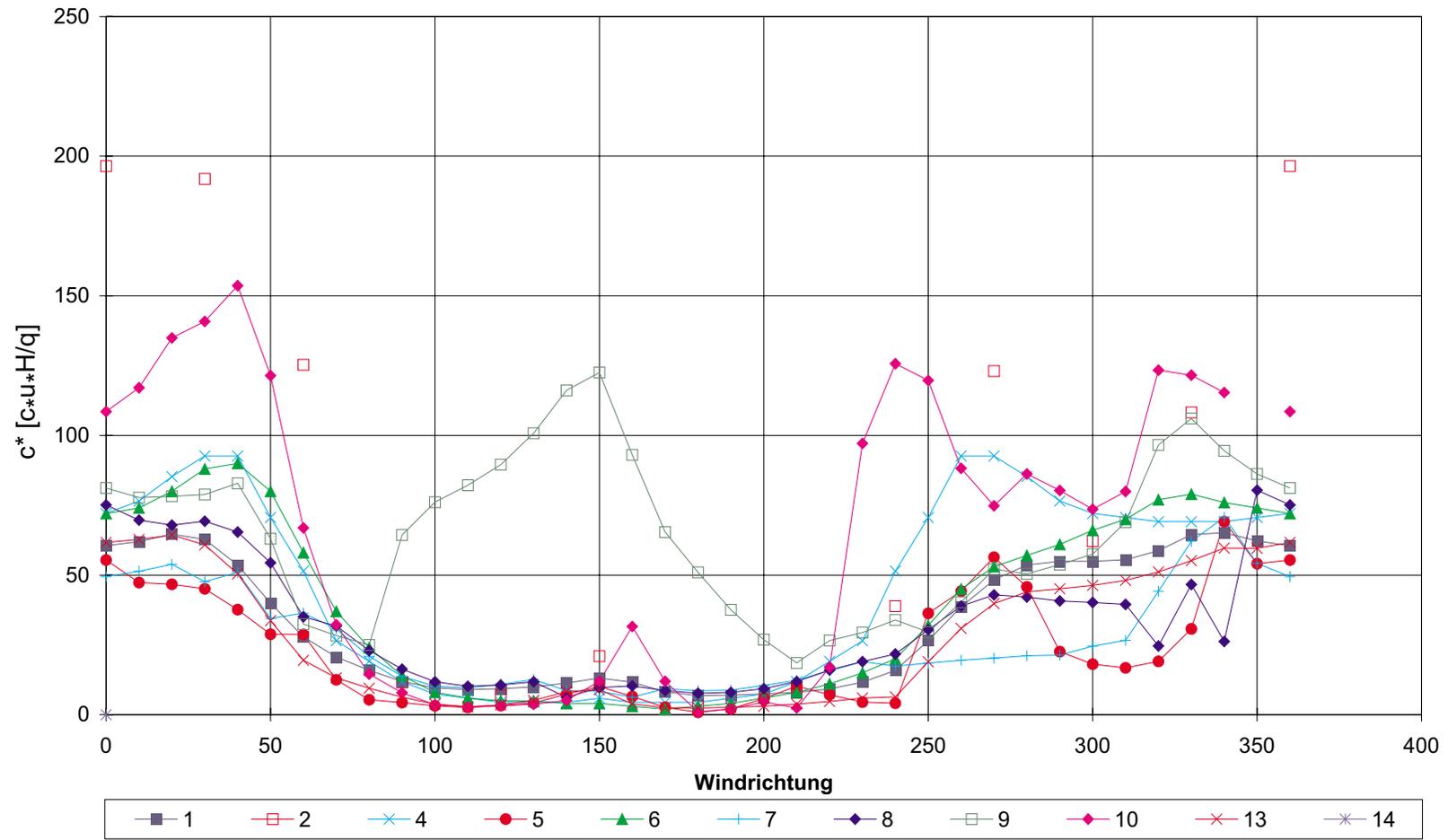


Abb. B3.4: Berechnete / gemessene  $c^*$ -Werte aller Teilnehmer für den Aufpunkt 5-Übersichtsbild - Phase 1

#### **B4 IMMISSIONSWERTE**

Berechnete Jahresmittelwerte für Benzol am Aufpunkt 2 für beide Untersuchungsphasen.

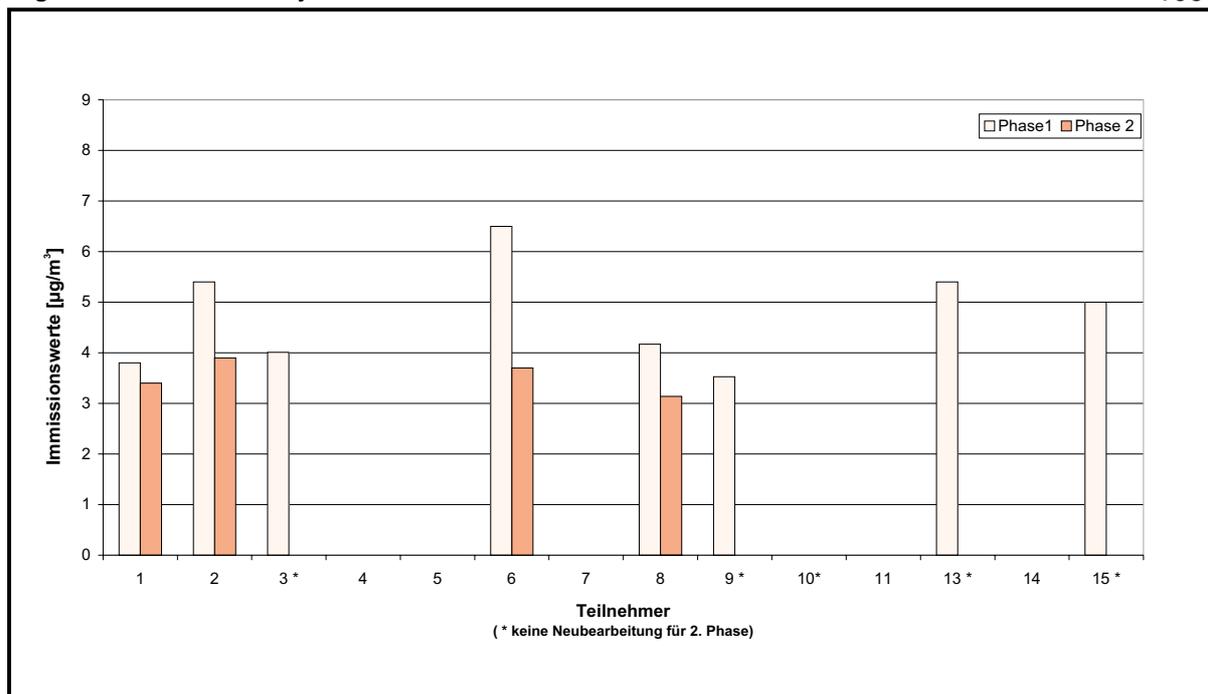


Abb. B4.1: Berechnete Jahresmittelwerte für Benzol am Aufpunkt 2 für beide Untersuchungsphasen

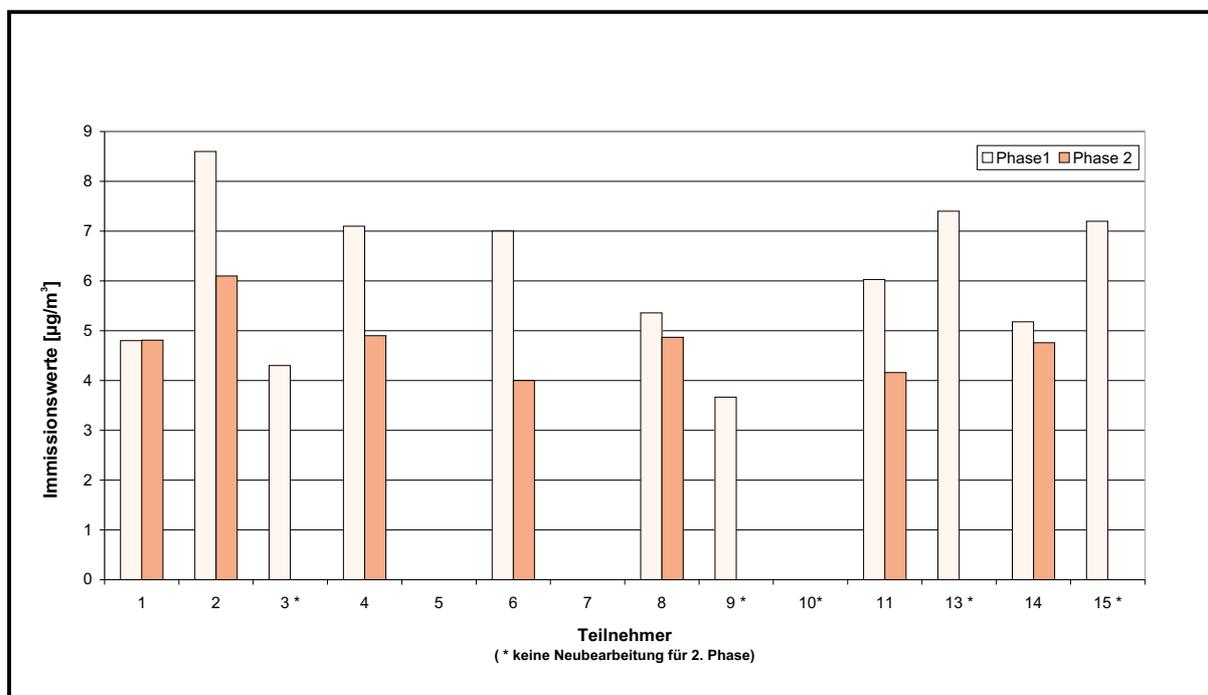


Abb. B4.2: Berechnete Jahresmittelwerte für Benzol am Aufpunkt 3 für beide Untersuchungsphasen

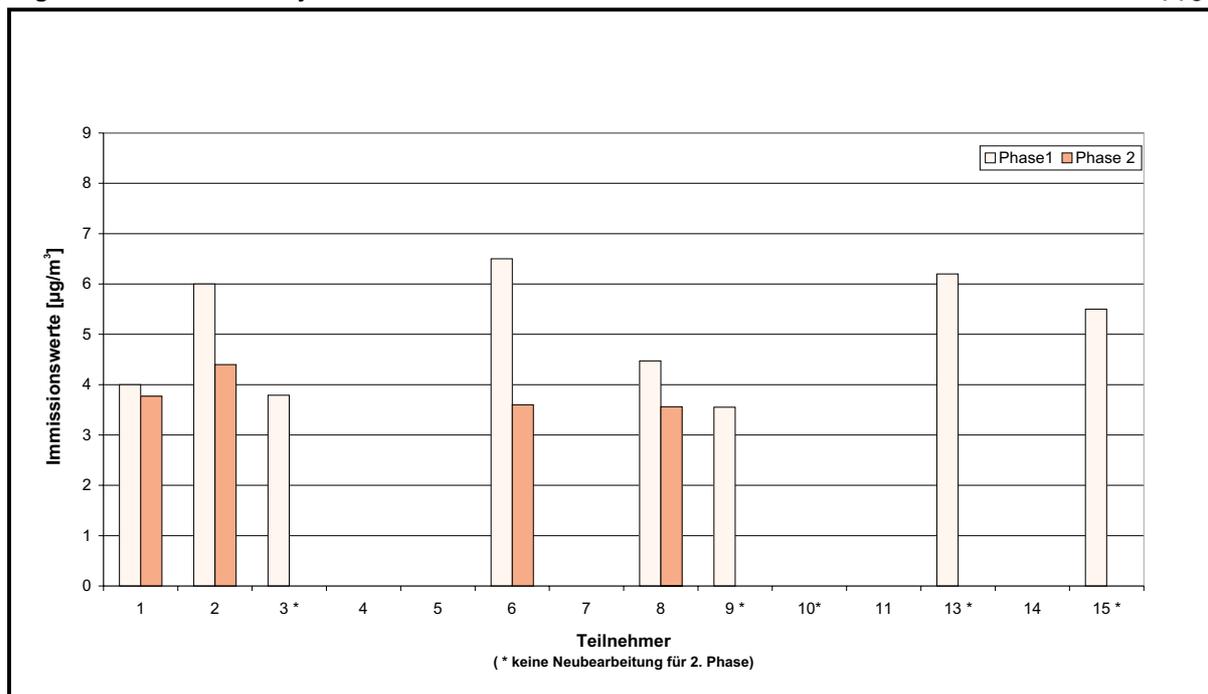


Abb. B4.3: Berechnete Jahresmittelwerte für Benzol am Aufpunkt 4 für beide Untersuchungsphasen

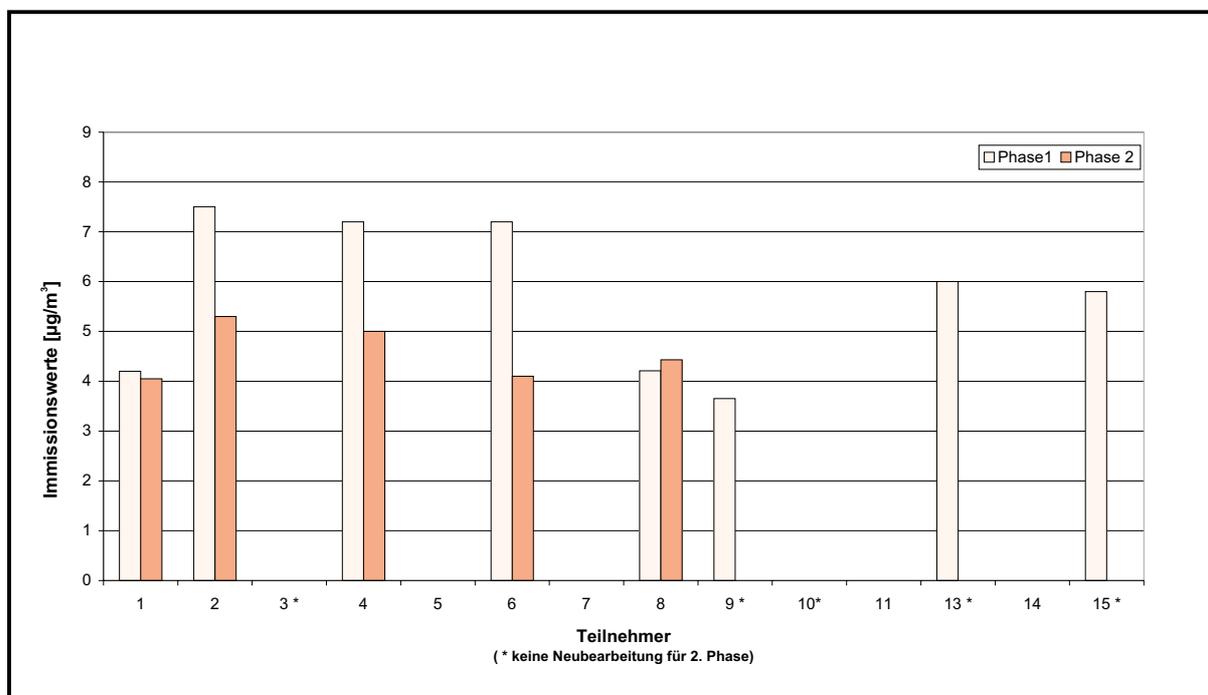


Abb. B4.4: Berechnete Jahresmittelwerte für Benzol am Aufpunkt 5 für beide Untersuchungsphasen

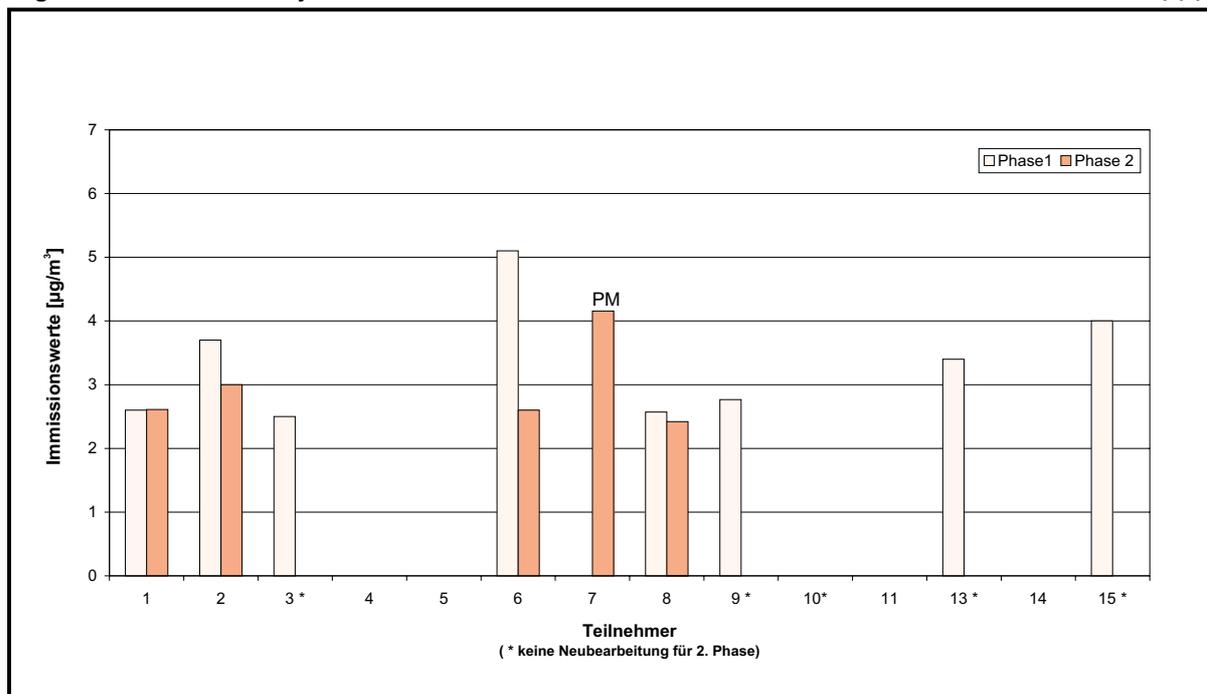


Abb. B4.5: Berechnete Jahresmittelwerte für Ruß am Aufpunkt 2 für beide Untersuchungsphasen

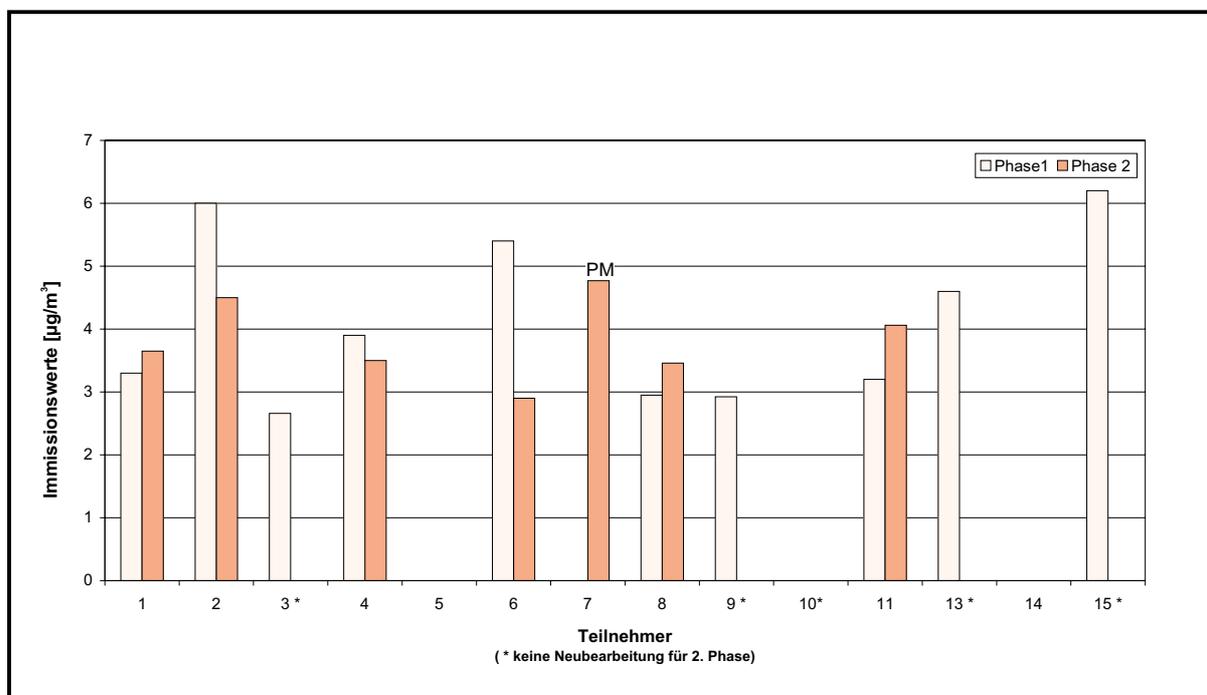


Abb. B4.6: Berechnete Jahresmittelwerte für Ruß am Aufpunkt 3 für beide Untersuchungsphasen

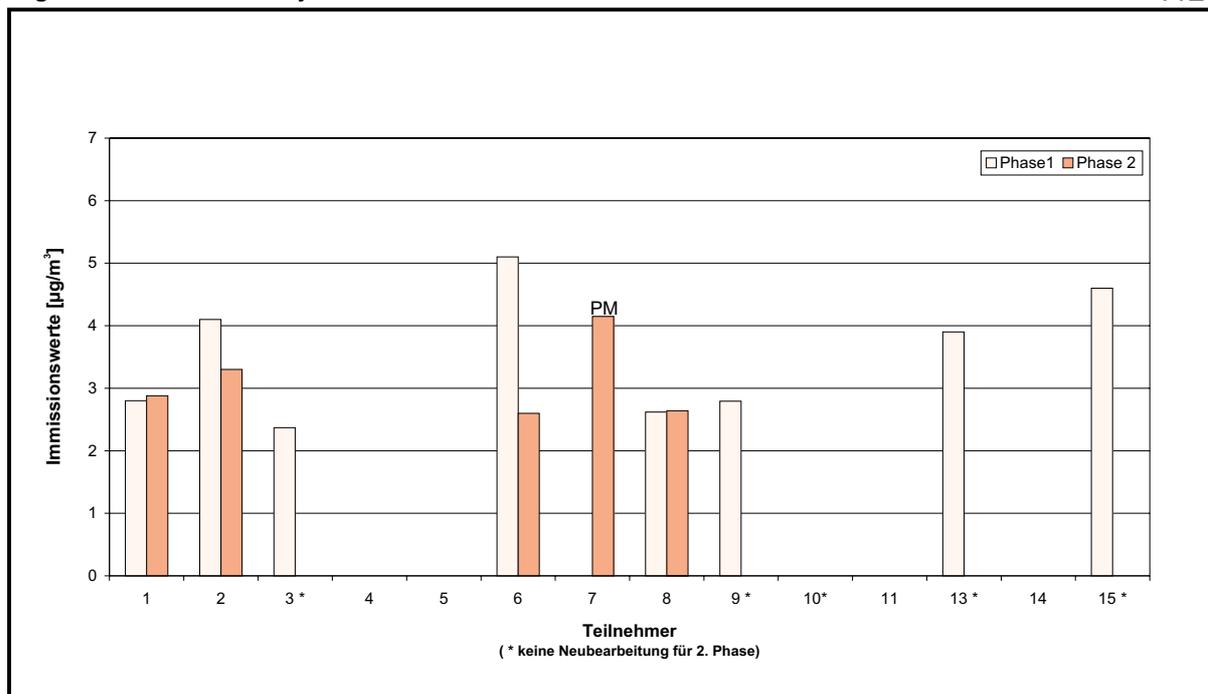


Abb. B4.7: Berechnete Jahresmittelwerte für Ruß am Aufpunkt 4 für beide Untersuchungsphasen

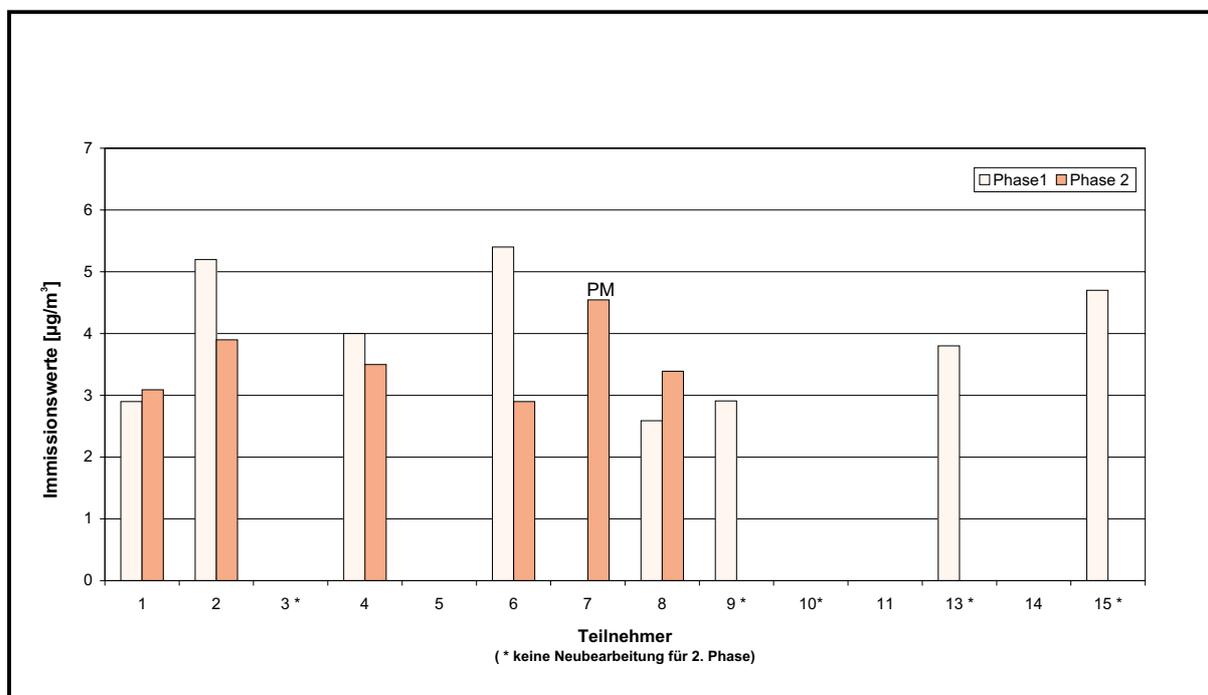


Abb. B4.8: Berechnete Jahresmittelwerte für Ruß am Aufpunkt 5 für beide Untersuchungsphasen

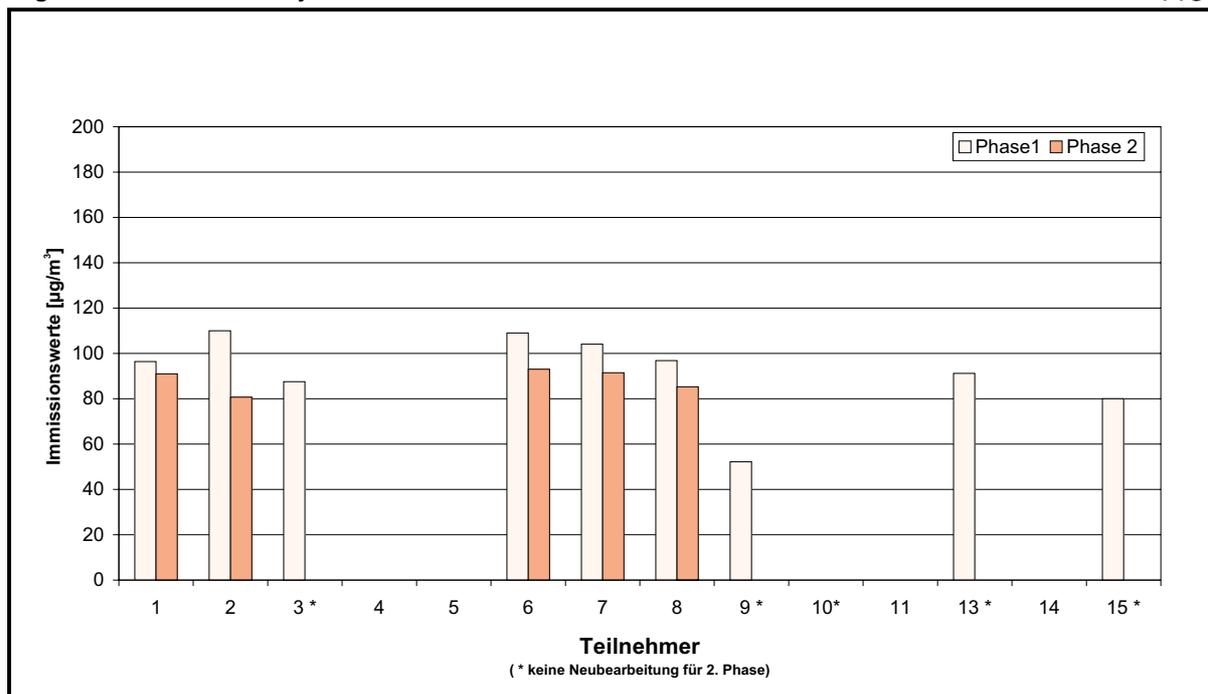


Abb. B4.9: Berechnete Jahresmittelwerte für NO<sub>x</sub> am Aufpunkt 2 für beide Untersuchungsphasen

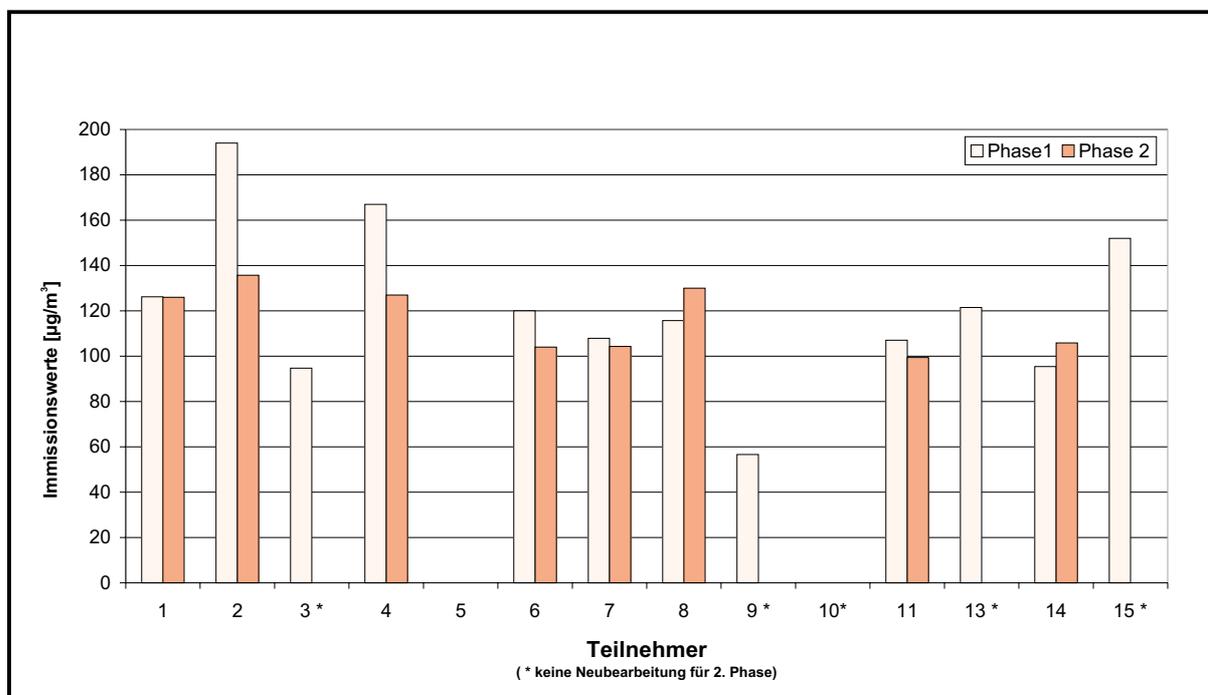


Abb. B4.10: Berechnete Jahresmittelwerte für NO<sub>x</sub> am Aufpunkt 3 für beide Untersuchungsphasen

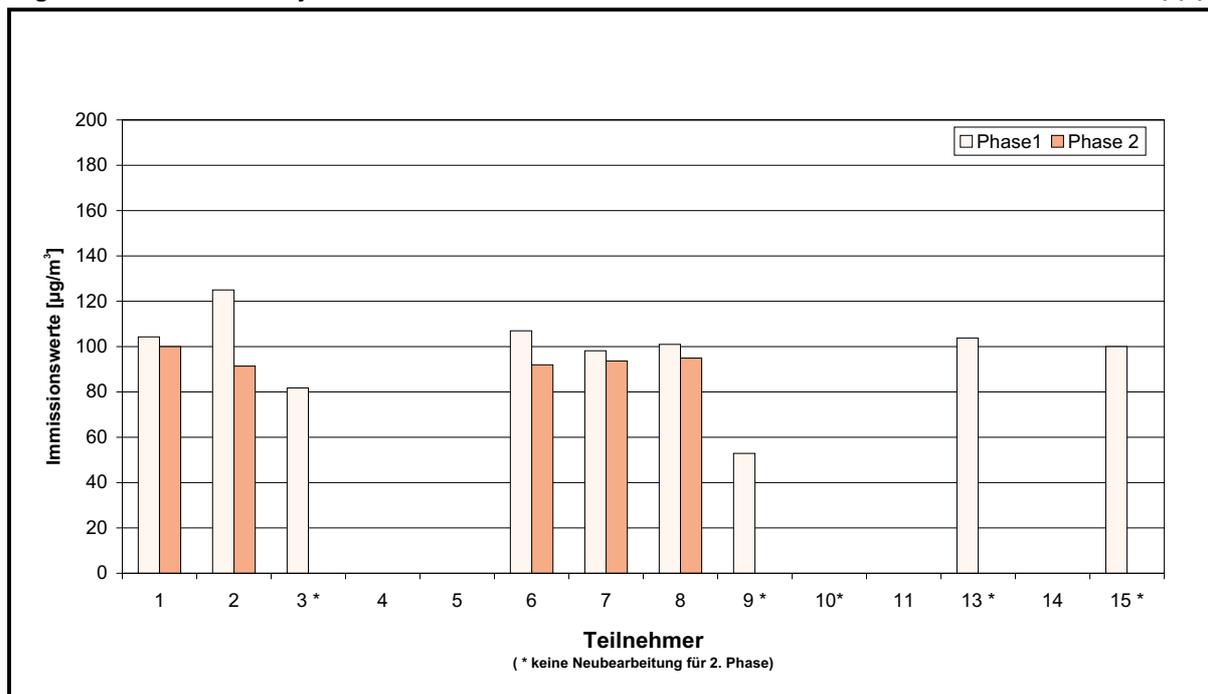


Abb. B4.11: Berechnete Jahresmittelwerte für NO<sub>x</sub> am Aufpunkt 4 für beide Untersuchungsphasen

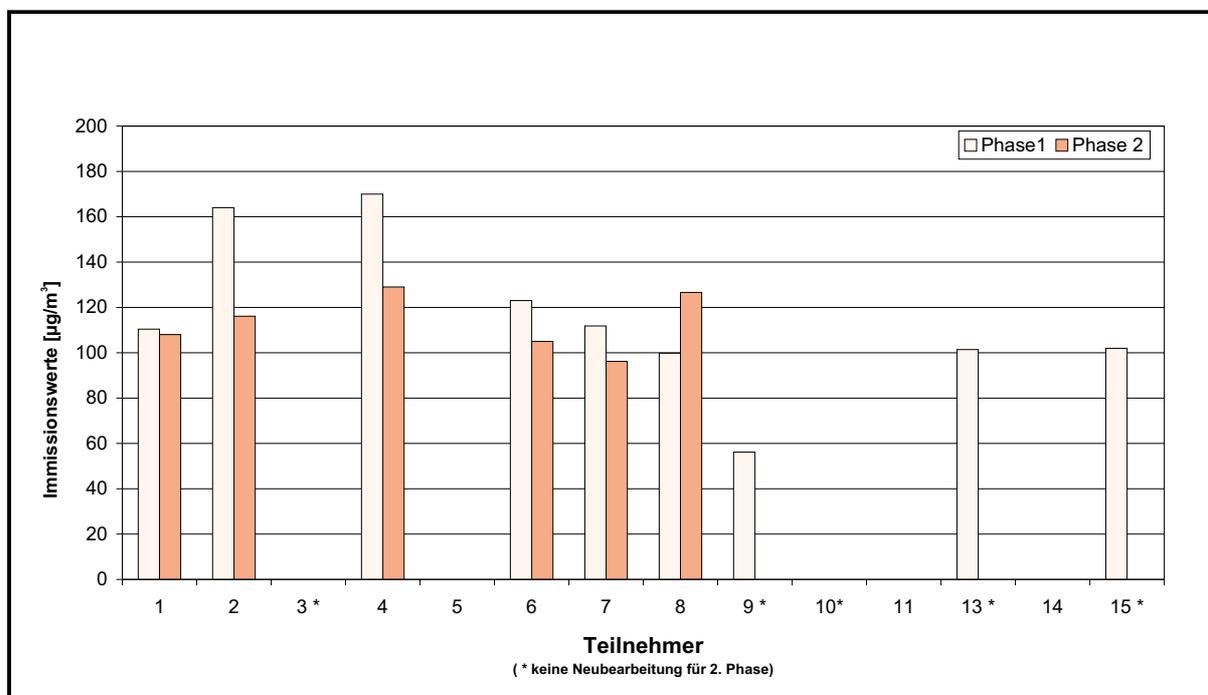


Abb. B4.12: Berechnete Jahresmittelwerte für NO<sub>x</sub> am Aufpunkt 5 für beide Untersuchungsphasen

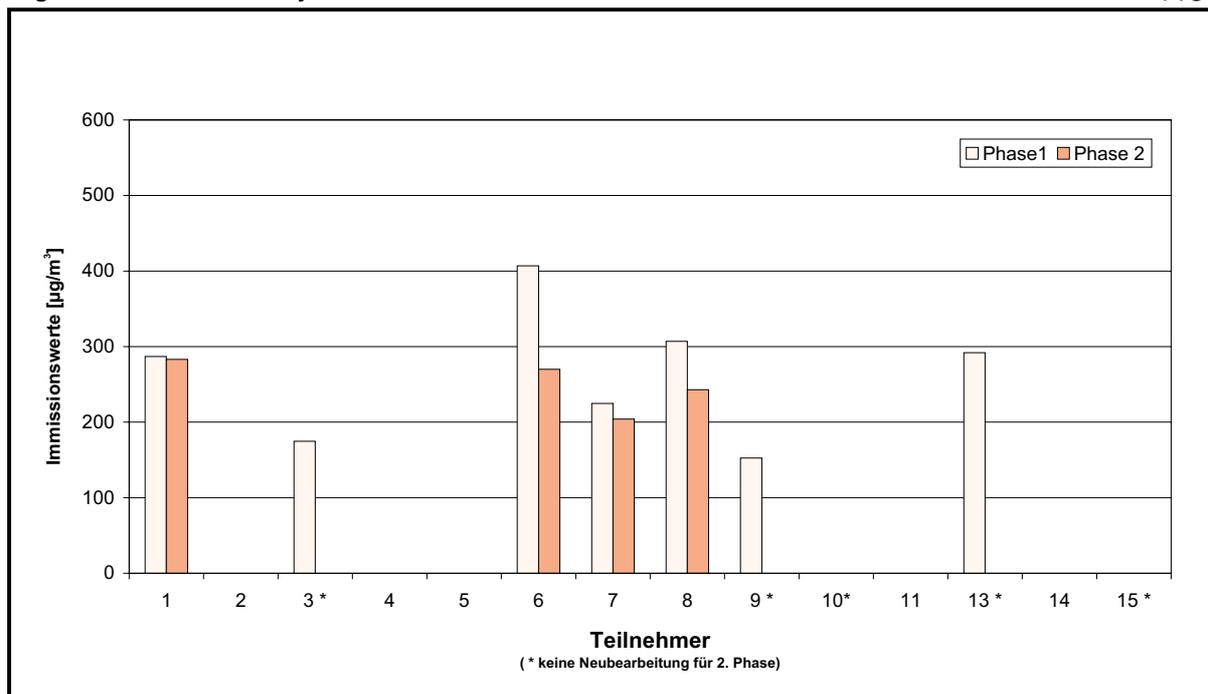


Abb. B4.13: Berechnete 98-Perzentilwerte für NO<sub>x</sub> am Aufpunkt 2 für beide Untersuchungsphasen

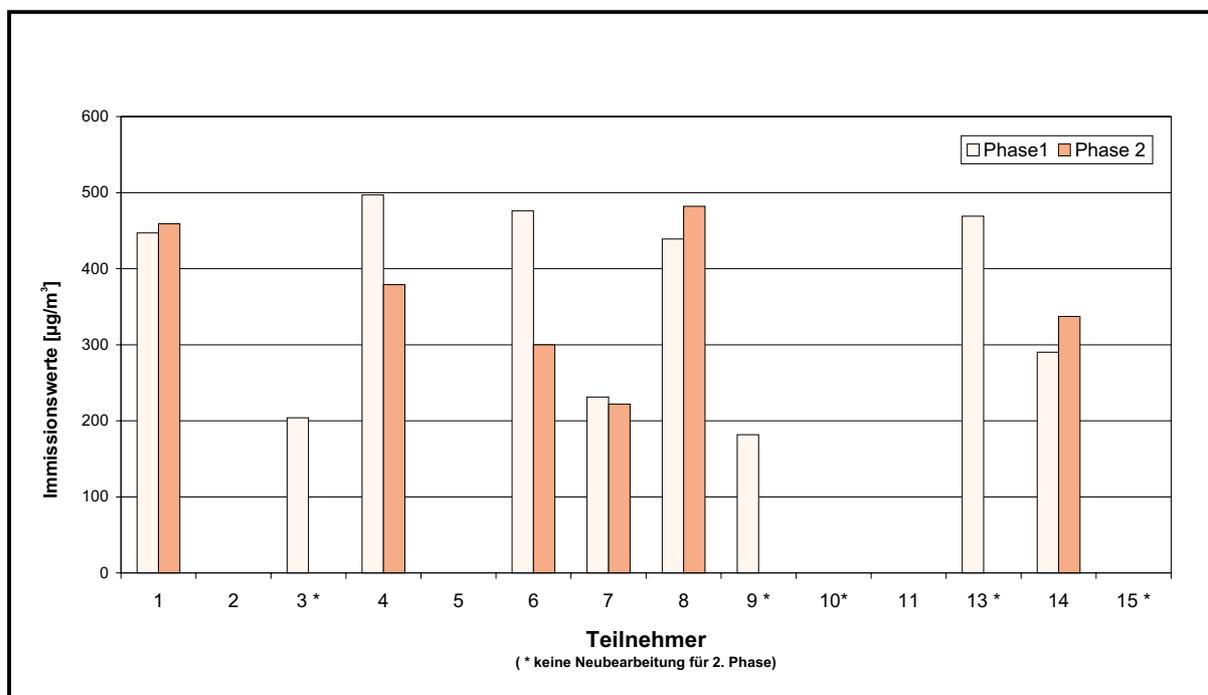


Abb. B4.14: Berechnete 98-Perzentilwerte für NO<sub>x</sub> am Aufpunkt 3 für beide Untersuchungsphasen

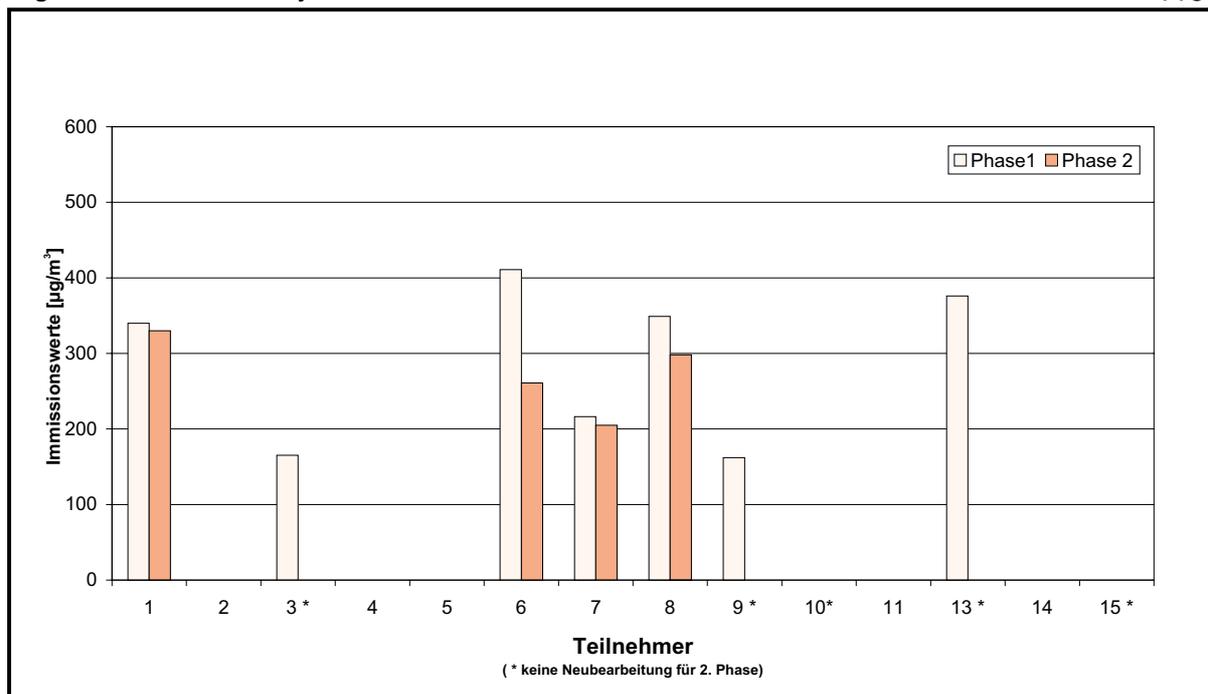


Abb. B4.15: Berechnete 98-Perzentilwerte für NO<sub>x</sub> am Aufpunkt 4 für beide Untersuchungsphasen

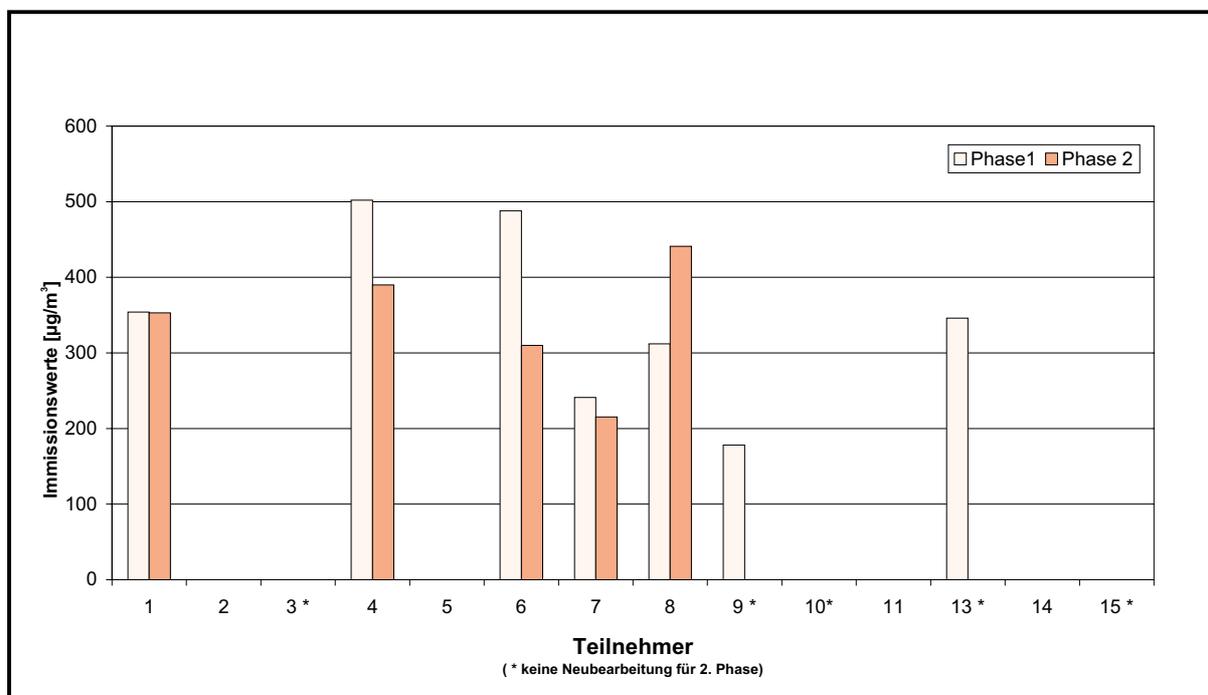


Abb. B4.16: Berechnete 98-Perzentilwerte für NO<sub>x</sub> am Aufpunkt 5 für beide Untersuchungsphasen

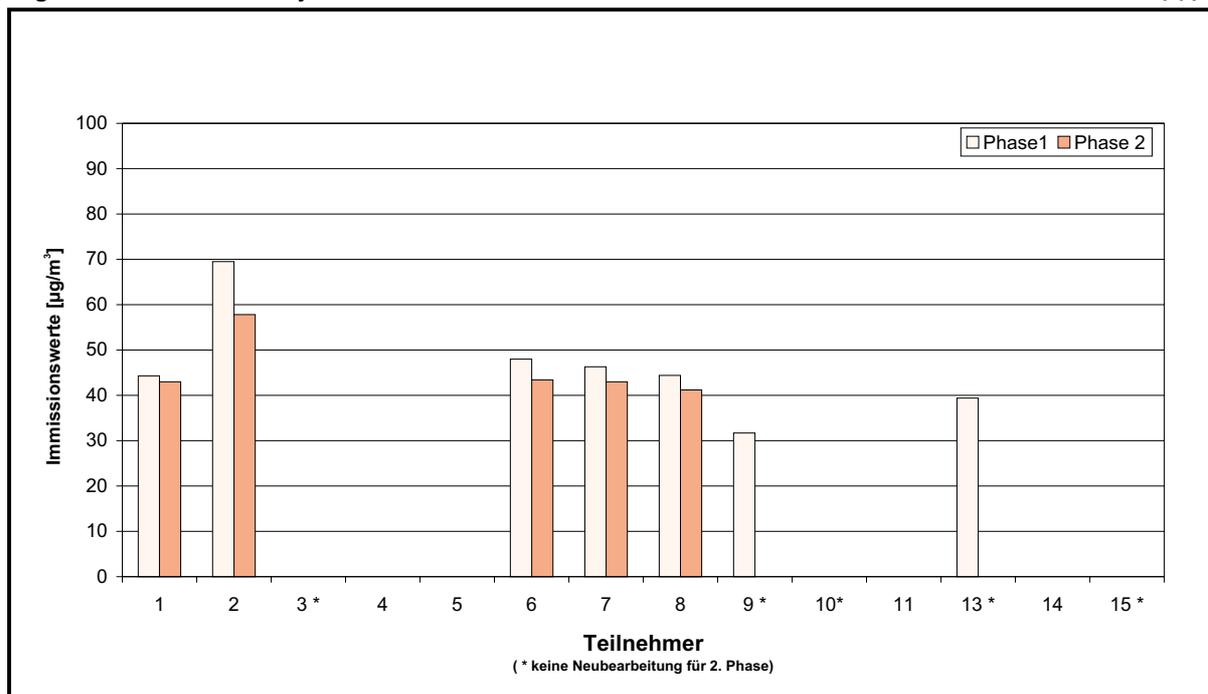


Abb. B4.17: Berechnete Jahresmittelwerte für NO<sub>2</sub> am Aufpunkt 2 für beide Untersuchungsphasen

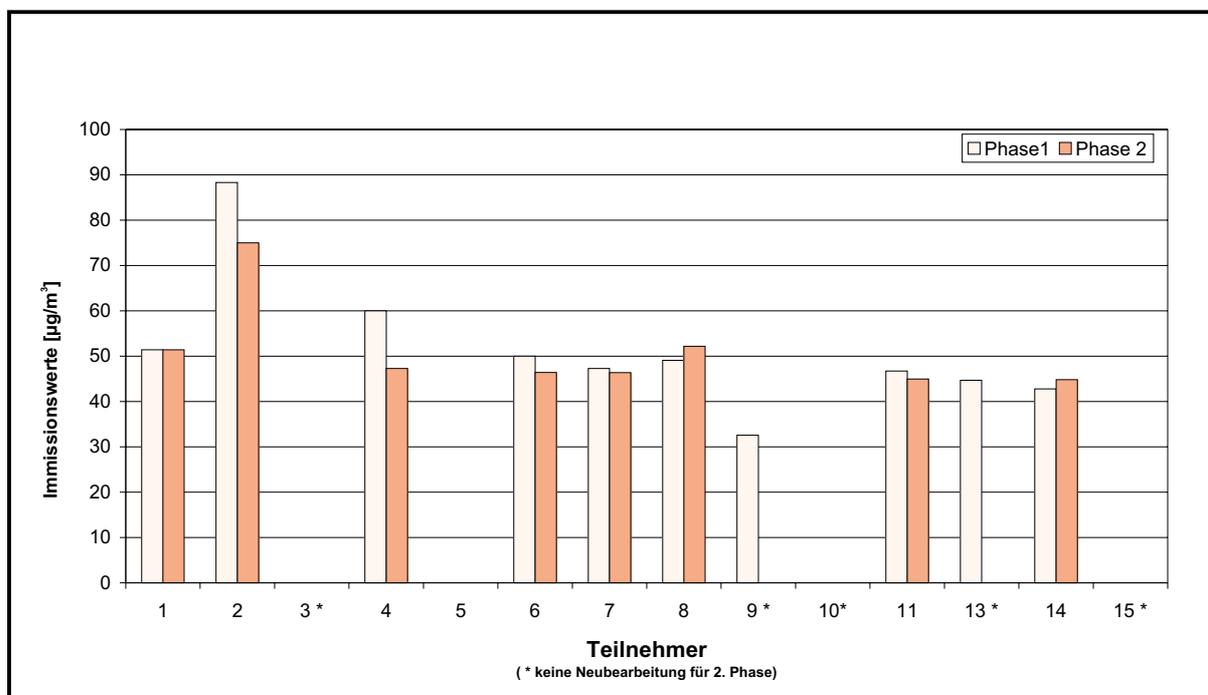


Abb. B4.18: Berechnete Jahresmittelwerte für NO<sub>2</sub> am Aufpunkt 3 für beide Untersuchungsphasen

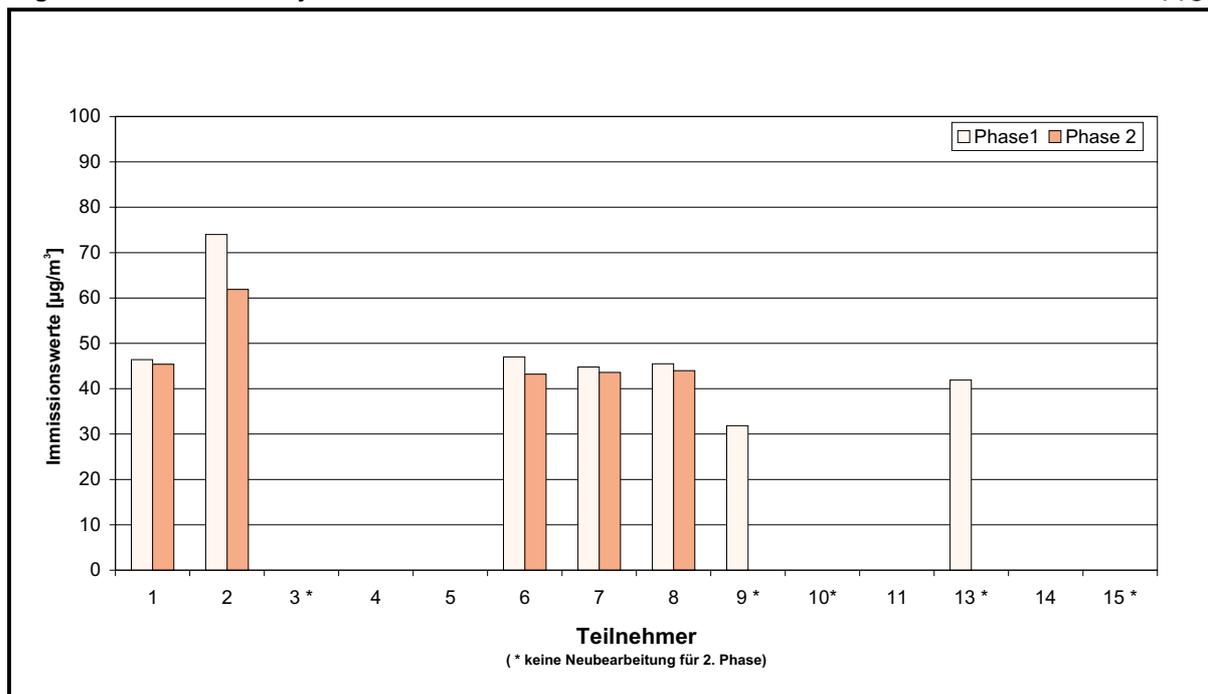


Abb. B4.19: Berechnete Jahresmittelwerte für NO<sub>2</sub> am Aufpunkt 4 für beide Untersuchungsphasen

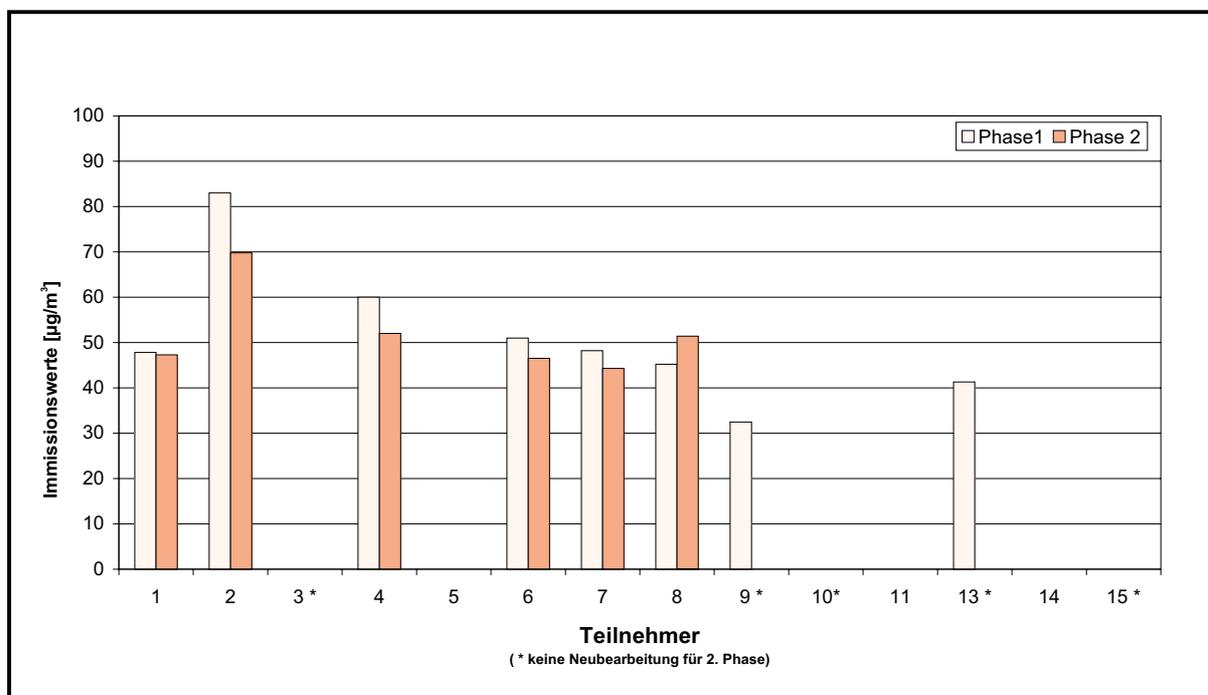


Abb. B4.20: Berechnete Jahresmittelwerte für NO<sub>2</sub> am Aufpunkt 5 für beide Untersuchungsphasen

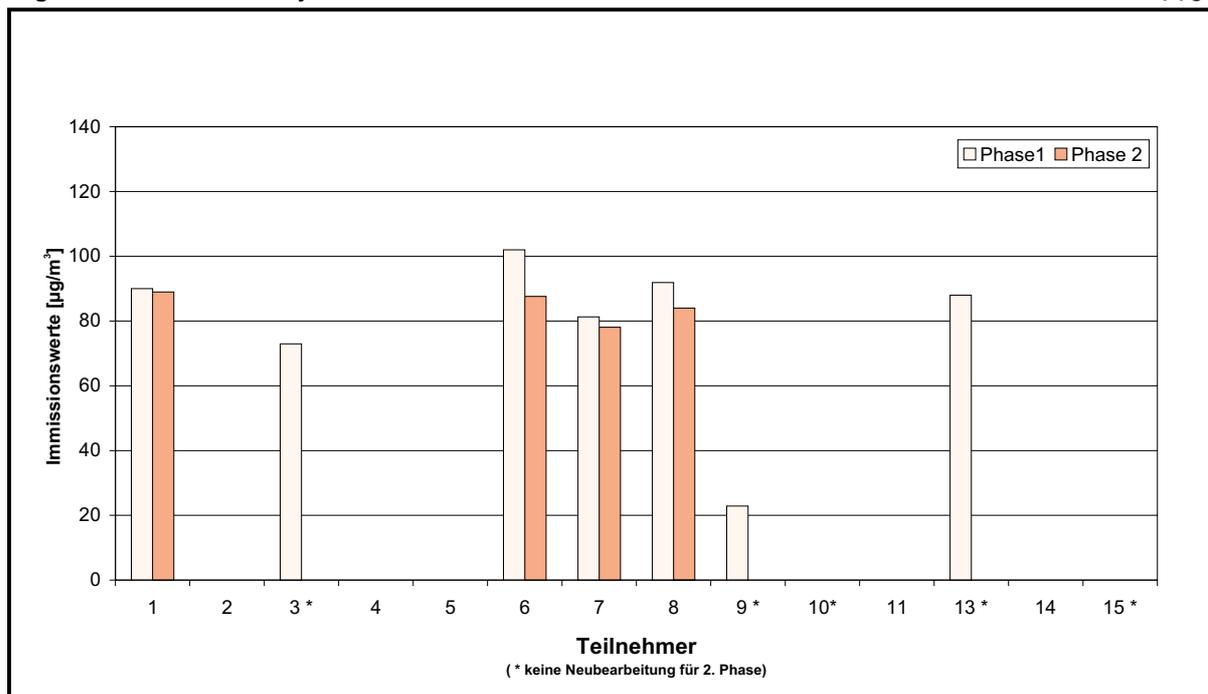


Abb. B4.21: Berechnete 98-Perzentilwerte für NO<sub>2</sub> am Aufpunkt 2 für beide Untersuchungsphasen

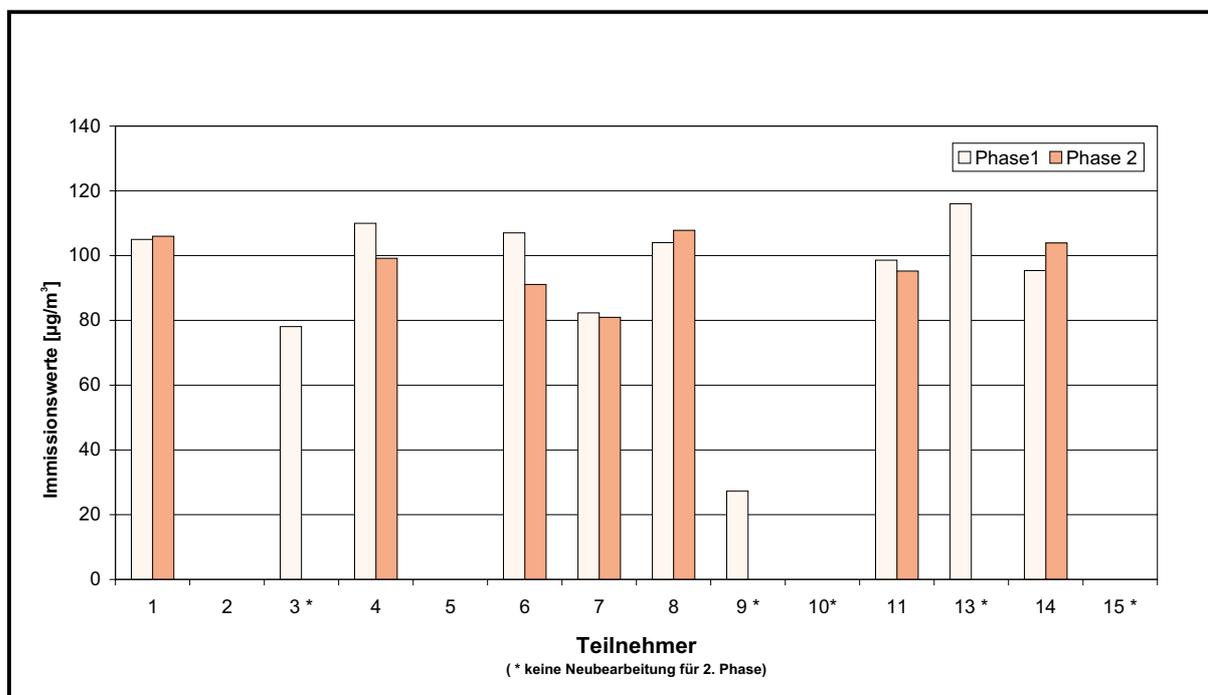


Abb. B4.22: Berechnete 98-Perzentilwerte für NO<sub>2</sub> am Aufpunkt 3 für beide Untersuchungsphasen

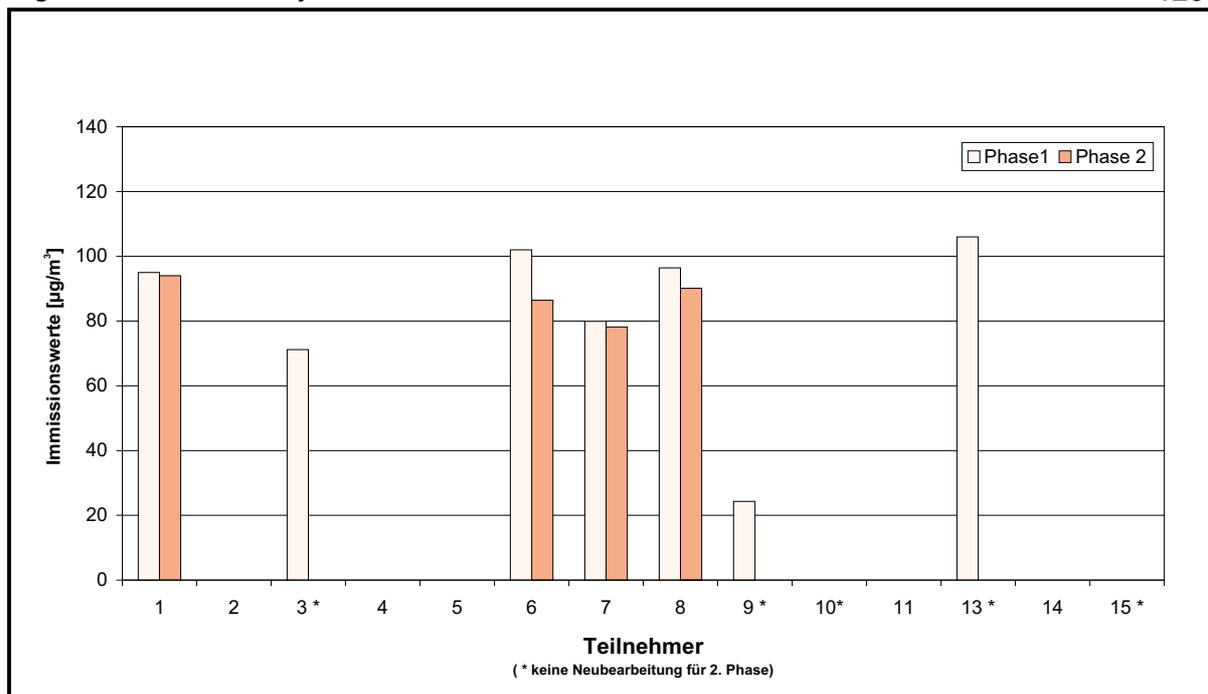


Abb. B4.23: Berechnete 98-Perzentilwerte für NO<sub>2</sub> am Aufpunkt 4 für beide Untersuchungsphasen

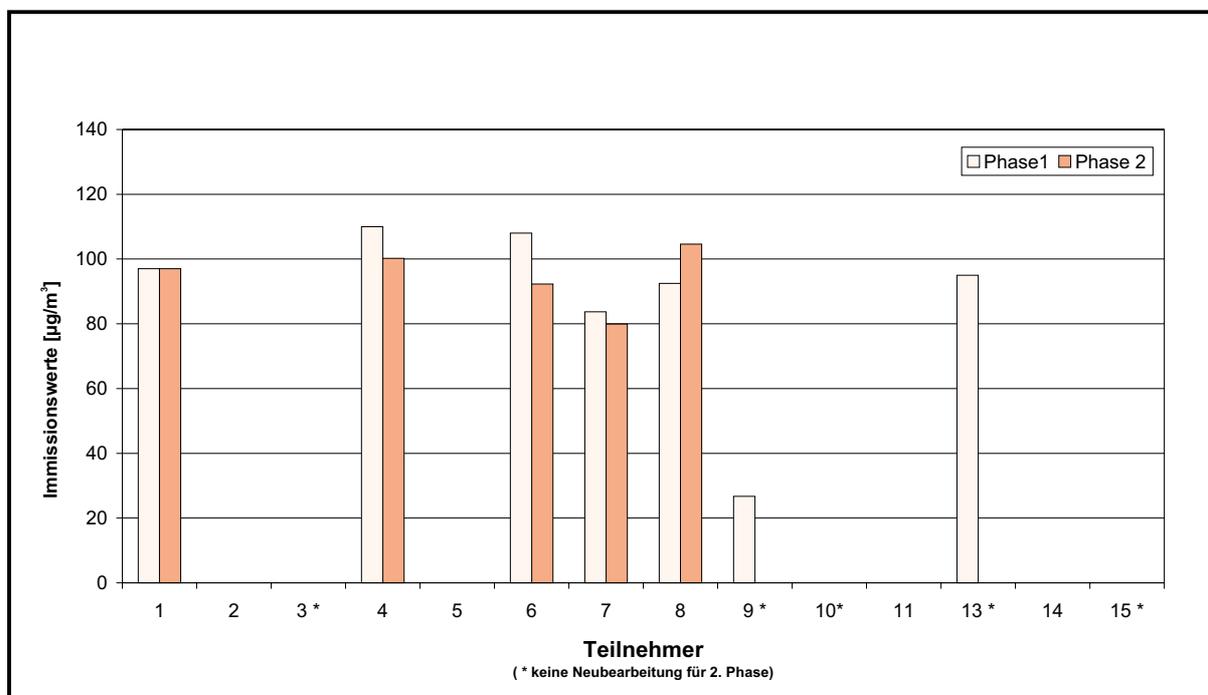


Abb. B4.24: Berechnete 98-Perzentilwerte für NO<sub>2</sub> am Aufpunkt 5 für beide Untersuchungsphasen

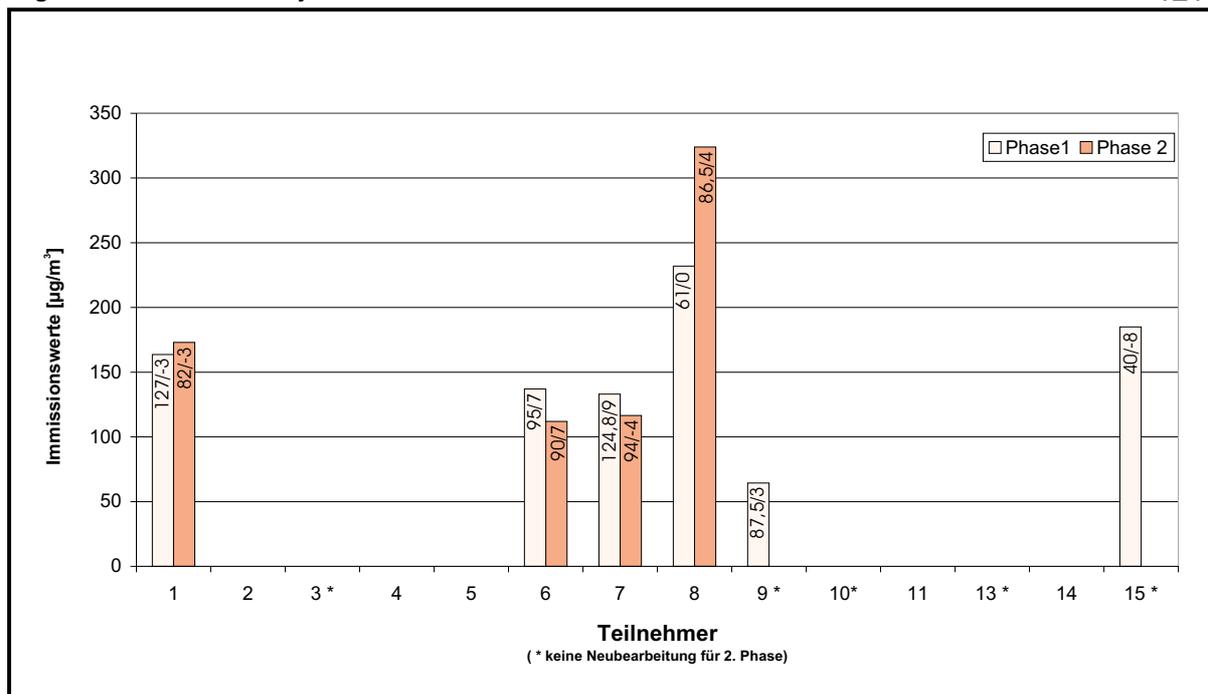


Abb. B4.25: Berechnete maximale Immissionswerte (Hotspots) für NO<sub>x</sub>-Jahresmittelwerte sowie deren Lage (bezogen auf das Koordinatensystem in Abb. 4.1) in x/y-Richtung

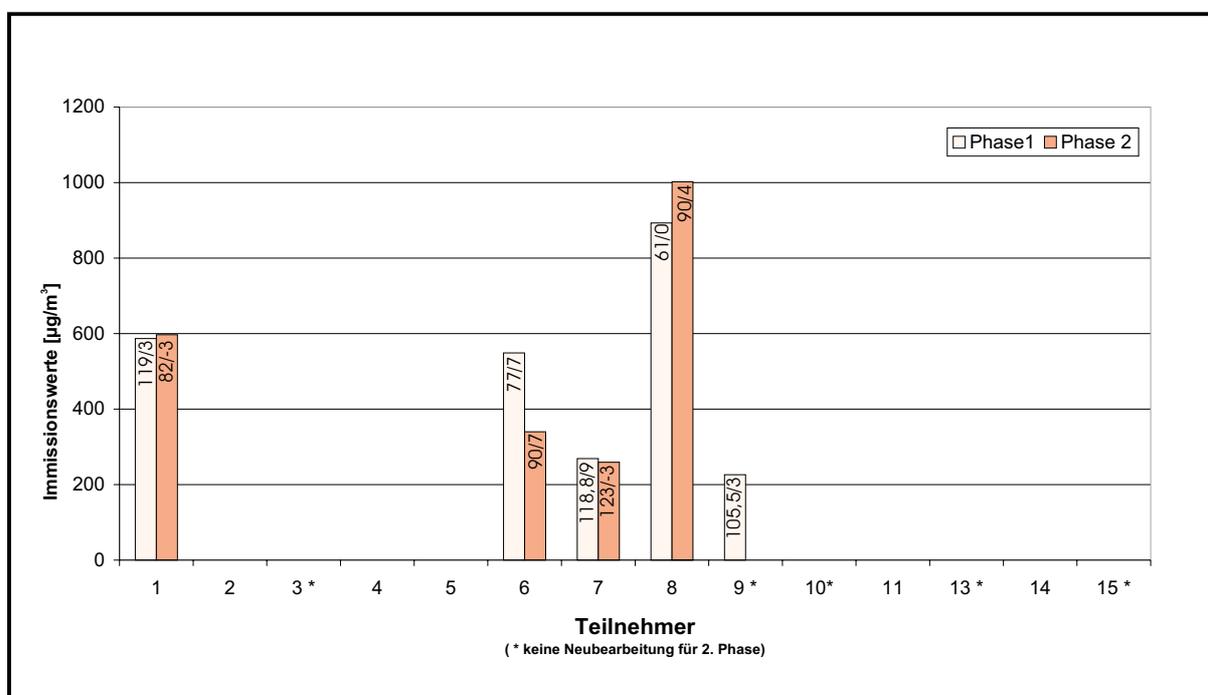


Abb. B4.26: Berechnete maximale Immissionswerte (Hotspots) für NO<sub>x</sub>-98-Perzentilwerte sowie deren Lage (bezogen auf das Koordinatensystem in Abb. 4.1) in x/y-Richtung

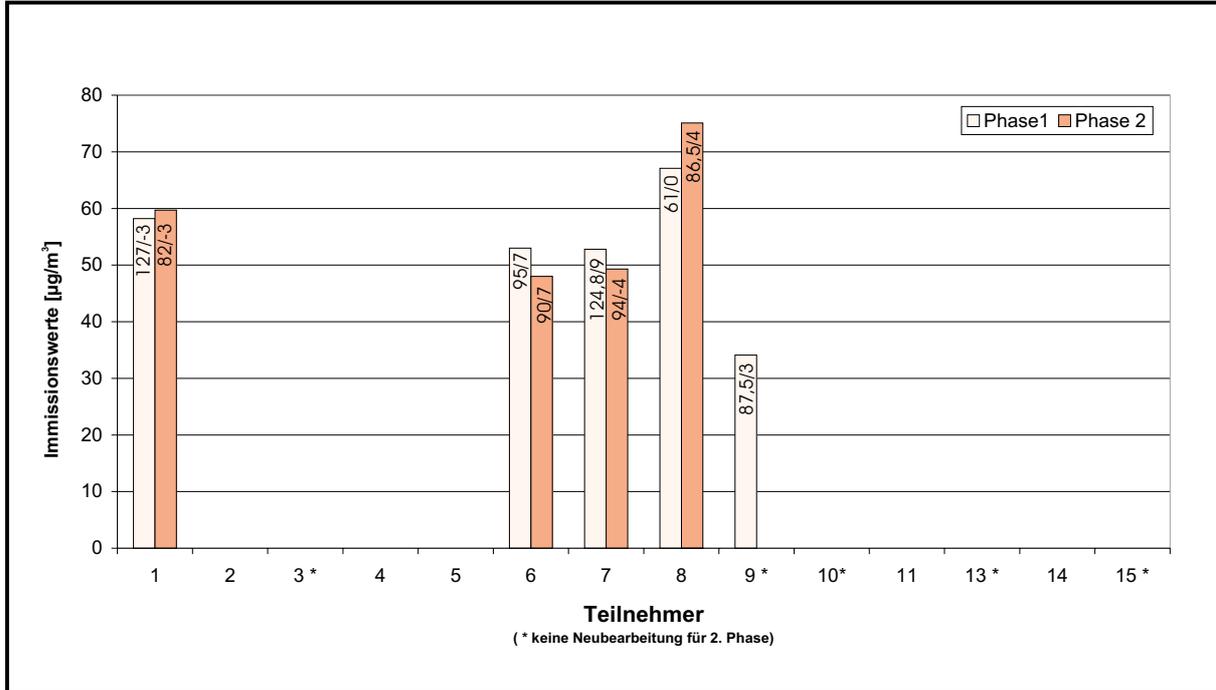


Abb. B4.27: Berechnete maximale Immissionswerte (Hotspots) für NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte sowie deren Lage (bezogen auf das Koordinatensystem in Abb. 4.1) in x/y-Richtung

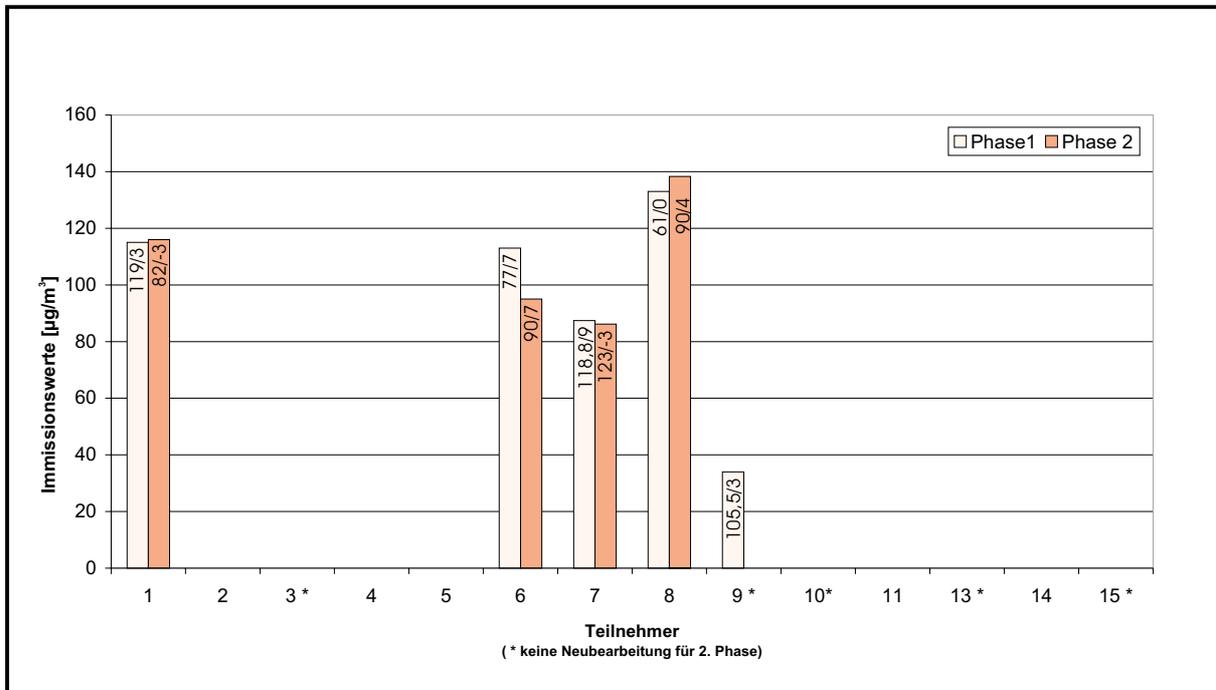


Abb. B4.28: Berechnete maximale Immissionswerte (Hotspots) für NO<sub>2</sub>-98-Perzentilwerte sowie deren Lage (bezogen auf das Koordinatensystem in Abb. 4.1) in x/y-Richtung