

---

# Materialien

---

Nr. 21

Ausbreitungsuntersuchungen  
von Gerüchen  
anhand einer Modellquelle

---

Essen 1995

---

37151  
Landesumweltamt  
Nordrhein-Westfalen  
Bibliothek

UM35  
00006-21

**IMPRESSUM:**

Herausgegeben vom  
Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen  
Wallneyer Str. 6 • 45133 Essen • Telefon (02 01) 79 95 - 0

ISSN 0947-5206

**Autoren: Dipl.-Geophys. Josef Giebel und Werner Stramplat**

Gedruckt auf 100 % Altpapier ohne Chlorbleiche

# Vorwort

Geruchsbelästigungen stellen wegen ihrer unmittelbaren Wahrnehmbarkeit ein spezielles Problem der Luftreinhaltung dar. Wirksame Abhilfemaßnahmen lassen sich nur realisieren, wenn möglichst eingehende Kenntnisse über die Ausbreitung der Geruchsstoffe in der Atmosphäre gegeben sind.

Mit Hilfe von Ausbreitungsmodellen können Ausbreitungsvorgänge berechnet werden. Da Geruchsbelästigungen durch Konzentrationsspitzen gekennzeichnet sind, welche oberhalb der Wahrnehmungsschwelle liegen, ist vor allem hierdurch die Ausbreitung von Gerüchen mit Besonderheiten behaftet. Vergleichsbetrachtungen zwischen Geruchserhebungen mit Hilfe von Probanden und berechneten Geruchsstoffkonzentrationen können hierüber Aufschluß geben.

Im Rahmen eines Projektes, den "Auberg-Experimenten", wurden deshalb ca. 4000 Geruchserhebungen mit berechneten Geruchsstoffkonzentrationen verglichen. Es wurde untersucht, wie hoch der Grad der Übereinstimmung zwischen erhobenen und mit Ausbreitungsmodellen simulierten Geruchsstoffkonzentrationen ist und wie sich die Spannweite von Über- und Unterschätzungen der Geruchserhebungen durch die Ausbreitungsmodelle in Abhängigkeit von den meteorologischen Einflußgrößen und der Quellentfernung veränderte. Dabei wurden bisher unbekannte Gesetzmäßigkeiten entdeckt, welche für die Weiterentwicklung von Geruchs-Ausbreitungsmodellen von Bedeutung sind.

Die Projektgruppe verbindet mit dem Erscheinen dieses Berichtes die Hoffnung, daß die Arbeitsergebnisse den Fachkollegen eine Hilfestellung für die künftige wissenschaftliche Untersuchung und Bewertung von Geruchsproblemen geben.

Essen, im Oktober 1995



Dr. Ing. Harald Imer  
Präsident des  
Landesumweltamtes NRW



# Inhaltsverzeichnis

Seite

Zusammenfassung	7
1. Einleitung	10
2. Geruchsmessungen und Ausbreitungsrechnungen	10
3. Vergleich der Geruchsmessungen mit Simulationswerten des TA Luft-Ausbreitungsmodells in Einzelsituationen (Fahnenbegehungen)	12
3.1 Über- und Unterschätzungen der Geruchsmessungen in Abhängigkeit von der Quellentfernung	12
3.2 Über- und Unterschätzungen der gemessenen Geruchsimmissionen innerhalb der einzelnen Ausbreitungsklassen in Abhängigkeit von der Quellentfernung	13
3.3 Über- und Unterschätzungen der Geruchsmessungen in Abhängigkeit von Windgeschwindigkeit und Quellentfernung	15
4. Die Überschätzung der Geruchsbeobachtungen in Abhängigkeit von den simulierten Geruchseinheiten pro m <sup>3</sup>	16
5. Verbesserung der Übereinstimmung zwischen Messung und Rechnung durch die Einführung transportzeitabhängiger Ausbreitungsparameter	17
6. Vergleich der Jahreshäufigkeiten der gemessenen und simulierten Gerüche	19
6.1 Vergleich der gemessenen mit simulierten Geruchshäufigkeiten, wenn simulierte Geruchseinheiten $\geq 1$ GE/m <sup>3</sup> der Geruchsimmissionen gewertet werden	19
6.2 Vergleich der gemessenen mit simulierten Geruchshäufigkeiten, wenn simulierte Geruchseinheiten $\geq 3$ GE/m <sup>3</sup> der Geruchsimmissionen gewertet werden	20

6.3	Vergleich der simulierten Geruchshäufigkeiten untereinander, wenn einmal Geruchseinheiten $\geq 1$ GE/m <sup>3</sup> und zum anderen Geruchseinheiten $\geq 3$ GE/m <sup>3</sup> als Geruchsimmissionen gewertet werden	21
6.4	Der Einfluß der Abgasfahnenüberhöhung auf die simulierten Geruchshäufigkeiten	22
6.5	Vergleich der mit unterschiedlichen meteorologischen Parametern bzw. mit unterschiedlichen Ausbreitungsmodellen simulierten Geruchshäufigkeiten	22
6.5.1	Vergleich der Geruchshäufigkeiten bei Verwendung unterschiedlicher Ausbreitungsmodelle	22
6.5.2	Vergleich der gemessenen Geruchshäufigkeiten mit berechneten bei Verwendung meteorologischer Parameter über 24 Stunden im 10-Jahresmittel	23
7.	Die Prognose von höheren Geruchsintensitäten mit dem TA Luft-Ausbreitungsmodell	24
7.1	Geruchsimmissionen der verschiedenen Geruchsintensitäten in Abhängigkeit von Quellentfernung und Windgeschwindigkeit	24
7.2	Ermittlung von Faktoren zur Prognose von höheren Geruchsintensitäten mit dem TA Luft-Ausbreitungsmodell	26
7.3	Übereinstimmung zwischen Messung und Rechnung bei den unterschiedlichen Geruchsintensitäten in Abhängigkeit von der Quellentfernung	28
7.4	Geruchsimmissionen bei den verschiedenen Geruchsintensitäten in Abhängigkeit von den Geruchszeitanteilen	29
8.	Häufigkeitsverteilung der Geruchszeitanteile	30
9.	Vergleich von prognostizierten Geruchsstoffkonzentrationen mit Geruchserhebungen durch Probanden sowie gleichzeitigen Immissionsmessungen der H <sub>2</sub> S-Konzentration mit Immissionsmeßwagen	30
10.	Bildanhang	33

# Ausbreitungsuntersuchungen von Gerüchen anhand einer Modellquelle

Josef Giebel und Werner Strampl

## Zusammenfassung

Die Simulation von Geruchsimmissionen mit Hilfe von Ausbreitungsmodellen ist vor allem deshalb schwierig, weil Gerüche schon durch Konzentrationsspitzen im Sekundenbereich verursacht werden, die bekannten Ausbreitungsmodelle aber nur Mittelwerte über einige Minuten bis zu einer Stunde pro Ausbreitungssituation liefern. Um die Geruchs-Konzentrationsspitzen zu erhalten, werden die Mittelwerte häufig mit einem Quotienten Konzentrationsspitze/Mittelwert multipliziert. Dieser Quotient wird beeinflusst durch Wetterverhältnisse, effektive Quellhöhe, Quellentfernung, Definition der Geruchsstunde und andere Parameter.

Um mehr über die Ausbreitung von Gerüchen zu erfahren, wurden die Geruchsmessungen auf dem Aueberg in der Umgebung einer 10 m hohen Modellquelle mit Geruchskonzentrationen verglichen, die vor allem mit dem TA Luft-Ausbreitungsmodell simuliert wurden. Dabei werden die Stundenmittelwerte mit dem Faktor 10 zur Abdeckung der Geruchskonzentrationsspitzen im Sekundenbereich multipliziert. Beim Vergleich von berechneten und gemessenen Jahreshäufigkeiten wurden darüber hinaus auch Immissionssimulationen mit dem Ausbreitungsmodell für Gerüche nach dem Stand der zur Neubearbeitung anstehenden VDI 3782, Blatt 4, vorgenommen.

Beim Vergleich der Geruchsmessungen mit den Simulationswerten des TA Luft-Ausbreitungsmodells in Einzelsituationen (Fahnenbegehungen) ergab sich insbesondere folgendes:

Wenn die Geruchsstunde so definiert ist, daß in wenigstens 10 % der Meßzeit Gerüche auftreten, liegt die Übereinstimmung zwischen Messung und Rechnung bei 60 % (Definition der "Übereinstimmung" s. Kap. 3). In den Fällen, in denen Messung und Rechnung nicht übereinstimmen, handelt es sich meist um Überschätzungen. Der Anteil der Unterschätzungen beträgt weniger als 5 %. Es ist dabei zu berücksichtigen, daß insbesondere in Fällen mit niedrigen Windgeschwindigkeiten die Abgasfahne bei den Messungen nicht immer ganz erfaßt werden konnte. Bei einer idealen Erfassung der Geruchsimmissionen dürfte der Anteil der Überschätzungen niedriger liegen.

Wenn die Geruchsstunde so definiert ist, daß in wenigstens 2,5 oder 5 % der Meßzeit Gerüche auftreten, liegt der Prozentsatz der Übereinstimmungen zwischen Messung und Rechnung höher.

Es zeigte sich, daß die Windgeschwindigkeit einen relativ großen Einfluß auf die Überschätzungen der Geruchsimmissionen durch das Ausbreitungsmodell hat. Bei Windgeschwindigkeiten  $\geq 2$  m/s gingen nämlich die Überschätzungen sowohl mit zunehmender Windgeschwindigkeit als auch mit zunehmender Quellentfernung immer mehr zurück. In der untersuchten Fallgruppe sank z.B. die Überschätzung in 120 m (300 m) Quellentfernung von etwa 50 (30) auf 20 % (6 %) ab, wenn die Windgeschwindigkeitsklasse 2 bis  $< 3$  m/s mit der  $> 5$  m/s verglichen wurde. Beides steht in Übereinstimmung mit der allgemeinen Erfahrung, daß Gerüche bis in umso größere Quellentfernungen wahrgenommen werden, je größer die Windgeschwindigkeit ist. Diese Abhängigkeit der Geruchswahrnehmungen von Windgeschwindigkeit und Quellentfernung hängt wahrscheinlich damit zusammen, daß sich die zu Gerüchen führenden Konzentrationsspitzen weniger in Abhängigkeit vom Ausbreitungsweg als in Abhängigkeit von der Transportzeit verdünnen. Bei der probeweisen Einführung von transportzeitabhängigen Ausbreitungsparametern zeigte sich dann auch, daß die Übereinstimmung zwischen Messung und Rechnung deutlich anstieg, bei Windgeschwindigkeiten  $< 3$  m/s in 300 m Quellentfernung z.B. um mehr als 20 % gegenüber der ursprünglichen Übereinstimmung.

Beim Vergleich der Jahreshäufigkeiten von Geruchsimmissionen, die durch Rasterbegehungen gemessenen wurden und den mit dem TA Luft-Ausbreitungsmodell simulierten Geruchsimmissionen ergab sich folgendes:

Wenn den Rechnungen die meteorologischen Parameter der Meßstation Wetteramt Essen aus dem Meßjahr und der Meßzeit von 9.00 Uhr bis 15.00 Uhr zugrunde gelegt werden, so stimmen berechnete und gemessene Geruchshäufigkeiten auf den 100 m · 100 m-Flächen in etwa 100 bis 200 m Quellentfernung im Mittel überein; auf den 100 m · 100 m-Flächen in etwa 200 bis 300 m Abstand werden die gemessenen Geruchshäufigkeiten dagegen von den berechneten Häufigkeiten im Mittel um 40 % überschätzt.

Eine Geruchsstunde war bei den Messungen der Jahreshäufigkeiten der Geruchsimmissionen so definiert, daß in wenigstens 2,5 % der Meßzeit Gerüche auftraten.

Die 100 m · 100 m-Fläche, für welche die größte Geruchshäufigkeit berechnet wurde, ist identisch mit der Fläche, in der die größte Geruchshäufigkeit gemessen wurde. Das gleiche gilt für die Fläche mit der geringsten Geruchshäufigkeit. Bei der Fläche mit der größten Häufigkeit nehmen Meß- und Rechenwert die gleiche Geruchshäufigkeit von 33 % an.

Bei 44 % der 100 m · 100 m-Flächen weichen die berechneten Geruchshäufigkeiten nur um maximal  $\pm 10$  % von den gemessenen Geruchshäufigkeiten ab, bei 88 % der Flächen um maximal  $\pm 50$  %.

Ein Vergleich des TA Luft-Ausbreitungsmodells mit dem Ausbreitungsmodell für Gerüche nach dem Stand der zurückgezogenen VDI 3782, Blatt 4, ergab, daß das TA Luft-Modell im Mittel um 17 % größere Häufigkeiten liefert. Es wurden dabei die

Jahreshäufigkeiten von Geruchsstoffkonzentrationen  $\geq 1$  Geruchseinheit pro  $m^3$  miteinander verglichen, und die Geruchsstunde war bei dem VDI-Modell so definiert, daß in wenigstens 6 Minuten Gerüche auftreten.

Bei den Geruchsmessungen auf dem Aberg wurde zwischen Geruchsimmissionen der Intensitäten 1 - 6 unterschieden. Damit ergab sich die Möglichkeit, den Quotienten Geruchskonzentrationsspitze/Stundenmittelwert für die Prognose von Geruchsimmissionen höherer Intensitäten zu ermitteln.

Die Untersuchungen ergaben für die Prognose von Gerüchen der Intensität 2 - 6 einen Quotienten Konzentrationsspitze/Mittelwert von 1. Stundenmittelwerte und Geruchsstoffkonzentrationen, die als Geruchsimmissionen der Intensität 2 - 6 wahrgenommen werden, stimmen also überein. Für die Prognose von Gerüchen der Intensität 3 - 6 ergab sich ein Faktor von 0,5 und für die Prognose von Gerüchen der Intensität 4 - 6 und 5 - 6 ein Faktor von 0,3.

## 1. Einleitung

Geruchsbelästigungen stellen wegen ihrer unmittelbaren Wahrnehmbarkeit ein spezielles Problem in der Luftreinhaltung dar. Wirksame Abhilfemaßnahmen lassen sich nur realisieren, wenn möglichst eingehende Kenntnisse über die Ausbreitung der Geruchsstoffe in der Atmosphäre gegeben sind. Mit Hilfe von Ausbreitungsmodellen können Ausbreitungsvorgänge simuliert werden. Die herkömmlichen Ausbreitungsmodelle liefern allerdings Mittelwerte über Zeiträume von einigen Minuten bis zu einer Stunde je definierter meteorologischer Situation. (Die Definition erfolgt durch Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Ausbreitungsklasse.) Geruchsbelästigungen sind jedoch vor allem durch Konzentrationsspitzen gekennzeichnet, welche oberhalb der Wahrnehmungsschwelle liegen. Insbesondere deshalb ist die Ausbreitung von Gerüchen mit Besonderheiten behaftet. Spezielle Vergleichsbetrachtungen zwischen Geruchsmessungen mit Probanden und berechneten Geruchsstoffkonzentrationen können hierüber Aufschluß geben. Im Rahmen eines Projektes, den "Auberg-Experimenten" (Auberg-Gelände bei Mülheim), wurden deshalb ca. 4.000 Geruchsmessungen mit berechneten Geruchsstoffkonzentrationen verglichen. Es wurde untersucht, welche Übereinstimmungen zwischen gemessenen und insbesondere mit dem TA Luft-Ausbreitungsmodell simulierten Geruchsstoffkonzentrationen gegeben sind und wie sich die Spannweite von Über- und Unterschätzungen der Geruchsmessungen durch das Ausbreitungsmodell in Abhängigkeit von den meteorologischen Einflußgrößen, der Quellentfernung sowie dem Geruchszeitanteil pro Meßzeitintervall veränderte. Des weiteren wurde untersucht, bei welchen Faktoren Konzentrationsspitze/Mittelwert die Übereinstimmung zwischen Rechnung und Messung von Geruchsimmissionen der Intensitäten 2 - 6, 3 - 6, 4 - 6 und 5 - 6 am größten war. Die Auberg-Experimente hatten darüberhinaus das Ziel, Informationen über die Bestimmung von Gerüchen im Feld zu gewinnen. Unterschiedliche Methoden zur Bestimmung von Gerüchen hinsichtlich Aufwand an Zeit und Personal und hinsichtlich des Grades ihrer Übereinstimmung sollen miteinander verglichen werden [1].

## 2. Geruchsmessungen und Ausbreitungsrechnungen

Die Geruchsmessungen wurden von jeweils 8 bis 13 (meist etwa 10) Probanden in 50, 120, 200 und 300 m (in einigen Fällen auch in 500 und 600 m) Quellentfernung im Lee einer Modellquelle - eines freistehenden bodennahen Schornsteins von 10 m Höhe - mit dem Geruchsstoff Schwefelwasserstoff durchgeführt.

In den verschiedenen Quellentfernungen wurden senkrecht zur Fahnenachse zwischen den einzelnen Probanden Abstände von meist 10 bis 25 m eingehalten, wobei die Abstände mit der Quellentfernung zunahmten. Das Gelände war nahezu eben und mit Gras bewachsen. Der Zeitraum der Geruchsmessungen mit Probanden betrug etwas mehr als ein Jahr und lag zwischen 9.00 und 15.00 Uhr.

Die Ausbreitungsrechnungen wurden mit dem Gaußmodell nach TA Luft durchgeführt, wobei die Stundenmittelwerte zur Abdeckung der Geruchskonzentrationsspitzen im Sekundenbereich mit dem Faktor 10 multipliziert wurden; die Abgasfahnenüberhöhung

wurde nach VDI-Richtlinie 3782, Bl. 3, berechnet. Des weiteren wurden auch Immissionsimulationen mit dem Ausbreitungsmodell für Gerüche nach dem Stand der zur Neubearbeitung anstehenden VDI 3782, Bl. 4 vorgenommen und die gemessenen Jahreshäufigkeiten der Geruchsimmissionen auch mit den Ergebnissen dieses Modells verglichen.

Immissionskonzentrationen, die durch eine in der Nähe liegende Quelle verursacht werden, variieren, gewöhnlich stark innerhalb der Zeitspanne, für die mit dem Gaußmodell Mittelwerte berechnet werden. Bei bodennahen Quellen hat sich in der Praxis vielfach ein Quotient Geruchs-Konzentrationsspitze/Mittelwert ergeben, der für die Obergrenze der Bandbreite um den Wert 10 herum liegt. Dieser Faktor 10 wurde auch hier verwendet, um die mit Hilfe des Ausbreitungsmodells prognostizierten Stundenmittelwerte auf Konzentrationsspitzen umzurechnen, welche zu Geruchswahrnehmungen führen können.

Der Abgasvolumenstrom betrug  $1.000 \text{ m}^3/\text{h}$ , die Anzahl der Geruchseinheiten (GE) pro  $\text{m}^3$  50.000, der Geruchsstoffstrom ergab sich damit zu ca. 14.000 GE/s. Eine Ausnahme bildeten lediglich sechs Ausbreitungssituationen mit 208 Geruchsmessungen, bei denen der Geruchsstoffstrom auf die Hälfte herabgesetzt war. Die Ausbreitungsklasse war dabei in allen sechs Fällen die Klasse III<sub>1</sub>.

Die Schornsteinhöhe betrug 10 m, die Austrittsgeschwindigkeit der Abgase 10 m/s; die Austrittstemperatur wurde gleich der Umgebungstemperatur angenommen. Für die effektive Quellhöhe wurden in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit Werte zwischen 11 und 16 m errechnet.

Für die Immissionsimulationen wurde zunächst für alle Abgasfahnen-Querschnitte, in denen bei einem Durchgang Geruchsmessungen erfolgten, diejenige Windrichtung ausgewählt, um die sich die Geruchswahrnehmungen am gleichmäßigsten verteilten.

Durch eine Korrektur, die berücksichtigt, daß die Geruchsmessungen in den einzelnen Querschnitten nicht zur gleichen Zeit, sondern nacheinander vorgenommen wurden, verbesserte sich die Übereinstimmung zwischen Messung und Rechnung nur noch um etwa 2 %.

Aus der folgenden Tabelle 1 gehen die Abgasfahnenüberhöhung sowie die effektive Quellhöhe in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit hervor.

Tabelle 1: Effektive Quellhöhe in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit

Windgeschwindigkeit (m/s)	Abgasfahnenüberhöhung (m)	effektive Quellhöhe (m)
1	6	16
2	3	13
3	2	12
4 - 8	1	11

### 3. Vergleich der Geruchsmessungen mit Simulationswerten des TA Luft-Ausbreitungsmodells in Einzelsituationen (Fahnenbegehungen)

Als Übereinstimmung zwischen Meß- und Rechenwert wurde gewertet, wenn für einen Aufpunkt eine (bzw. 3) Geruchseinheit(en) pro m<sup>3</sup> oder mehr berechnet wurde(n), und die durch Messung ermittelten Geruchszeitanteile pro Meßzeitintervall die jeweils angegebene Grenze erreichten oder überschritten, oder aber wenn für einen Aufpunkt weniger als eine (bzw. 3) Geruchseinheit(en) pro m<sup>3</sup> berechnet wurde(n) und die durch Messung ermittelten Geruchszeitanteile pro Meßzeitintervall kleiner als die jeweils angegebene Grenze waren. Bei fehlender Übereinstimmung war entweder eine Über- oder eine Unterschätzung der Geruchsmessung durch das Ausbreitungsmodell gegeben.

#### 3.1 Über- und Unterschätzung der Geruchsmessungen in Abhängigkeit von der Quellentfernung

Die Abbildungen 3.1/1 und 3.1/2 zeigen die Anzahl der Übereinstimmungen zwischen Messung und Rechnung bezogen auf die Anzahl der Geruchsmessungen in Prozent in Abhängigkeit von der Quellentfernung, wenn die Geruchsmessungen mit Simulationswerten  $\geq 1 \text{ GE/m}^3$  verglichen werden. Wenn Geruchszeitanteile von weniger als 2,5 % pro Meßzeitintervall als Nullwerte gezählt werden, dann erreicht die Übereinstimmung zwischen Messung und Rechnung in 120 m Quellentfernung mit 78 % den höchsten Wert und fällt auf 67 % in 300 m Quellentfernung ab. Wenn Geruchszeitanteile von weniger als 5 % pro Meßzeitintervall als Nullwerte gezählt werden, dann liegt die Übereinstimmung um etwa 5 %, bei Geruchszeitanteilen von weniger als 7,5 % um etwa 12 % niedriger. Bei Geruchszeitanteilen von weniger als 10 % ergibt sich eine ähnliche Übereinstimmung wie bei Geruchszeitanteilen von weniger als 7,5 %.

Beim Vergleich der Geruchsmessungen mit Simulationswerten  $\geq 3 \text{ GE/m}^3$  liegt die Übereinstimmung zwischen 71 und 77 %, wenn Geruchszeitanteile von weniger als 10 % pro Meßzeitintervall als Nullwerte gezählt werden. Wenn Geruchszeitanteile von

weniger als 7,5 % pro Meßzeitintervall als Nullwerte gezählt werden, ergibt sich ein geringfügig ungünstiger Verlauf.

Die Abbildungen 3.1/3 und 3.1/4 zeigen die Über- und Unterschätzungen der Geruchsmessungen durch das Ausbreitungsmodell in Abhängigkeit von der Quellentfernung. Es wurden auch die Quellentfernungen 400 und 500 m in die Auswertungen einbezogen, für die nicht sehr viele Beobachtungen vorliegen. Als gemessene Geruchsimmissionen zählen Geruchszeitanteile  $\geq 5$ ,  $\geq 7,5$  und  $\geq 10$  % pro Meßzeitintervall.

Während die Überschätzungen beim Vergleich der Beobachtungen mit Simulationswerten  $\geq 1 \text{ GE/m}^3$  zwischen 25 und 44 % liegen, erreichen sie beim Vergleich der Beobachtungen mit Simulationswerten  $\geq 3 \text{ GE/m}^3$  maximal 27 %. Bemerkenswert ist, daß beim Vergleich der Messungen mit Simulationswerten  $\geq 3 \text{ GE/m}^3$  die Überschätzungen mit den Quellentfernungen zurückgehen, während die Unterschätzungen stark ansteigen. Beim Vergleich der Beobachtungen mit Simulationswerten  $\geq 1 \text{ GE/m}^3$  erreichen die Unterschätzungen maximal nur 5 %.

### **3.2 Über- und Unterschätzungen der gemessenen Geruchsimmissionen innerhalb der einzelnen Ausbreitungsklassen in Abhängigkeit von der Quellentfernung**

Die Abbildungen 3.2/1 bis 3.2/4 zeigen die Übereinstimmungen zwischen Geruchsmessungen und prognostizierten Gerüchen innerhalb der verschiedenen Ausbreitungsklassen bzw. Ausbreitungsklassengruppen in Abhängigkeit von der Quellentfernung.

Wegen der geringeren Anzahl von Messungen außerhalb der neutralen Ausbreitungsklassen III<sub>1</sub> und III<sub>2</sub> wurden die stabilen Ausbreitungsklassen I und II sowie die labilen Ausbreitungsklassen IV und V zusammengefaßt.

Die Abbildungen 3.2/1 und 3.2/2 zeigen das Ergebnis der Vergleiche, wenn Simulationswerte  $\geq 1 \text{ GE/m}^3$  als prognostizierte Gerüche und Geruchszeitanteile  $\geq 5$  % bzw.  $\geq 7,5$  % pro Beobachtungsintervall als Geruchsstunde gelten.

In den Abbildungen 3.2/3 und 3.2/4 gelten Simulationswerte  $\geq 3 \text{ GE/m}^3$  als prognostizierte und Geruchszeitanteile  $\geq 7,5$  % bzw.  $\geq 10$  % pro Beobachtungsintervall als wahrgenommene Gerüche.

In allen Fällen liegen die Übereinstimmungen zwischen simulierten und wahrgenommenen Gerüchen bei der neutralen Ausbreitungsklasse III<sub>1</sub> am höchsten. Auf diese Ausbreitungsklasse entfallen an den meisten Orten in der Bundesrepublik innerhalb eines Jahres etwa 50 % aller Ausbreitungssituationen.

Die Übereinstimmungen zwischen Meß- und Rechenwerten liegen bei Ausbreitungsklasse III<sub>1</sub> in 50 m Quellentfernung zwischen 74 % und 82 % und gehen dann bis zur Quellentfernung von 300 m maximal um etwa 10 % zurück.

Bei der Ausbreitungsklasse III<sub>2</sub> liegen die Übereinstimmungen um etwa 10 % niedriger, wenn Simulationswerte  $\geq 1 \text{ GE/m}^3$  als prognostizierte Geruchsimmissionen zählen.

Gelten Simulationswerte  $\geq 3 \text{ GEM}^3$  als prognostizierte Geruchsimmissionen, so beträgt der Unterschied in Quellnähe ebenfalls etwa 10 %, er geht dann aber mit zunehmender Quellentfernung auf Null zurück.

Bei der stabilen Ausbreitungsklassengruppe I/II sinken die Übereinstimmungen mit zunehmender Quellentfernung von 70 auf 20 bis 30 % ab, wohingegen sie bei der labilen Ausbreitungsklassengruppe mit zunehmender Quellentfernung beim Vergleich der Geruchsmessungen mit Simulationswerten  $\geq 1 \text{ GE/m}^3$  von etwa 40 auf 50 % und beim Vergleich der Geruchsbeobachtungen mit Simulationswerten  $\geq 3 \text{ GE/m}^3$  von etwa 40 auf 80 % ansteigen.

Die Abbildungen 3.2/5 bis 3.2/7 zeigen Über- und Unterschätzungen der beobachteten Gerüche durch das Ausbreitungsmodell innerhalb der einzelnen Ausbreitungsklassen bzw. Ausbreitungsklassengruppen.

Eine Geruchsstunde ist bei diesen Abbildungen dadurch definiert, daß im Meßzeitintervall in  $\geq 7,5 \%$  der Zeit Geruchsimmissionen auftreten. Die Überschätzungen der beobachteten Gerüche durch das Modell nehmen die niedrigsten Werte bei der neutralen Ausbreitungsklasse III<sub>1</sub> an. Beim Vergleich der Geruchsmessungen mit Simulationswerten  $\geq 1 \text{ GE/m}^3$  liegen die Überschätzungen hier bei 24 bis 38 %.

Bei der neutralen, nach labil hin tendierenden Ausbreitungsklasse III<sub>2</sub> liegen die Überschätzungen um etwa 10 % und bei der labilen Ausbreitungsklassengruppe V/IV um etwa 25 % höher, wobei die größten Unterschiede im Nahbereich der Quelle auftreten. Die Überschätzungen nehmen also innerhalb der Ausbreitungsklassen III<sub>1</sub> bis V/IV mit zunehmender Labilität der Atmosphäre zu. Bei der stabilen Ausbreitungsklassengruppe I/II steigen die Überschätzungen fast linear von  $\geq 15 \%$  in 50 m Quellentfernung auf 79 % in 300 m Quellentfernung an (Abb. 3.2/5). Der Grund hierfür ist wahrscheinlich vor allem darin zu sehen, daß bei der niedrigen Windgeschwindigkeit, wie sie bei der Ausbreitungsklassengruppe I/II vorlag, die Windrichtung unbestimmt war und die Abgasfahnen infolgedessen nicht genau erfaßt werden konnten. In Wirklichkeit dürfte die Häufigkeit der Geruchsimmissionen in 300 m Quellentfernung höher gelegen haben.

Beim Vergleich der Meßwerte mit Simulationswerten  $\geq 3 \text{ GE/m}^3$  liegen die Überschätzungen zum Teil deutlich niedriger. Statt 39 % beträgt der Maximalwert bei Ausbreitungsklasse III<sub>1</sub> z.B. nur 19 %. Außerdem gleichen sich die Kurven für die Ausbreitungsklassen III<sub>1</sub>, III<sub>2</sub> sowie V/IV mit zunehmender Quellentfernung aneinander an. Bei der stabilen Ausbreitungsklassengruppe I/II steigen die Überschätzungen dagegen wieder fast linear auf einem nur 5 bis 10 % niedrigeren Niveau mit zunehmender Quellentfernung an.

Die Unterschätzung der Meßwerte durch das Ausbreitungsmodell stellt sich folgendermaßen dar:

Während die Unterschätzungen beim Vergleich der Meßwerte mit Simulationswerten  $\geq 1 \text{ GE/m}^3$  mit Ausnahme der Ausbreitungsklassengruppe I/II zwischen Null und 2,5 % liegen, steigen sie beim Vergleich der Meßwerte mit Simulationswerten  $\geq 3 \text{ GE/m}^3$  mit zunehmender Quellentfernung auf über 10 % an (Abbildungen 3.2/6 und 3.2/7).

### **3.3 Über- und Unterschätzungen der Geruchsmessungen in Abhängigkeit von Windgeschwindigkeit und Quellentfernung**

In den Abbildungen 3.3/1 bis 3.3/5 sind die Übereinstimmungen zwischen Messung und Rechnung sowie Über- und Unterschätzungen der Meßwerte in Abhängigkeit von der Quellentfernung für die folgenden Windgeschwindigkeitsklassen dargestellt:

- a)  $< 3 \text{ m/s}$
- b)  $3 - 5 \text{ m/s}$
- c)  $> 5 \text{ m/s}$ .

Die Beobachtungen wurden verglichen mit Simulationswerten  $\geq 1$  sowie  $\geq 3 \text{ GE/m}^3$ . Abbildung 3.3/5, in der Simulationswerte  $\geq 3 \text{ GE/m}^3$  als prognostizierte und Geruchszeitanteile  $\geq 10 \%$  im Beobachtungsintervall als Geruchsimmissionen zählen, wird im folgenden näher erläutert:

#### a) Windgeschwindigkeit $< 3 \text{ m/s}$

Die Überschätzungen der Geruchsmessungen durch das Ausbreitungsmodell steigen zwischen 50 und 300 m Quellentfernung von 31 auf 57 % an.

Die Unterschätzungen liegen zwischen 50 und 120 m Quellentfernung zwischen 3 und 4 % und sinken dann mit zunehmender Quellentfernung auf Null ab.

#### b) Windgeschwindigkeit $3 - 5 \text{ m/s}$

Die Überschätzungen betragen bis zur Quellentfernung von 200 m knapp 30 % und sinken dann bis zur Quellentfernung von 300 m auf 17 % ab.

Die Unterschätzungen betragen bis zur Quellentfernung von 200 m 2 bis 3 % und steigen dann bis zur Quellentfernung von 300 m auf 9 % an.

c) Windgeschwindigkeit > 5 m/s

Die Überschätzungen der Meßwerte durch das Ausbreitungsmodell liegen zwischen 50 und 200 m Quellentfernung zwischen 17 und 19 % und sinken bis zur Quellentfernung von 300 m auf 6 % ab.

Die Unterschätzungen liegen zwischen 50 und 120 m Quellentfernung zwischen 2 und 5 %; von 120 bis 200 m Quellentfernung steigen sie auf 13 % und von 200 bis 300 m Quellentfernung auf 19 % an. Während bis zu einer Quellentfernung von etwa 240 m die Überschätzungen höher liegen, überwiegen in größeren Quellentfernungen die Unterschätzungen.

Wenn zwischen den drei Windgeschwindigkeitsklassen verglichen wird, ergibt sich folgendes Bild:

Bei Windgeschwindigkeiten < 3 m/s steigen die Überschätzungen mit der Quellentfernung an und bei Windgeschwindigkeiten  $\geq 3$  m/s sinken sie mit der Quellentfernung ab.

Die Überschätzungen (Unterschätzungen) der Geruchsmessungen durch das Ausbreitungsmodell liegen im räumlichen Mittel (Mittelwert über 100, 200 und 300 m Quellentfernung)

- für Windgeschwindigkeiten < 3 m/s bei 44 % (2 %),
- für Windgeschwindigkeiten zwischen 3 und 5 m/s bei 24 % (5 %),
- für Windgeschwindigkeiten > 5 m/s bei 14 % (12 %).

Während die mittleren Überschätzungen mit zunehmender Windgeschwindigkeit auf 1/3 zurückgehen, steigen die Unterschätzungen bei den höheren Windgeschwindigkeiten auf etwa den gleichen Wert an wie die Überschätzungen.

#### **4. Die Überschätzung der Geruchsbeobachtungen in Abhängigkeit von den simulierten Geruchseinheiten pro m<sup>3</sup>**

In Abbildung 4/1 ist für den Quotienten Konzentrationsspitze/Mittelwert von 10 und für Geruchshäufigkeiten von  $\geq 5$ ;  $\geq 7,5$  und  $\geq 10$  % pro Beobachtungsintervall die prozentuale Überschätzung durch das Ausbreitungsmodell in Abhängigkeit von den berechneten Geruchseinheiten/m<sup>3</sup> dargestellt.

Dabei zeigt sich folgendes:

Die Überschätzungen nehmen fast linear mit der Anzahl der berechneten GE/m<sup>3</sup> ab. Wenn für einen Aufpunkt nur 1 bis 2 GE/m<sup>3</sup> simuliert wurden, so liegt die Wahrscheinlichkeit, daß keine Gerüche wahrgenommen wurden, zwischen 71 und 80 %, je

nachdem ob Geruchswahrnehmungen mit einer Häufigkeit  $\geq 2,5$  oder  $\geq 10$  % pro Beobachtungsintervall als Geruchsstunde zählen.

Bei  $> 3$  bis  $4 \text{ GE/m}^3$  liegt diese Wahrscheinlichkeit zwischen 45 und 63 % und bei  $> 15$  bis  $20 \text{ GE/m}^3$  z.B. nur noch zwischen 21 und 29 %. Die Überschätzungen kommen bei  $1 \text{ GE/m}^3$  zum Teil durch die Definition von einer Geruchseinheit pro  $\text{m}^3$  zustande. Ein  $\text{GE/m}^3$  liegt nämlich dann vor, wenn in 50 % der Darbietungen der Geruchsprobe gerade eine Geruchswahrnehmung erfolgt.

## 5. Verbesserung der Übereinstimmung zwischen Messung und Rechnung durch die Einführung transportzeitabhängiger Ausbreitungsparameter

Wie in der Literatur angegeben, soll der Quotient Konzentrationsspitze/Mittelwert zur Hochrechnung der Stundenmittelwerte auf Geruchskonzentrationen mit zunehmender Labilität der Atmosphäre ansteigen. Da bei den Auberg-Immissionssimulationen immer der gleiche Quotient Konzentrationsspitze/Mittelwert verwendet wurde, sollten aufgrund dieser Abhängigkeit die Überschätzungen der Geruchsbeobachtungen durch das Ausbreitungsmodell mit zunehmender Labilität der Atmosphäre abnehmen.

Bei den Vergleichen zwischen prognostizierten und beobachteten Gerüchen auf dem Auberg wurde das Gegenteil beobachtet, Insbesondere beim Vergleich der Geruchsbeobachtungen mit Simulationswerten  $\geq 1 \text{ GE/m}^3$  (Abbildung 3.2/5) zeigt sich, daß innerhalb der Ausbreitungsklassen V/IV bis III<sub>1</sub> die Überschätzungen der Geruchsbeobachtungen durch das Ausbreitungsmodell mit zunehmender Stabilität der Atmosphäre abnehmen. Sie liegen bei den labilen Ausbreitungsklassen V/IV mit 63 bis 46 % am höchsten und bei der neutralen, nach stabil hin tendierenden Ausbreitungsklasse III<sub>1</sub> mit 24 bis 37 % am niedrigsten. Die Werte der neutralen nach labil hin tendierenden Ausbreitungsklasse III<sub>2</sub> liegen dazwischen.

Die Überschätzungen bei der stabilen Ausbreitungsklassengruppe I/II betragen in 50 m Quellentfernung nur 16 % und passen damit im unmittelbaren Nahbereich der Quelle ebenfalls in dieses Schema. Mit zunehmender Quellentfernung steigen die Überschätzungen jedoch rasch an und liegen mit Mittel etwa so hoch wie diejenigen der labilen Ausbreitungsklassengruppe V/IV. Der Anstieg der Überschätzungen bei den stabilen Ausbreitungsklassen I/II mit der Quellentfernung dürfte damit zusammenhängen, daß die Ausbreitungsexperimente innerhalb dieser beiden Klassen bei niedrigen Windgeschwindigkeiten durchgeführt wurden (1,1 m/s im Mittel). Die Abnahme der Überschätzungen innerhalb der Ausbreitungsklassen V/IV bis III<sub>1</sub> ist mit großer Wahrscheinlichkeit auf die Zunahme der Windgeschwindigkeit innerhalb dieser Ausbreitungsklassen zurückzuführen.

Beim Vergleich der Geruchsbeobachtungen mit Simulationswerten zeigt sich nämlich, daß bei Windgeschwindigkeiten  $\geq 2 \text{ m/s}$  die Überschätzungen sowohl mit der Windgeschwindigkeit als auch mit der Quellentfernung immer mehr abnehmen. Die Unter-

schätzungen nehmen demgegenüber bei überdurchschnittlichen Windgeschwindigkeiten mit der Quellentfernung zu.

Beides steht in Übereinstimmung mit der allgemeinen Erfahrung, daß Gerüche bis in umso größere Quellentfernungen wahrgenommen werden, je größer die Windgeschwindigkeit ist. Diese Abhängigkeit der Geruchswahrnehmungen von Windgeschwindigkeit und Quellentfernung kann so gedeutet werden, daß sich die zu Gerüchen führenden Konzentrationsspitzen nicht in Abhängigkeit vom Ausbreitungsweg, sondern in Abhängigkeit von der Transportzeit verdünnen.

Um zu einer besseren Übereinstimmung zwischen Rechnung und Messung zu gelangen, wurden die entfernungsabhängigen Ausbreitungsparameter, wie sie im allgemeinen in den Gaußmodellen verwendet werden, probeweise durch transportzeitabhängige Ausbreitungsparameter ersetzt:

Anstelle der Ausbreitungsparameter

$$\sigma_i = \alpha_i \cdot x^{\beta_i}$$

wurden die transportzeitabhängigen Parameter

$$\sigma_{ij} = \alpha_i \left( \frac{x \cdot K}{u} \right)^{\beta_i}$$

eingeführt, mit

$\sigma_i / \sigma_{ij}$	=	Ausbreitungsparameter
$x$	=	Quellentfernung in m
$u$	=	Windgeschwindigkeit in Anemometerniveau in $\text{ms}^{-1}$
$\alpha_i$	=	Ausbreitungskoeffizienten
$\beta_i$	=	Ausbreitungsexponenten
$K$	=	Faktor

Der neben  $x$  in der Klammer stehende Faktor  $K$  wurde solange variiert, bis sich bei einem Wert von 1,6 die beste Übereinstimmung zwischen Messung und Rechnung ergab.

Wie die Auswertungen zeigen, steigen dadurch die Übereinstimmungen zwischen Geruchsmessungen und Simulationswerten bei Windgeschwindigkeiten  $> 5 \text{ m/s}$  z.B. in einer Quellentfernung von 300 m um etwa 10 % und bei Windgeschwindigkeiten  $< 3 \text{ m/s}$  in 300 m Quellentfernung um mehr als 20 % an.

Das Ergebnis von Ausbreitungsuntersuchungen an einer einzelnen Modellquelle reicht nicht aus, um die Ausbreitungsrechnung für Gerüche auf die oben beschriebene Weise verbindlich abzuändern. Sobald jedoch eine ausreichende Anzahl von Vergleichen zwischen den Ergebnissen von Ausbreitungsrechnungen und Geruchsmessungen in der Umgebung realer Quellen detailliertere Informationen über die Abhängigkeit der Ausbreitung von Gerüchen von der Transportzeit erbracht haben, sollte die Ausbreitungsrechnung für Gerüche in dieser Richtung neu überdacht werden.

## **6. Vergleich der Jahreshäufigkeiten der gemessenen und simulierten Gerüche**

### **6.1 Vergleich der gemessenen mit simulierten Geruchshäufigkeiten, wenn simulierte Geruchseinheiten $\geq 1 \text{ GE/m}^3$ als Geruchsimmissionen gewertet werden**

Die gemessene Jahreshäufigkeit der Gerüche wurde durch zwei unterschiedliche Erhebungen ermittelt, einmal durch Rasterbegehungen und zum anderen durch Auswertung von 38 Geruchsfahnenmessungen an unterschiedlichen Meßtagen. Eine Geruchsstunde wurde bei den Rasterbegehungen dann als gegeben angesehen, wenn in wenigstens 2,5 % der Meßzeit Gerüche auftraten.

Der Rasterabstand beträgt 100 m. Es liegen Mittelwerte für insgesamt 32 Flächen von 100 m · 100 m vor. Davon haben 12 Flächen einen Abstand von etwa 100 bis 200 m und 20 Flächen einen Abstand von etwa 200 bis 300 m von der Quelle.

Bei der Rasterbegehung wurden folgende Geruchshäufigkeiten ermittelt:

Die höchste gemessene Geruchshäufigkeit trat mit 32,6 % im NO, die niedrigste mit 1,6 % im SW auf. Auf den Flächen in etwa 100 bis 200 m Abstand betrug die mittlere Geruchshäufigkeit 18,1 % und auf den Flächen in etwa 200 bis 300 m Abstand 10,3 %.

Die Auswertung der Geruchsfahnenmessungen ergab auf den nahe gelegenen Flächen im Mittel um 5 % niedrigere Häufigkeiten, nämlich statt 18 % nur 13 %. Auf den weiter entfernten Flächen stimmen die Geruchshäufigkeiten im Mittel in etwa überein.

Wenn man die Geruchshäufigkeiten der Rasterbegehung mit den Geruchshäufigkeiten  $\geq 1 \text{ GE/m}^3$  vergleicht, die mit Hilfe des TA Luft-Ausbreitungsmodells (Überhöhung nach VDI 3782, Blatt 3, meteorol. Daten von Essen für den Zeitraum November 1982 - Oktober 1983 von 9.00 - 15.00 Uhr) berechnet wurden, so ergibt sich folgendes Bild:

Der Quotient "berechnete Geruchshäufigkeiten/gemessene Geruchshäufigkeiten" beträgt bei den 12 Flächen von 100 m · 100 m in etwa 100 bis 200 m Abstand im Mittel 1 - im Mittel besteht also Übereinstimmung - und bei den 20 Flächen von 100 m · 100 m in etwa 200 bis 300 m Abstand im Mittel 1,4, das heißt, die gemessenen Geruchshäufigkeiten wurden hier von den berechneten im Mittel um 40 % überschätzt.

Die höchste für eine Fläche von 100 m · 100 m berechnete Geruchshäufigkeit liegt mit 32,6 % im NO und die niedrigste berechnete Geruchshäufigkeit mit 4,9 % im SO.

Die 100 m · 100 m-Fläche, für welche die größte Geruchshäufigkeit berechnet wurde, ist identisch mit der Fläche, in der die größte Geruchshäufigkeit gemessen wurde. Das gleiche gilt für die Fläche mit der geringsten Geruchshäufigkeit. Bei der Fläche mit der größten Häufigkeiten nehmen Meß- und Rechenwert die gleiche Geruchshäufigkeit von 33 % an.

Tabelle 2: Häufigkeitsverteilung des Quotienten der berechneten zur gemessenen Geruchshäufigkeit für Geruchsimmissionen  $\geq 1 \text{ GE/m}^3$

Quotient berechnete Geruchshäufigkeit/ gemessene Geruchshäufigkeit	Anzahl der 100 m · 100 m- Flächen	Anteil in Prozent
0,9 - 1,1	14	44
0,8 - 1,2	17	53
0,7 - 1,3	23	72
0,5 - 1,5	28	88
0,5 - 1,3	30	94
0,5 - 3,5	32	100

Die Tabelle 2 zeigt die Häufigkeitsverteilung des Quotienten berechnete Geruchshäufigkeiten/gemessene Geruchshäufigkeiten für die einzelnen 100 m · 100 m-Flächen, wenn berechnete Geruchseinheiten  $\geq 1 \text{ GE/m}^3$  als Gerüche zählen.

Bei über 40 % der Flächen weichen die berechneten Geruchshäufigkeiten lediglich um maximal  $\pm 10 \%$  von den gemessenen Geruchshäufigkeiten ab, bei knapp 90 % der Flächen um maximal  $\pm 50 \%$ .

## 6.2 Vergleich der gemessenen mit simulierten Geruchshäufigkeiten, wenn simulierte Geruchseinheiten $\geq 3 \text{ GE/m}^3$ als Geruchsimmissionen gewertet werden

Beim Vergleich der gemessenen Geruchshäufigkeiten der Rasterbegehungen mit berechneten Geruchshäufigkeiten von  $\geq 3 \text{ GE/m}^3$  für die 32 Flächen von 100 m · 100 m ergibt sich "im Mittel ein Quotient" berechnete Geruchshäufigkeit/gemessene Geruchshäufigkeit von 0,61, daß heißt, mit dem Ausbreitungsmodell werden die gemessenen Geruchshäufigkeiten im Mittel um 39 % unterschätzt. Ein Unterschied zwischen den näher gelegenen und den weiter entfernten Flächen besteht nicht. Wenn man die

Vergleiche jedoch für die Eckpunkte der 100 m · 100 m-Flächen durchführt, so nimmt die Unterschätzung der Meßwerte durch das Ausbreitungsmodell mit der Quellentfernung zu. In etwa 100 m Quellentfernung beträgt sie z.B. ca. 25 %, in etwa 300 m Quellentfernung mehr als 50 %.

Die Häufigkeitsverteilung des Quotienten berechnete Geruchshäufigkeiten/gemessene Geruchshäufigkeiten für den Fall, daß Geruchseinheiten  $\geq 3 \text{ GE/m}^3$  als Gerüche zählen, geht aus der folgenden Tabelle 3 hervor:

Tabelle 3: Häufigkeitsverteilung des Quotienten der berechneten zur gemessenen Geruchshäufigkeit für Geruchsimmissionen  $\geq 3 \text{ GE/m}^3$

<b>Quotient berechnete Geruchshäufigkeit/ gemessene Geruchshäufigkeit</b>	<b>Anzahl der 100 m · 100 m- Flächen</b>	<b>Anteil in Prozent</b>
0,8 - 1,2	5	16
0,7 - 1,2	10	31
0,6 - 1,2	16	50
0,5 - 1,2	23	72
0,4 - 1,2	28	88
0,3 - 1,2	32	100

Bei 50 % der 100 m · 100 m-Flächen werden mit dem Ausbreitungsmodell die gemessenen Geruchshäufigkeiten der Rasterbegehungen entweder um maximal 40 % überschätzt oder um maximal 20 % unterschätzt.

Bei knapp 90 % der Flächen ist entweder eine Unterschätzung um maximal 60 % oder eine Überschätzung um maximal 20 % gegeben.

### **6.3 Vergleich der simulierten Geruchshäufigkeiten untereinander, wenn einmal Geruchseinheiten $\geq 1 \text{ GE/m}^3$ und zum anderen Geruchseinheiten $\geq 3 \text{ GE/m}^3$ als Geruchsimmissionen gewertet werden**

Die folgende Tabelle 4 zeigt den Quotienten "simulierte Geruchshäufigkeiten für Geruchseinheiten  $\geq 1 \text{ GE/m}^3$ /simulierte Geruchshäufigkeiten für Geruchseinheiten  $\geq 3 \text{ GE/m}^3$ " der einzelnen Eckpunkte der 100 m · 100 m-Flächen. Der Quotient steigt mit der Quellentfernung an.

Tabelle 4: Quotient simulierter Geruchshäufigkeiten in Abhängigkeit von der Quellentfernung

Quellentfernung	Quotient " simulierte Geruchshäufigkeiten für Geruchseinheiten $\geq 1 \text{ GE/m}^3$ / simulierte Geruchshäufigkeiten für Geruchseinheiten $\geq 3 \text{ GE/m}^3$ "
100 m	1,3
200 m	2,0
300 m	3,7
400 m	14,8
500 m	24,4

#### 6.4 Der Einfluß der Abgasfahnenüberhöhung auf die simulierten Geruchshäufigkeiten

Wenn man bei der Simulation der Geruchshäufigkeiten für Geruchseinheiten  $\geq 1 \text{ GE/m}^3$  die Abgasfahnenüberhöhung nach VDI 3782, Blatt 3, anstatt nach TA Luft, berücksichtigt, ändern sich die Geruchshäufigkeiten für die einzelnen  $100 \text{ m} \cdot 100 \text{ m}$ -Flächen nur um maximal etwa  $\pm 0,5 \%$ , für eine Fläche steigt sie z.B. von 27,1 auf 27,5 % an, während sie für eine andere von 10 auf 9,6 % absinkt.

Der Einfluß der relativ geringen Abgasfahnenüberhöhung aufgrund des Austrittsimpulses der Abgase (2 m bei 3 m/s Windgeschwindigkeit an der Schornsteinmündung) auf die berechneten Geruchshäufigkeiten ist im vorliegenden Fall also nur gering.

#### 6.5 Vergleich der mit unterschiedlichen meteorologischen Parametern bzw. mit unterschiedlichen Ausbreitungsmodellen simulierten Geruchshäufigkeiten

##### 6.5.1 Vergleich der Geruchshäufigkeiten bei Verwendung unterschiedlicher Ausbreitungsmodelle

Im folgenden werden die mit dem TA Luft-Ausbreitungsmodell simulierten Geruchshäufigkeiten mit denjenigen verglichen, die mit dem Ausbreitungsmodell nach der Neubearbeitung anstehenden VDI 3782, Blatt 4, berechnet wurden. Bei diesem letzteren Ausbreitungsmodell können unterschiedliche Definitionen der Geruchsstunde vorgegeben werden. Bei den Vergleichen zwischen den beiden Ausbreitungsmodellen ist die Geruchsstunde so definiert, daß in wenigstens 6 Minuten Gerüche auftreten. Den Rechnungen wurden meteorologische Parameter über 24 Stunden im 10-Jahresmittel

zugrunde gelegt. Es handelt sich um die meteorologischen Parameter von Essen von 1951 - 1960.

Bei Geruchshäufigkeiten  $\geq 1 \text{ GE/m}^3$  ergibt das TA Luft-Modell auf den 32 betrachteten  $100 \text{ m} \cdot 100 \text{ m}$ -Flächen im Abstand von etwa 100 bis 200 m bzw. 200 bis 300 m um 17 % größere Häufigkeiten, bei Geruchshäufigkeiten  $\geq 3 \text{ GE/m}^3$  liegen die mit dem TA Luft-Modell berechneten Häufigkeiten dagegen um 6 % niedriger. Auf den  $100 \text{ m} \cdot 100 \text{ m}$ -Flächen in etwa 200 bis 300 m Quellentfernung in nördlicher Richtung liegen die mit dem TA Luft-Modell berechneten Häufigkeiten bei Geruchseinheiten  $\geq 3 \text{ GE/m}^3$  sogar um etwa 20 % niedriger.

### **6.5.2 Vergleich der gemessenen Geruchshäufigkeiten mit berechneten bei Verwendung meteorologischer Parameter über 24 Stunden im 10-Jahresmittel**

Wenn im TA Luft-Ausbreitungsmodell statt der meteorologischen Parameter über die 6 Stunden währende Meßzeit im Meßjahr meteorologische Parameter über 24 Stunden im 10-Jahresmittel verwendet werden, so ergeben sich im Mittel über alle  $100 \text{ m} \cdot 100 \text{ m}$ -Flächen die gleichen Geruchshäufigkeiten. Im Nordosten ergeben sich jedoch um bis zu 30 % niedrigere und im Südwesten um bis zu 60 % höhere Geruchshäufigkeiten.

Beim Vergleich der mit den meteorologischen Parametern von 0.00 - 24.00 Uhr im 10-Jahresmittel simulierten Geruchshäufigkeiten mit den gemessenen Geruchshäufigkeiten treten größere Abweichungen auf als bei Verwendung der meteorologischen Parameter des Meßzeitraumes, statt 0 % auf den  $100 \text{ m} \cdot 100 \text{ m}$ -Flächen in etwa 100 bis 200 m Quellentfernung - 7 % und statt + 40 % auf den Flächen in ca. 200 bis 300 m Abstand + 69 %.

Der prozentuale Anteil der  $100 \text{ m} \cdot 100 \text{ m}$ -Flächen, auf denen die simulierten Häufigkeiten um maximal  $\pm 50 \%$  ( $\pm 20 \%$ ) von den gemessenen abweichen, beträgt statt 88 % (53 %) nur 66 % (47 %).

Wenn man die mit Hilfe des VDI-Geruchsmodells unter Verwendung der meteorologischen Parameter über 24 Std. im 10-Jahresmittel berechneten Geruchshäufigkeiten mit den gemessenen Jahreshäufigkeiten der Gerüche vergleicht, so ergeben sich folgende Abweichungen der Rechenwerte von den Meßwerten:

Auf den  $100 \text{ m} \cdot 100 \text{ m}$ -Flächen in etwa 100 bis 200 m Quellentfernung beträgt die Abweichung der Rechenwerte von den Meßwerten - 19 % und auf den Flächen in etwa 200 bis 300 m Abstand + 39 %. Der prozentuale Anteil der  $100 \text{ m} \cdot 100 \text{ m}$ -Flächen, auf denen die simulierten Häufigkeiten um maximal  $\pm 50 \%$  ( $\pm 20 \%$ ) von den gemessenen abweichen, beträgt 88 % (44 %).

Wie bereits erwähnt, ist die Geruchsstunde bei diesen Immissionssimulationen so definiert, daß in wenigstens 10 % der Stunde Gerüche auftreten, wohingegen bei den Mes-

sungen eine Geruchsstunde dann als gegeben angesehen wurde, wenn in wenigstens 2,5 % der Meßzeit Gerüche auftraten.

Wenn bei den Immissionssimulationen mit dem VDI-Geruchsmodell die Geruchsstunde auf die gleiche Weise definiert wird wie bei den Immissionsmessungen, so ergeben sich folgende Abweichungen der berechneten Geruchshäufigkeiten von den gemessenen:

Auf den 100 m · 100 m-Flächen in etwa 100 bis 200 m Quellentfernung beträgt die Abweichung der Rechenwerte von den Meßwerten - 22 % und auf den Flächen in etwa 200 bis 300 m Abstand + 142 %. Der prozentuale Anteil der 100 m · 100 m-Flächen, auf denen die simulierten Häufigkeiten um maximal  $\pm 50$  % ( $\pm 20$  %) von den gemessenen abweichen, beträgt 13 % (31 %).

## **7. Die Prognose von höheren Geruchsintensitäten mit dem TA Luft-Ausbreitungsmodell**

### **7.1 Geruchsimmissionen der verschiedenen Geruchsintensitäten in Abhängigkeit von Quellentfernung und Windgeschwindigkeit**

Bei den Geruchsmessungen auf dem Aueberg wurde zwischen Geruchsimmissionen der Intensitätsstufen 1 bis 6 unterschieden. Abb. 7.1/1 zeigt den prozentualen Anteil der Geruchsimmissionen mit Geruchszeitanteil  $\geq 2,5$  % in Abhängigkeit von der Quellentfernung für die Geruchsintensitäten 1-6, 2-6, 3-6, 4-6 und 5-6.

Die meisten Geruchsimmissionen traten bei den Geruchsintensitäten 1-6, 2-6 und 3-6 in 120 m Quellentfernung auf, und zwar bei den

- Geruchsintensitäten 1-6 in 61 % der Messungen,
- Geruchsintensitäten 2-6 in 51 % der Messungen,
- Geruchsintensitäten 3-6 in 35 % der Messungen.

Bei den Geruchsintensitäten 4-6 lag das Maximum der Geruchsimmissionen mit 15 % und bei den Geruchsintensitäten 5-6 mit 3 % der Messungen in 50 m Quellentfernung.

Die Geruchsimmissionen lagen in 300 m Quellentfernung bei den

- Geruchsintensitäten 1-6 bei 43 % der Messungen,
- Geruchsintensitäten 2-6 bei 22 % der Messungen,
- Geruchsintensitäten 3-6 bei 7,5 % der Messungen,
- Geruchsintensitäten 4-6 bei 1,4 % der Messungen,
- Geruchsintensitäten 5-6 bei 0,3 % der Messungen.

Die Geruchsimmissionen lagen damit in 300 m Quellentfernung

- bei den Geruchsintensitäten 1-6 um 30 %,

- bei den Geruchsintensitäten 2-6 um knapp 60 %,
- bei den Geruchsintensitäten 3-6 um knapp 80 % und
- bei den Geruchsintensitäten 4-6 und 5-6 um 90 %

unterhalb des Maximums.

Die Geruchsimmissionen lagen demnach umso niedriger und fielen umso stärker mit der Quellentfernung ab, je größer die Geruchsintensitäten waren. Gerüche höherer Intensität traten vor allem im unmittelbaren Nahbereich um die Emissionsquelle auf.

Die Abb. 7.1/2 bis 7.1/5 zeigen die Geruchsimmissionen als prozentualen Anteil der Begehungen in Abhängigkeit von der Quellentfernung für die Geruchsintensitäten 1-6, 2-6, 3-6 und 4-6 innerhalb der einzelnen Windgeschwindigkeitsklassen 0,5 - < 2,2 - < 3,3 - < 4,4 - < 5 und  $\geq 5$  m/s.

Die meisten Geruchsimmissionen bezogen auf die Anzahl der Begehungen traten in allen Entfernungen und bei allen Geruchsintensitäten bei Windgeschwindigkeiten  $\geq 4$  m/s auf, die wenigsten Geruchsimmissionen in allen Entfernungen und bei allen Geruchsintensitäten bei Windgeschwindigkeiten  $< 3$  m/s.

Wie hoch der prozentuale Anteil der Geruchsimmissionen bei den einzelnen Geruchsintensitäten in den 3 Windgeschwindigkeitsklassen 0,5 - < 3 m/s, 3 - < 4 m/s und  $\geq 4$  m/s bezogen auf die Anzahl der Messungen war, geht aus der folgenden Tabelle 5 hervor:

Tabelle 5: Prozentualer Anteil wahrgenommener Geruchsimmissionen bei den verschiedenen Geruchsintensitäten in den einzelnen Windgeschwindigkeitsklassen

Windgeschwindigkeit/ Geruchsintensität	0,5 - < 3 m/s	3 - < 4 m/s	$\geq 4$ m/s
1-6	40,59	49,07	56,32
2-6	27,13	36,13	40,94
3-6	14,45	21,34	24,31
4-6	4,16	8,42	8,97
5-6	0,79	1,56	1,65

Bei den Windgeschwindigkeiten  $\geq 4$  m/s beträgt der Anstieg gegenüber der Windgeschwindigkeit 0,5 - < 3 m/s

- bei den Geruchsintensitäten 1-6 + 39 %,
- bei den Geruchsintensitäten 2-6 + 51 %,
- bei den Geruchsintensitäten 3-6 + 68 %,

- bei den Geruchsintensitäten 4-6 + 116 %,
- bei den Geruchsintensitäten 5-6 + 109 %.

Insbesondere Geruchsimmissionen höherer Intensität wurden also häufiger bei höheren als bei niedrigen Windgeschwindigkeiten gemessen. Abb. 7.1/6 zeigt, wie der prozentuale Anteil der Geruchsimmissionen bei den einzelnen Geruchsintensitäten von der Windgeschwindigkeit abhängt. (Die Ergänzung zu 100 % ergibt jeweils die Geruchsmessungen mit negativem Ergebnis innerhalb der einzelnen Windgeschwindigkeitsklassen.) Es wurde zwischen den Windgeschwindigkeitsklassen 0,5 - < 2 m/s; 2 - < 3 m/s; 3 - < 4 m/s; 4 - < 5 m/s und  $\geq 5$  m/s unterschieden.

Der prozentuale Anteil der Geruchsimmissionen war am geringsten bei Windgeschwindigkeiten < 2 m/s. Mit zunehmender Windgeschwindigkeit stieg der Prozentsatz der Geruchsimmissionen an.

Das Maximum wurde bei den Geruchsintensitäten 1-6 bei Windgeschwindigkeiten  $\geq 5$  m/s und bei den Geruchsintensitäten 2-6, 3-6, 4-6 und 5-6 bei Windgeschwindigkeiten 4 - < 5 m/s erreicht. Der Anstieg vom Minimum zum Maximum beträgt

- bei den Geruchsintensitäten 1-6      48 %,
- bei den Geruchsintensitäten 2-6      54 %,
- bei den Geruchsintensitäten 3-6      98 %,
- bei den Geruchsintensitäten 4-6      144 %,
- bei den Geruchsintensitäten 5-6      500 % (hier nur wenige Messungen).

Aus Abb. 7.1/6 geht also ebenfalls hervor, daß insbesondere Geruchsimmissionen höherer Intensität häufiger bei höheren als bei niedrigen Windgeschwindigkeiten gemessen wurden. Mit großer Wahrscheinlichkeit traten sie tatsächlich auch vermehrt bei höheren Windgeschwindigkeiten auf. Die Erklärung hierfür dürfte sein, daß bei höheren Windgeschwindigkeiten die Verdünnung der Geruchsstoffe auf dem Weg von der Quelle zu den Aufpunkten wegen der kürzeren Transportzeit geringer war.

## 7.2 Ermittlung von Faktoren zur Prognose von höheren Geruchsintensitäten mit dem TA Luft-Ausbreitungsmodell

Um mit dem Gaußmodell nach TA Luft Geruchsimmissionen prognostizieren zu können, werden die berechneten Stundenmittelwerte mit dem Faktor 10 multipliziert, um die zu Gerüchen führenden Konzentrationsspitzen abzudecken.

Dies führt zu guten Übereinstimmungen zwischen gemessenen und prognostizierten Geruchsimmissionen, wenn nicht zwischen Geruchsimmissionen unterschiedlicher Intensität unterschieden wird. Geruchsimmissionen höherer Intensität treten mit einer geringeren Häufigkeit auf. Der Quotient Konzentrationsspitze/Mittelwert ist infolgedessen mit einem niedrigeren Wert als 10 anzusetzen, wenn Geruchsimmissionen höherer Intensität prognostiziert werden sollen. Im folgenden wird die Frage untersucht, mit welchem Faktor die Stundenmittelwerte des TA Luft-Ausbreitungsmodells zu

multiplizieren sind, wenn die Geruchsimmissionen höherer Intensität prognostiziert werden sollen, wie sie auf dem Aueberg gemessen wurden.

Dabei wurde folgendermaßen vorgegangen:

Der Faktor Konzentrationsspitze/Mittelwert wurde so ausgewählt, daß als erstes die Geruchsimmissionen der verschiedenen Intensitäten mit einem möglichst großen Prozentsatz durch das Ausbreitungsmodell auch prognostiziert wurden. Die Unterschätzungen der Geruchsimmissionen durch das Ausbreitungsmodell sollten also möglichst gering sein. Das Ziel, eine möglichst hohe Übereinstimmung zwischen Messung und Rechnung zu erreichen, erhielt die zweite Priorität.

Bei der Prognose von Gerüchen der Intensität 1 bis 6 mit einem Quotienten Konzentrationsspitze/Mittelwert von 10 beträgt die Übereinstimmung zwischen gemessenen und prognostizierten Gerüchen nach einem vereinfachten Verfahren knapp 60 % und die Unterschätzung von Gerüchen durch das Ausbreitungsmodell 0,3 %, wenn Gerüche mit einem Geruchszeitanteil  $\geq 2,5$  % als Geruchsimmissionen gezählt werden. Für die Prognose von Gerüchen höherer Intensität wurden die Quotienten Konzentrationsspitze/Mittelwert so ausgewählt, daß der Prozentsatz der Unterschätzungen der Geruchsimmissionen durch das Ausbreitungsmodell bei einer möglichst hohen Übereinstimmung zwischen Messung und Rechnung bei 1 % lag.

Lediglich bei der Prognose von Gerüchen der Intensität 5-6 - Geruchsimmissionen dieser Intensität traten nur in 1,5 % der Messungen auf - lag die Unterschätzung durch das Ausbreitungsmodell bei 0,1 %.

Die Häufigkeit von Geruchsimmissionen der Intensität 6 war mit 0,03 % zu gering, um einen Quotienten Konzentrationsspitze/Mittelwert ermitteln zu können.

Wenn man auf die beschriebene Weise vorgeht, ergibt sich für die Prognose von Gerüchen der Intensität 2 bis 6 ein Quotient Konzentrationsspitze/Mittelwert von 1. Stundenmittelwerte und Geruchsstoffkonzentrationen, die als Geruchsimmissionen der Intensitäten 2 bis 6 wahrgenommen werden, stimmen also überein. Für die Prognose von Gerüchen der Intensität 3 bis 6 ergab sich ein Faktor von 0,5 und für die Prognose von Gerüchen der Intensität 4 bis 6 und 5 bis 6 ein Faktor von 0,3. Damit Gerüche dieser höheren Intensitäten wahrgenommen werden, müssen also bei  $H_2S$  die Geruchsstoffkonzentrationen um wenigstens den Faktor 2 bzw. 3,3 höher liegen als die Stundenmittelwerte.

Die Prozentsätze der Übereinstimmungen zwischen Messung und Rechnung erreichen mit den genannten Quotienten Konzentrationsspitze/Mittelwert bei der Prognose von Geruchsimmissionen der Intensität 2-6, 3-6 und 4-6 ebenfalls nahezu 60 %. Lediglich bei der Prognose von Geruchsimmissionen der Intensität 5-6 liegt die Übereinstimmung zwischen Messung und Rechnung bei nur 52 % (siehe auch Tabelle 6). In Tabelle 6 ist u.a. auch die prozentuale Häufigkeit angegeben, mit der die Geruchsimmissionen der verschiedenen Intensitäten gemessen wurden. Sie fällt mit zunehmender

Intensität zunächst von 53 % (Gerüche der Intensität 1-6) um jeweils 15 % auf 8 % ab (Gerüche der Intensität 4-6).

Aus den ermittelten Faktoren Konzentrationsspitze/Mittelwert ergibt sich, daß auf dem Aberg wahrgenommene Geruchsimmissionen mit einer Intensität  $\geq 2$  berechneten Geruchsimmissionen von  $\geq 10$  Geruchseinheiten pro  $m^3$  entsprachen; Geruchsimmissionen mit einer Intensität  $\geq 3$  entsprachen Geruchsimmissionen von  $\geq 20$  Geruchseinheiten pro  $m^3$  und Geruchsimmissionen mit einer Intensität  $\geq 3$  sowie  $\geq 4$  entsprachen 33 Geruchseinheiten pro  $m^3$ .

Tabelle 6: "Quotient Konzentrationsspitze/Mittelwert" bei der Prognose von Gerüchen höherer Intensität

Gerüche der Intensität (Zeitanteil mit Geruch $\geq 2,5$ %)	Prozentsatz der Messungen in denen Gerüche auftraten	Quotient Konzentrationsspitze/Mittelwert	Übereinstimmung zwischen Messung und Rechnung (vereinfachtes Verfahren)	Unterschätzung der Messungen durch das Ausbreitungsmodell
1-6	53 %	10	57 %	0,3 %
2-6	38 %	1	59 %	1,3 %
3-6	23 %	0,5	56 %	1,4 %
4-6	8 %	0,3	57 %	0,7 %
5-6	1,5 %	0,3	52 %	0,1 %
6	0,03 %	-	-	-

### 7.3 Übereinstimmung zwischen Messung und Rechnung bei den unterschiedlichen Geruchsintensitäten in Abhängigkeit von der Quellentfernung

Die Abb. 7.3/1 bis 7.3/5 zeigen für die Geruchsintensitäten 1-6, 2-6, 3-6 und 4-6 (Geruchszeitanteil  $\geq 2,5$  %) den Prozentsatz der Übereinstimmungen zwischen Messung und Rechnung sowie der Über- und Unterschätzungen der Messungen durch das Ausbreitungsmodell in Abhängigkeit von der Quellentfernung, wenn die in Tabelle 6 angegebenen Quotienten Konzentrationsspitze/Mittelwert in das Ausbreitungsmodell eingegangen sind.

Bei den Übereinstimmungen wird zwischen positiven und negativen Übereinstimmungen unterschieden. Unter positiven Übereinstimmungen sind die Fälle zu verstehen, in denen sowohl Geruchsimmissionen gemessen (bei der Geruchsmessung wurden in wenigstens 2,5 % der Meßzeit Geruchseindrücke registriert) als auch mit dem Ausbreitungsmodell prognostiziert wurden, unter negativer Übereinstimmung die Fälle, in denen keine Geruchsimmissionen gemessen und auch nicht prognostiziert wurden.

Bei Gerüchen der Intensität 1-6, 2-6 sowie 3-6 erreichten die positiven Übereinstimmungen in 120 m, bei Gerüchen der Intensität 4-6 in 50 m ein Maximum und fielen dann umso stärker mit der Quellentfernung ab, je höher die Geruchsintensitäten lagen.

Wird die Übereinstimmung zwischen Messung und Rechnung insgesamt (also die Summe von positiver und negativer Übereinstimmung) betrachtet, so sind zwischen 50 und 300 m Quellentfernung und den Geruchsintensitäten 1-6, 2-6, 3-6 und 4-6 keine größeren Unterschiede festzustellen (siehe auch Abb. 7.3/5). Bei den Geruchsintensitäten 5-6 und den Quellentfernungen 400 und 500 m ist die Anzahl der Geruchsmessungen zu gering, um aus dem Unterschied Schlüsse ziehen zu können.

Im Mittel über alle Entfernungen stimmen Messungen und Rechnung, wie schon erwähnt, bei den Geruchsintensitäten 1-6, 2-6, 3-6 und 4-6 zu knapp 60 % und bei den Geruchsintensitäten 5-6 zu 52 % überein. Die Überschätzungen der Geruchsmessungen durch das Ausbreitungsmodell liegen bei den Geruchsintensitäten 1-6, 2-6, 3-6 und 4-6 bei 40 %.

#### 7.4 Geruchsimmissionen bei den verschiedenen Geruchsintensitäten in Abhängigkeit von den Geruchszeitanteilen

Abb. 7.4/1 zeigt die Geruchsimmissionen der Geruchsintensitäten 1-6, 2-6, 3-6, 4-6 und 5-6 als Prozentanteil der Geruchsmessungen, wenn unterschiedliche Geruchszeitanteile als Geruchsimmissionen gewertet werden, nämlich Geruchszeitanteile von a)  $\geq 2,5$  %, b)  $\geq 5$  %, c)  $\geq 7,5$  % und d)  $\geq 10$  %.

Je größer der Geruchszeitanteil ist, von dem ab eine Geruchsmessung als Geruchsimmission gewertet wird, umso geringer ist naturgemäß der Anteil der Geruchsimmissionen. Die Abnahme der Geruchsimmissionen ist dabei umso größer, je höher die Intensität der Gerüche liegt. Bei einer Vergrößerung des Geruchszeitanteils von 2,5 auf 10 % sinkt der Anteil der Geruchsimmissionen mit zunehmender Geruchsintensität entsprechend folgender Tabelle 7 ab:

Tabelle 7: Abnahme der wahrgenommenen Geruchsimmissionen mit Zunahme des Geruchszeitanteils bei der Definition der Geruchsstunde

Geruchsintensität	Abnahme der Geruchsimmissionen bei Vergrößerung des Geruchszeitanteils von 2,5 auf 10 %
1-6	39 % (von 53 auf 32 %)
2-6	55 % (von 38 auf 17 %)
3-6	71 % (von 23 auf 7 %)
4-6	87 % (von 8 auf 1 %)
5-6	92 % (von 2 auf 0,1 %)

Die Differenz von 39 zu 55, 71 zu 55 und 87 zu 71 % beträgt jeweils 16 %. Die weitere Abnahme erfolgt dann mit 5 %.

## 8. Häufigkeitsverteilungen der Geruchszeitanteile

Die Abb. 8/1 bis 8/3 zeigen die Häufigkeitsverteilungen der Geruchsanteile, die bei den Messungen der Geruchsimmissionen mit den Intensitäten  $I \geq 1$ ,  $I \geq 2$  und  $I \geq 3$  beobachtet wurden. Die Geruchszeitanteile reichen von  $\geq 2,5$  % bis  $\geq 50$  ( $I \geq 1$  und  $I \geq 2$ ) bzw.  $\geq 37,5$  % ( $I \geq 3$ ). Bei den Geruchsintensitäten  $I \geq 1$  entfallen 53,2 % aller Messungen auf Geruchszeitanteile  $\geq 2,5$  %, bei den Geruchsintensitäten  $I \geq 2$  38,5 % und  $I \geq 3$  22,7 %. Bei Geruchszeitanteilen  $\geq 7,5$  % lauten die entsprechenden Zahlen 37,6, 22,2 und 10,1 und bei Geruchszeitanteilen  $\geq 10$  % 17,2, 7,2 und 2 %. Das sind bei Geruchszeitanteilen  $\geq 7,5$  % 71, 58 und 44 % und bei Geruchszeitanteilen  $\geq 10$  % 17,2, 7,2 und 2 % der ursprünglichen Häufigkeit der Geruchszeitanteile  $\geq 2,5$  %. Die Abnahme der Häufigkeit mit zunehmenden Geruchszeitanteilen geht also umso rascher vonstatten, je höher die Intensität der Geruchsimmissionen liegt.

## 9. Vergleich von prognostizierten Geruchsstoffkonzentrationen mit Geruchserhebungen durch Probanden sowie gleichzeitigen Immissionsmessungen der $H_2S$ -Konzentration mit Immissionsmeßwagen

An 5 Tagen (27.06.; 28.06.; 07.09.; 21.09. und 06.12.) wurde parallel zu Geruchsmessungen mit sieben Probanden 23mal die halbstündliche  $H_2S$ -Immissionskonzentration mit einem Meßwagen gemessen. Die Messungen wurden in 50, 120, 200 und 300 m Quellenentfernung in der jeweils aktuellen Windrichtung in meist geringen Abständen zur x-Achse durchgeführt. In den einzelnen Quellenentfernungen fanden 5 bis 7 Messungen statt. Während der halbstündlichen Probenahme durch den Meßwagen beobachteten und notierten die Probanden in 10-s-Takt die Geruchseindrücke.

Während der Messungen lag die Ausbreitungsklasse III<sub>1</sub> bzw. III<sub>2</sub> vor; die Windgeschwindigkeit lag zwischen 1 und 7 m/s. In Tabelle 8 werden die unterschiedlichen Meßergebnisse miteinander verglichen.

Im Mittel über alle 23 Halbstundenmessungen wurden  $4,2 \mu g H_2S/m^3$  gemessen und  $3,8 \mu g H_2S/m^3$  berechnet. Das sind  $13 GE/m^3$ . Die Abweichung zwischen Messung und Rechnung betrug also im Mittel nur 10 %. In 90 % der Messungen weichen Meß- und Rechenwerte um den Faktor 4 und weniger voneinander ab, in 80 % der Messungen um den Faktor 3 und weniger und in 40 % der Messungen um den Faktor 2 und weniger.

Die gemessenen Geruchszeitanteile betragen im Mittel 7,5 %.

Nach den Rechnungen war in allen Fällen mit Geruchsimmissionen zu rechnen, nach den H<sub>2</sub>S-Messungen mit Meßwagen wurde die Geruchsschwelle von 3 µg/m<sup>3</sup> als Halbstundenmittel in 12 Fällen überschritten.

Wenn man die mit dem TA Luft-Ausbreitungsmodell berechneten Geruchseinheiten pro m<sup>3</sup> mit den von den Probanden pro H<sub>2</sub>S-Halbstundenmessung gemessenen Geruchsimmissionen vergleicht, so ergibt sich im Mittel über die einzelnen Probanden in 11 Fällen Übereinstimmung und in 12 Fällen eine Überschätzung der von den Probanden gemessenen Geruchsimmissionen.

Voraussetzung ist dabei, daß gemessene Geruchszeitanteile  $\geq 7,5 \%$  sowie berechnete Geruchseinheiten  $\geq 1 \text{ GE/m}^3$  als Geruchsimmissionen gelten. Wenn berechnete Geruchseinheiten  $\geq 3 \text{ GE/m}^3$  als Geruchsimmissionen gelten, so ergibt sich in 13 Fällen Übereinstimmung, in 8 Fällen eine Überschätzung und in 2 Fällen eine Unterschätzung.

Wenn gemessene Geruchszeitanteile  $\geq 2,5 \%$  und berechnete Geruchseinheiten  $\geq 1 \text{ GE/m}^3$  als Geruchsimmissionen gewertet werden, so ergibt sich in 17 Fällen Übereinstimmung und in 6 Fällen eine Überschätzung.

## Schrifttum

- [1] Koch, E.:  
Untersuchungen zur Bestimmung von Gerüchen im Feld - das Auberg-Projekt",  
Jahresbericht "Aus der Tätigkeit der LIS 1986", Essen 1987, S. 39-42.

Tabelle 8: Vergleich von prognostizierten Geruchsstoffkonzentrationen mit Geruchserhebungen durch Probanden sowie gleichzeitigen Immissionsmessungen der H<sub>2</sub>S-Konzentration mit Immissionsmeßwagen

Quellentfernung	Abstand x-Achse	Ausbreitungs-klasse	Windgeschwin-digkeit	gemess. H <sub>2</sub> S-Konzentration als Halbstunden-mittel	berechnetes Stundenmittel	Quotient/ Rechenwert/ Meßwert	berechnete Geruchsein-heiten	mit Probanden erhobene Geruchszeit-anteile (Mittelwert)	Übereinstimmung, wenn erhabene Geruchszeit-anteile $\geq 7,5\%$ * und simulierte Geruchsein-heiten $\geq 1$ GE/m <sup>3</sup> bzw. $\geq 3$ GE/m <sup>3</sup> als Geruchs-immissionen gelten
(m)	(m)		(m/s)	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		(GE/m <sup>3</sup> )	(%)	
50	0	III <sub>2</sub>	3,0	3,7	11,6	3,1	41	4	- -
50	0	III <sub>2</sub>	3,0	11,9	11,6	1,0	41	9	+ +
50	0	III <sub>1</sub>	1,5	6,0	12,5	2,1	44	8	+ +
50	10	III <sub>2</sub>	7,0	2,8	4,7	1,7	17	13	+ +
50	20	III <sub>1</sub>	4,3	0,4	3,2	8,0	11	8	+ +
50	20	III <sub>2</sub>	5,0	10,6	3,6	0,34	12	22	+ +
<b>Mittel:</b>				<b>5,9</b>	<b>7,9</b>	<b>1,3</b>	<b>28</b>	<b>11</b>	
120	0	III <sub>2</sub>	1,0	7,4	14,6	2,0	52	10	+ +
120	30	III <sub>2</sub>	7,0	3,5	1,6	0,46	5,5	16	+ +
120	30	III <sub>2</sub>	4,3	2,3	3,0	1,3	10,4	7	- -
120	45	III <sub>2</sub>	3,0	1,0	2,0	2,0	7,1	1	- -
120	60	III <sub>2</sub>	5,0	6,4	0,6	0,09	1,9	5	- +
<b>Mittel:</b>				<b>4,1</b>	<b>4,4</b>	<b>1,1</b>	<b>15</b>	<b>8</b>	
200	0	III <sub>2</sub>	1,5	12,9	5,0	0,39	17	10	+ +
200	40	III <sub>2</sub>	7,0	1,3	0,8	0,62	2,7	10	+ -
200	40	III <sub>1</sub>	4,3	0,8	1,7	2,1	5,9	20	+ +
200	45	III <sub>2</sub>	3,0	5,3	1,6	0,3	5,7	3	- -
200	60	III <sub>2</sub>	5,0	2,5	0,7	0,28	2,4	5	- +
<b>Mittel:</b>				<b>4,6</b>	<b>2,0</b>	<b>0,43</b>	<b>6,7</b>	<b>10</b>	
300	0	III <sub>2</sub>	7,0	1,1	0,5	0,43	1,9	12	+ -
300	0	III <sub>2</sub>	3,0	3,5	1,3	0,37	4,5	2	- -
300	0	III <sub>2</sub>	3,0	1,9	1,3	0,68	4,5	0	- -
300	0	III <sub>2</sub>	2,0	6,0	1,9	0,32	6,6	2	- -
300	0	III <sub>1</sub>	2,0	3,5	3,1	0,89	11	2	- -
300	25	III <sub>2</sub>	5,0	1,1	0,7	0,64	2,5	3	- +
300	75	III <sub>1</sub>	4,3	<0,4	0,6	1,5	2,1	0	- +
<b>Mittel:</b>				<b>4,6</b>	<b>1,3</b>	<b>0,52</b>	<b>4,7</b>	<b>3</b>	

\* bei Geruchszeitanteilen  $\geq 10\%$  ergeben sich ähnliche Übereinstimmungen

## 10. Bildanhang

### Übereinstimmung zwischen gemessenen und prognostizierten Gerüchen in Abhängigkeit von der Quellentfernung

Als prognostizierte Gerüche gelten Simulationswerte  $\geq 1 \text{ GE} / \text{m}^3$

Häufigkeit der Geruchszeitanteile  $\geq 2,5\%$  pro Meßzeitintervall

Häufigkeit der Geruchszeitanteile  $\geq 5\%$  pro Meßzeitintervall

Häufigkeit der Geruchszeitanteile  $\geq 7,5\%$  pro Meßzeitintervall

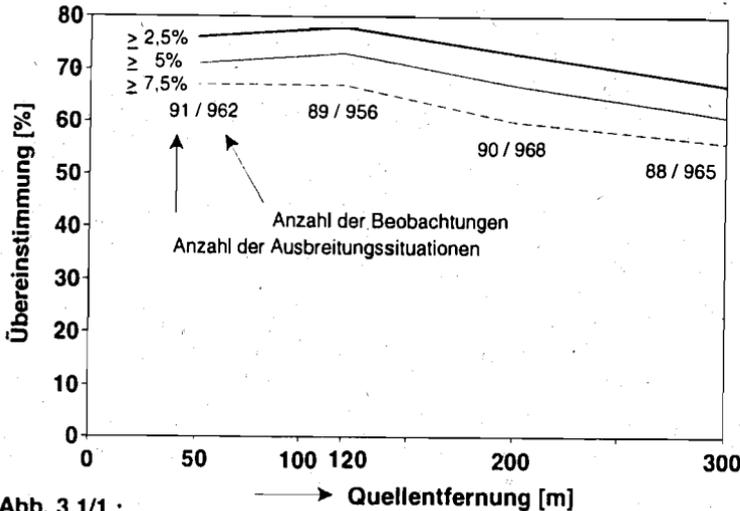


Abb. 3.1/1 :

### Übereinstimmung zwischen gemessenen und prognostizierten Gerüchen in Abhängigkeit von der Quellentfernung

Als prognostizierte Gerüche gelten Simulationswerte  $\geq 3 \text{ GE} / \text{m}^3$

Häufigkeit der Geruchszeitanteile  $\geq 7,5\%$  pro Meßzeitintervall

Häufigkeit der Geruchszeitanteile  $\geq 10\%$  pro Meßzeitintervall

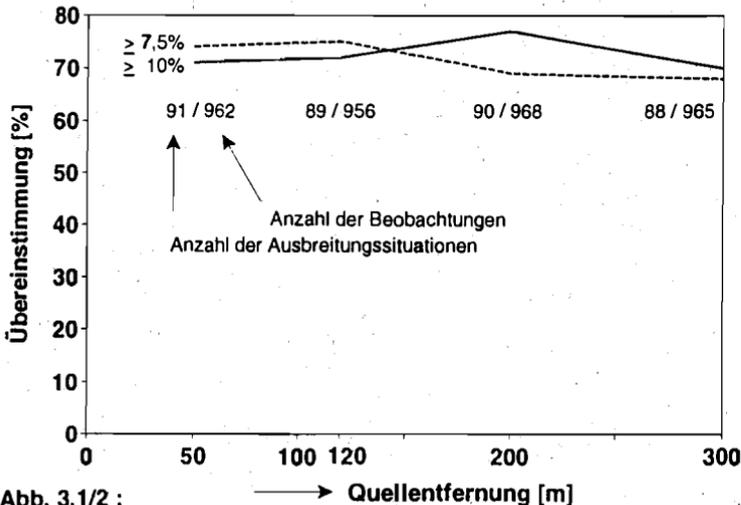


Abb. 3.1/2 :

**Über- und Unterschätzungen der Geruchsmessungen  
durch das Ausbreitungsmodell in Abhängigkeit von der Quellentfernung  
Als prognostizierte Gerüche gelten Simulationswerte  $\geq 1 \text{ GE} / \text{m}^3$**

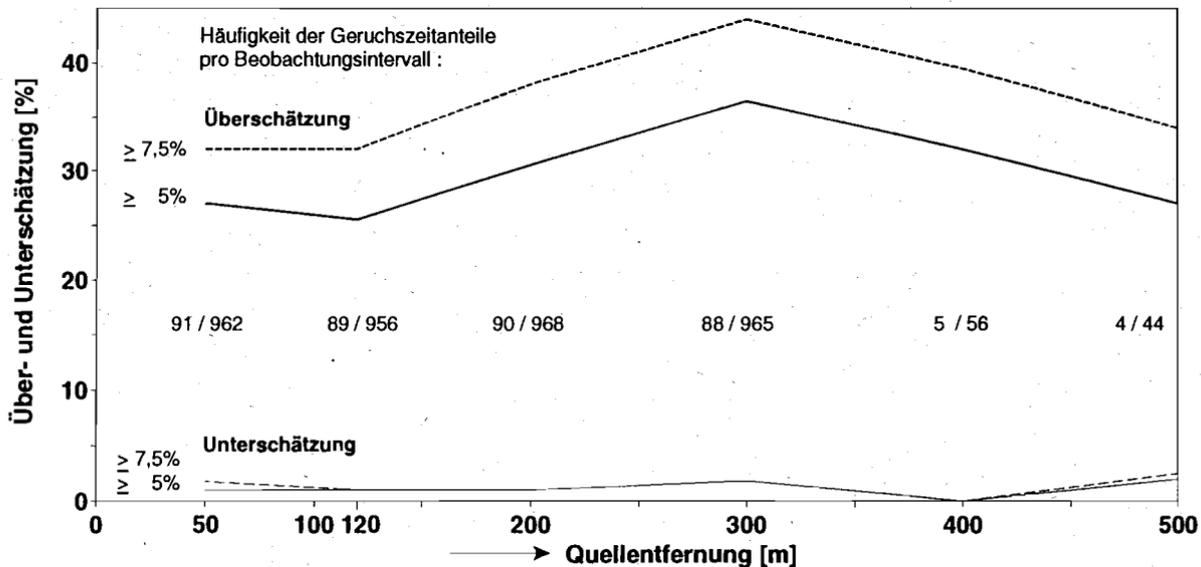


Abb. 3.1/3 :

**Über- und Unterschätzungen der Geruchsmessungen  
 durch das Ausbreitungsmodell in Abhängigkeit von der Quellentfernung  
 Als prognostizierte Gerüche gelten Simulationsergebnisse  $\geq 3 \text{ GE} / \text{m}^3$**

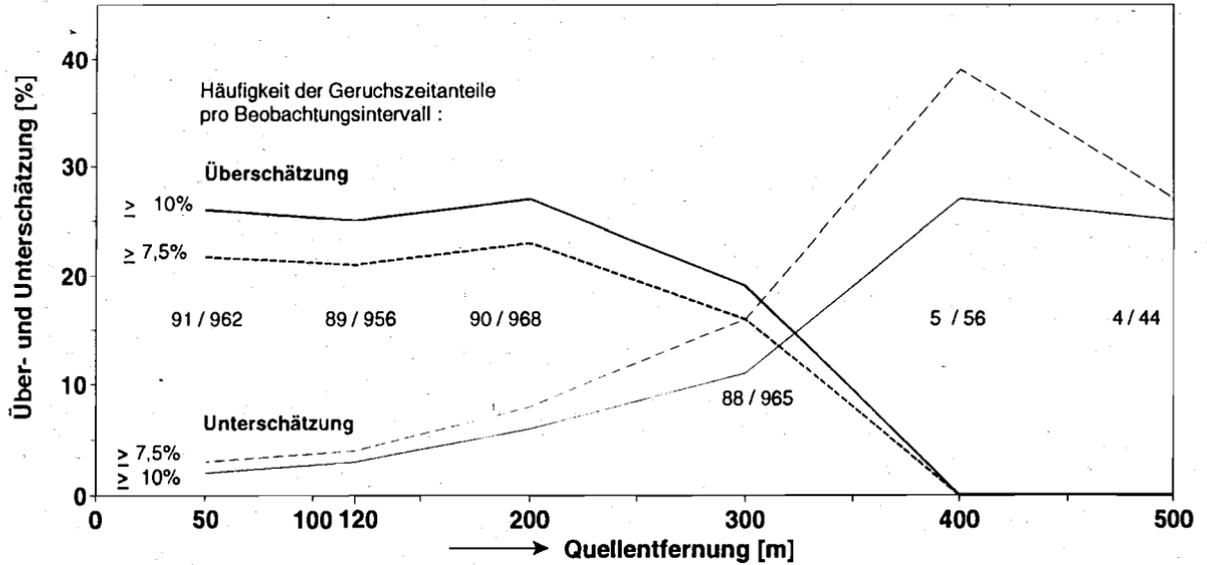


Abb. 3.1/4 :

**Übereinstimmung zwischen gemessenen und prognostizierten Gerüchen bei den verschiedenen Ausbreitungsklassen in Abhängigkeit von der Quellentfernung**

Als wahrgenommene Gerüche gelten Geruchszeitanteile  $\geq 5\%$  pro Beobachtungsintervall, als prognostizierte Gerüche Simulationswerte  $\geq 1 \text{ GE/m}^3$

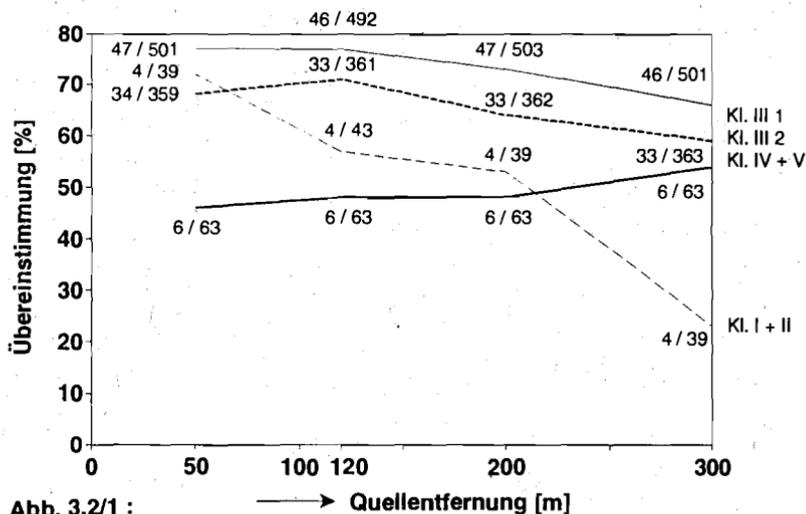


Abb. 3.2/1 :

**Übereinstimmung zwischen gemessenen und prognostizierten Gerüchen bei den verschiedenen Ausbreitungsklassen I bis V in Abhängigkeit von der Quellentfernung**

Als wahrgenommene Gerüche gelten Geruchszeitanteile  $\geq 7,5\%$  pro Beobachtungsintervall, als prognostizierte Gerüche Simulationswerte  $\geq 1 \text{ GE/m}^3$

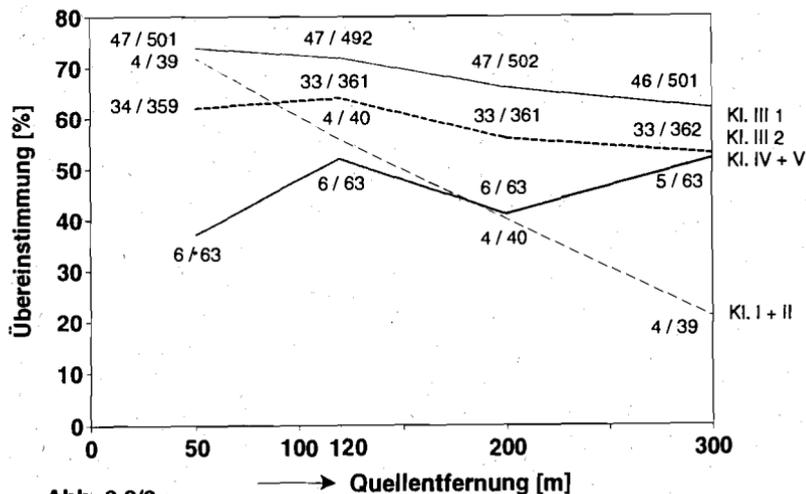


Abb. 3.2/2 :

**Übereinstimmung zwischen gemessenen und prognostizierten Gerüchen bei den verschiedenen Ausbreitungsklassen I bis V in Abhängigkeit von der Quellentfernung**

Als wahrgenommene Gerüche gelten Geruchszeltanteile  $\geq 7,5\%$  pro Beobachtungsintervall,  
als prognostizierte Gerüche Simulationswerte  $\geq 3 \text{ GE} / \text{m}^3$

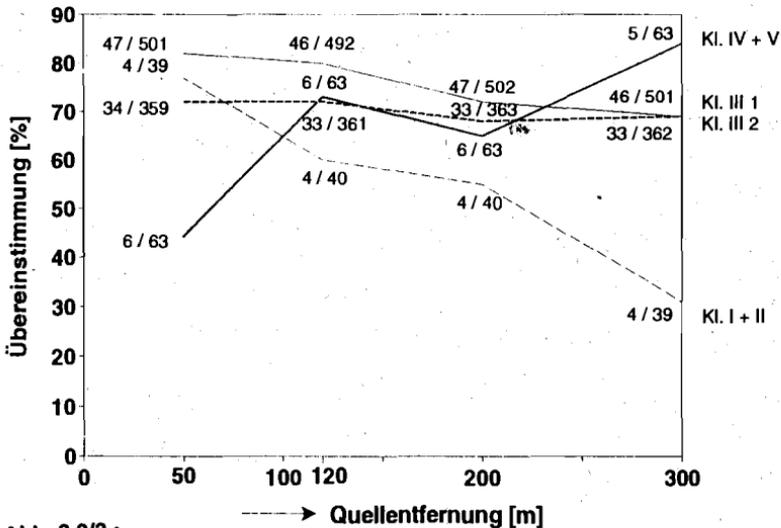


Abb. 3.2/3 :

**Übereinstimmung zwischen gemessenen und prognostizierten Gerüchen bei den verschiedenen Ausbreitungsklassen I bis V in Abhängigkeit von der Quellentfernung**

Als wahrgenommene Gerüche gelten Geruchszeltanteile  $\geq 10\%$  pro Beobachtungsintervall,  
als prognostizierte Gerüche Simulationswerte  $\geq 3 \text{ GE} / \text{m}^3$

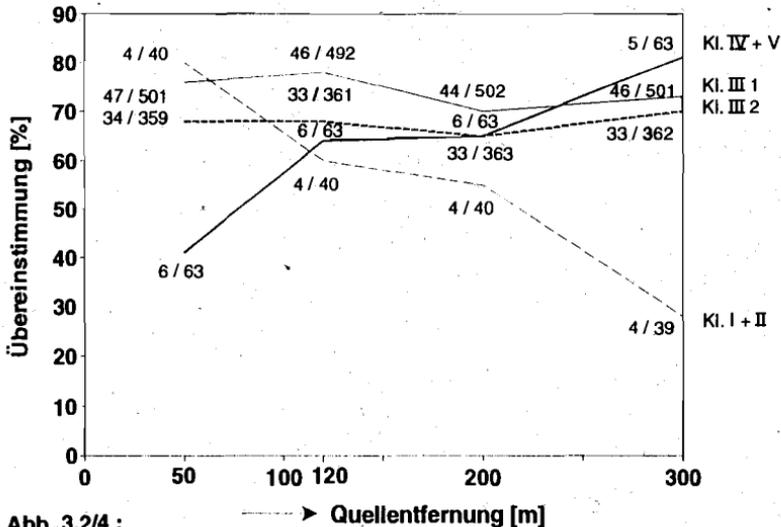


Abb. 3.2/4 :

### Überschätzung der Geruchsmessungen durch das Ausbreitungsmodell in Abhängigkeit von der Quellentfernung innerhalb der einzelnen Ausbreitungsklassen I bis V

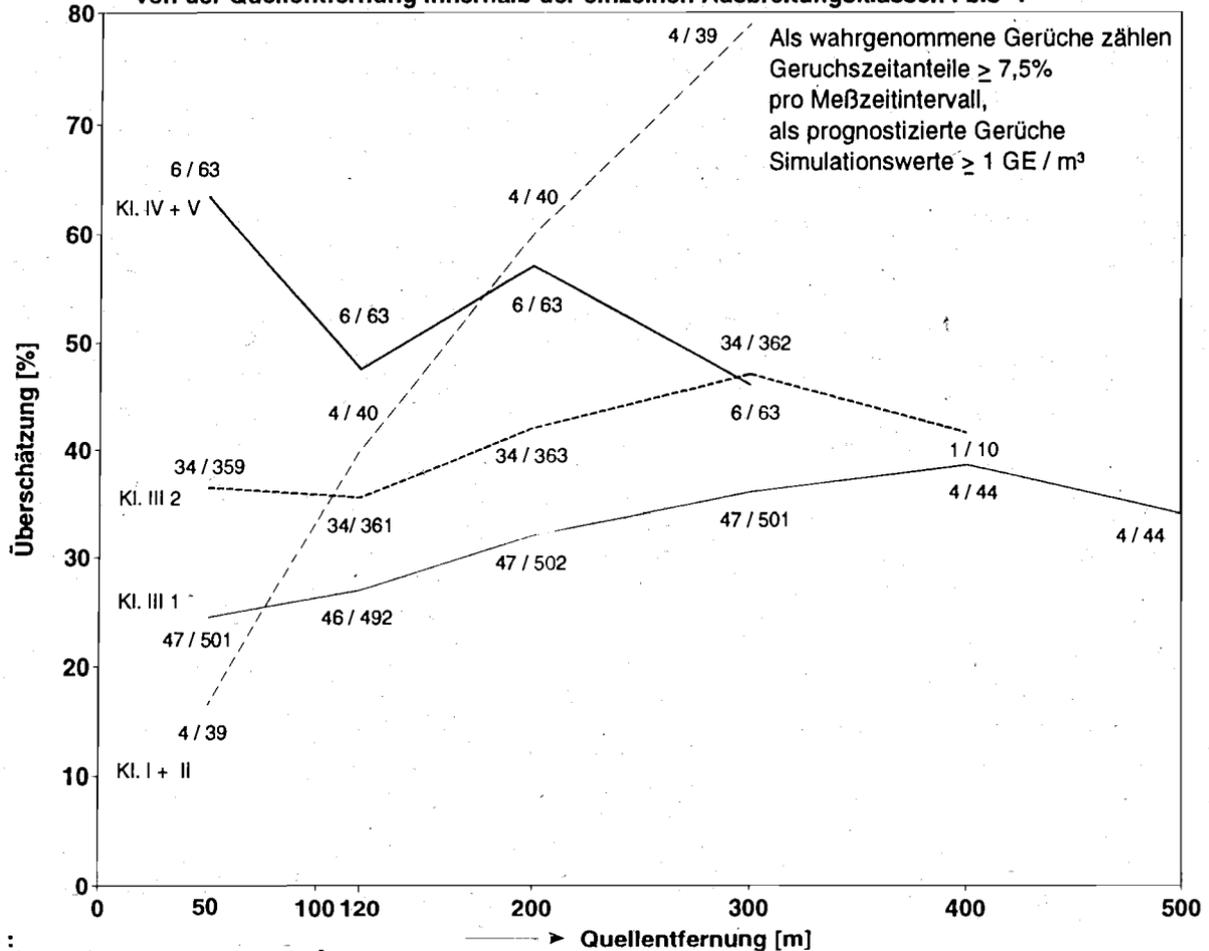


Abb. 3.2/5 :

**Unterschätzung der Geruchsmessungen durch das Ausbreitungsmodell innerhalb der einzelnen Ausbreitungsklassen I bis V in Abhängigkeit von der Quellentfernung**

Als wahrgenommene Gerüche gelten Geruchszeitanteile  $\geq 7,5\%$  pro Beobachtungsintervall, als prognostizierte Gerüche Simulationswerte  $\geq 1 \text{ GE} / \text{m}^3$

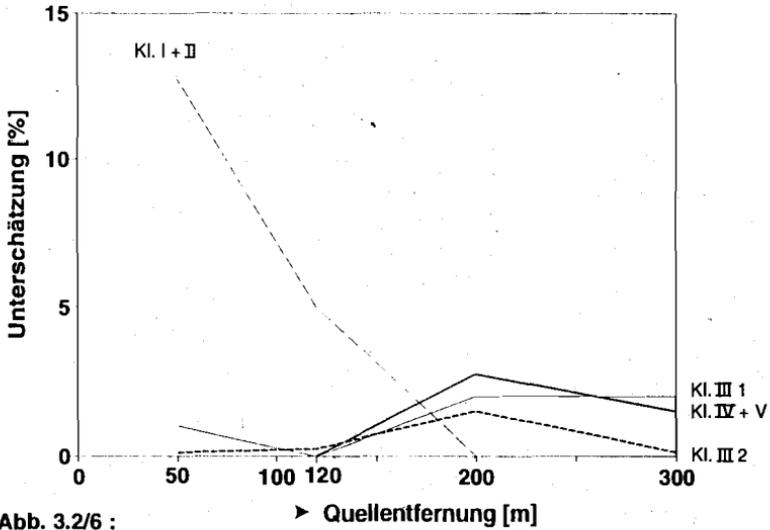


Abb. 3.2/6 :

**Unterschätzung der Geruchsmessungen durch das Ausbreitungsmodell innerhalb der einzelnen Ausbreitungsklassen I bis V in Abhängigkeit von der Quellentfernung**

Als wahrgenommene Gerüche gelten Geruchszeitanteile  $\geq 7,5\%$  pro Beobachtungsintervall, als prognostizierte Gerüche Simulationswerte  $\geq 3 \text{ GE} / \text{m}^3$

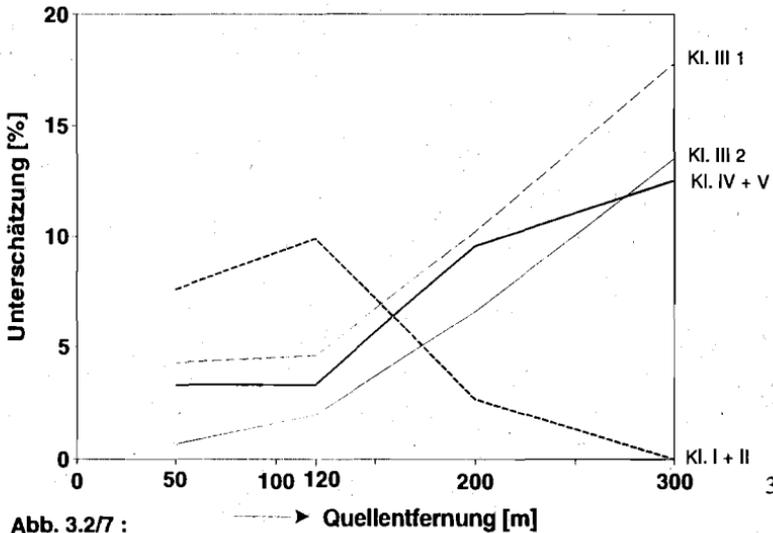


Abb. 3.2/7 :

**Übereinstimmung zwischen gemessenen und prognostizierten Gerüchen innerhalb von 3 Windgeschwindigkeitsklassen in Abhängigkeit von der Quellentfernung**

Als wahrgenommene Gerüche gelten Geruchszeitanteile  $\geq 5\%$  pro Beobachtungsintervall,  
als prognostizierte Gerüche Simulationswerte  $\geq 1 \text{ GE/m}^3$

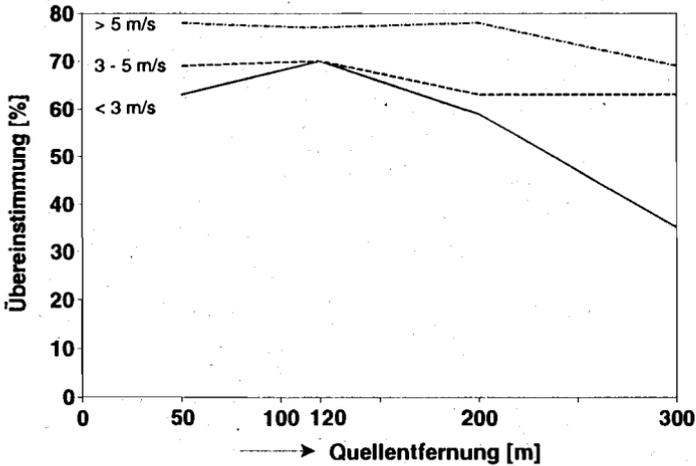
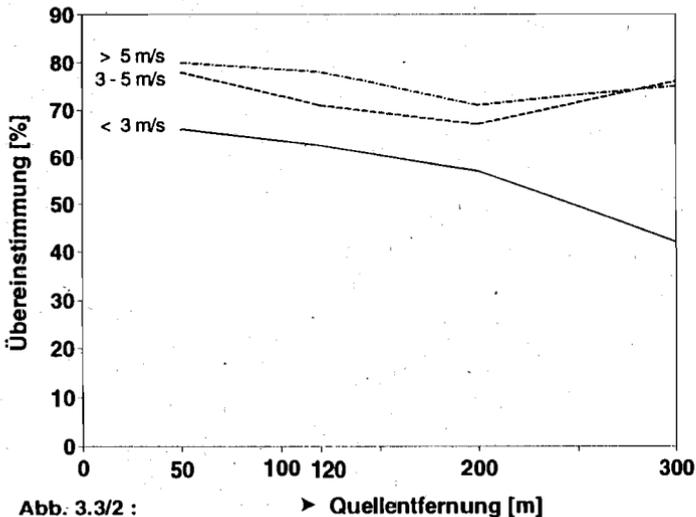


Abb. 3.3/1 :

**Übereinstimmung zwischen gemessenen und prognostizierten Gerüchen innerhalb von 3 Windgeschwindigkeitsklassen in Abhängigkeit von der Quellentfernung**

Als wahrgenommene Gerüche gelten Geruchszeitanteile  $\geq 10\%$  pro Beobachtungsintervall,  
als prognostizierte Gerüche Simulationswerte  $\geq 3 \text{ GE/m}^3$



40 Abb. 3.3/2 :

**innerhalb von 3 Windgeschwindigkeitsklassen in Abhängigkeit von der Quellentfernung**  
 Als prognostizierte Gerüche gelten Simulationswerte  $> 1 \text{ GE} / \text{m}^3$

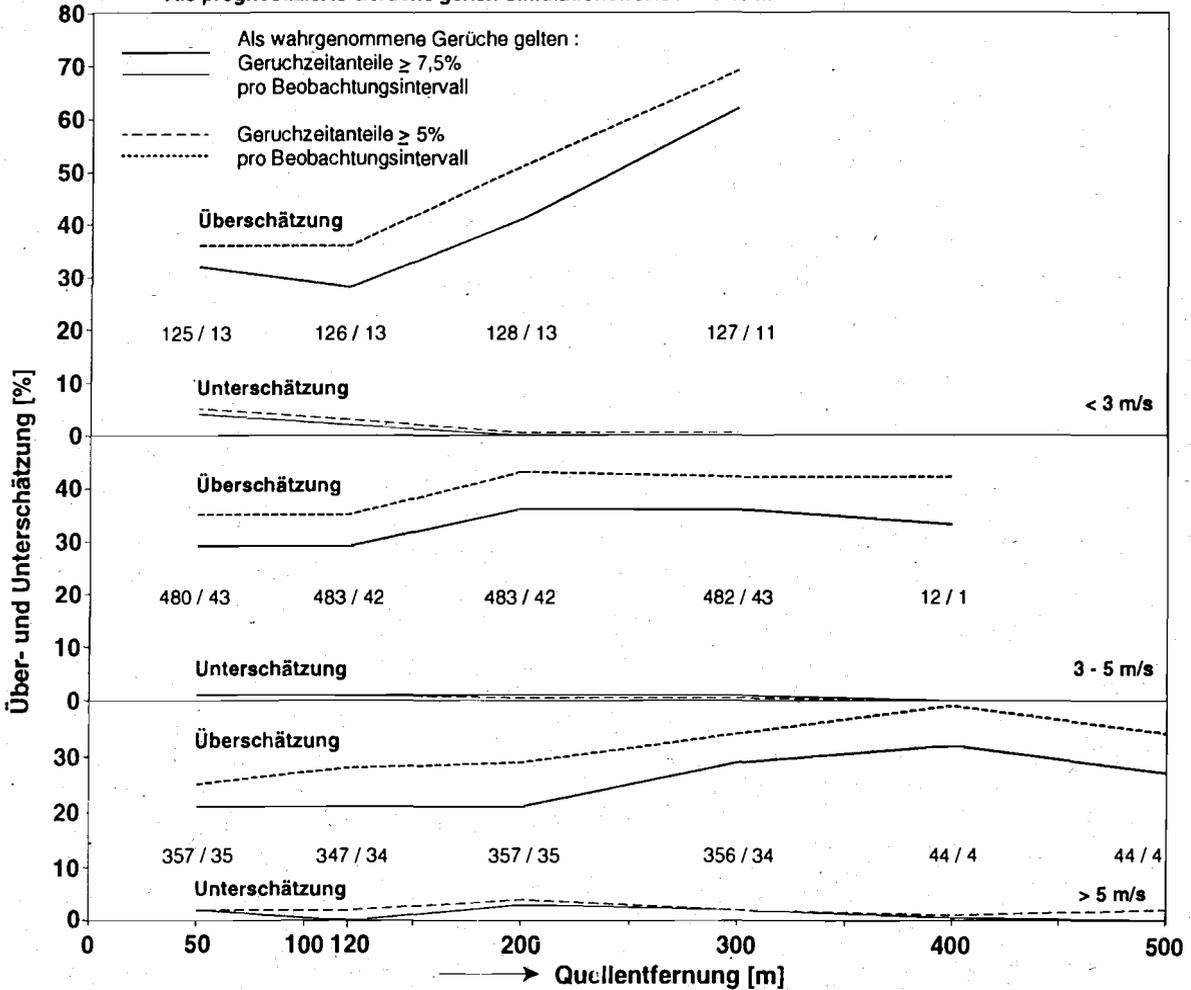


Abb. 3.3/3 :

Über- und Unterschätzungen der Geruchsmessungen durch das Ausbreitungsmodell  
innerhalb von 3 Windgeschwindigkeitsklassen in Abhängigkeit von der Quellentfernung  
Als prognostizierte Gerüche gelten Simulationswerte  $\geq 3 \text{ GE} / \text{m}^3$

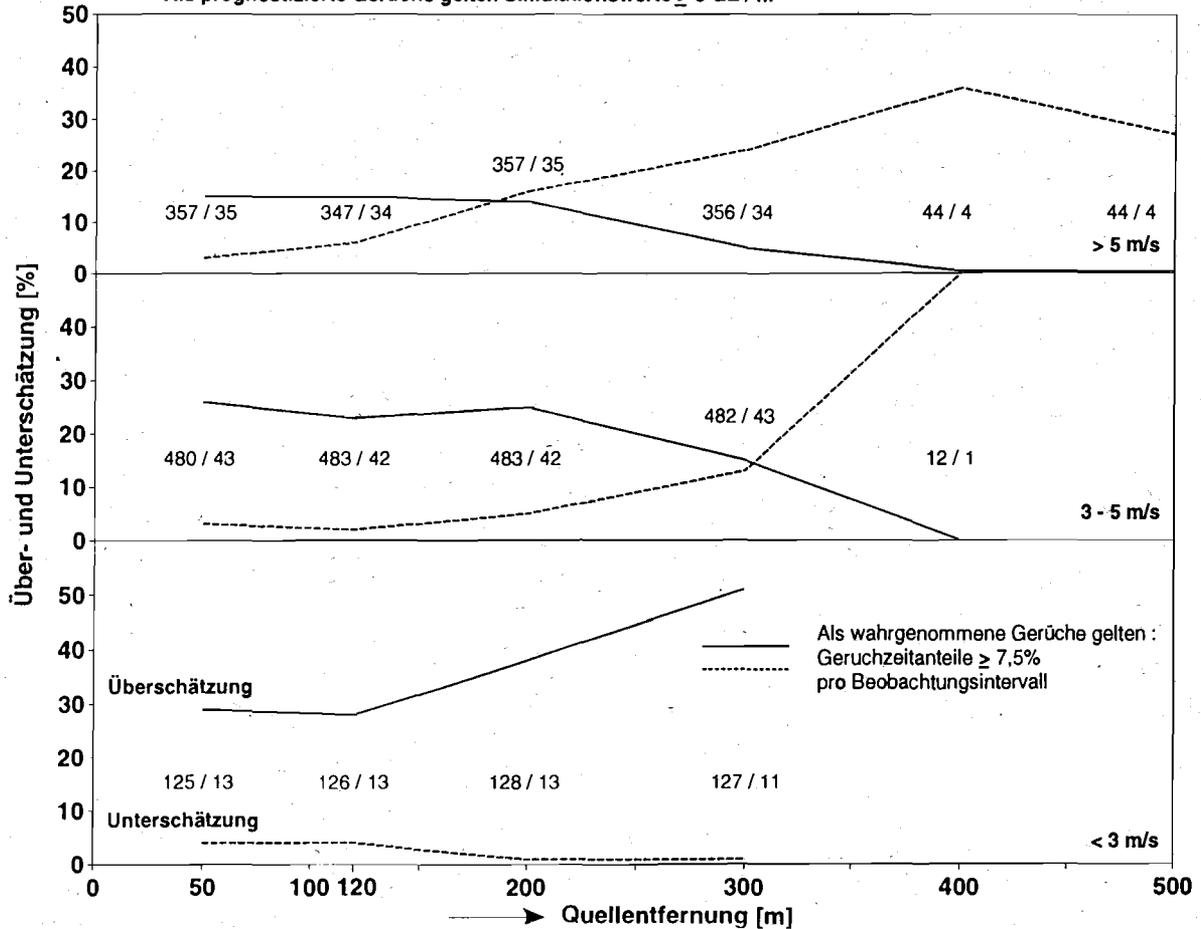


Abb. 3.3/4 :

Über- und Unterschätzungen der Geruchsmessungen durch das Ausbreitungsmodell  
 innerhalb von 3 Windgeschwindigkeitsklassen in Abhängigkeit von der Quellentfernung  
 Als prognostizierte Gerüche gelten Simulationswerte  $\geq 3 \text{ GE} / \text{m}^3$

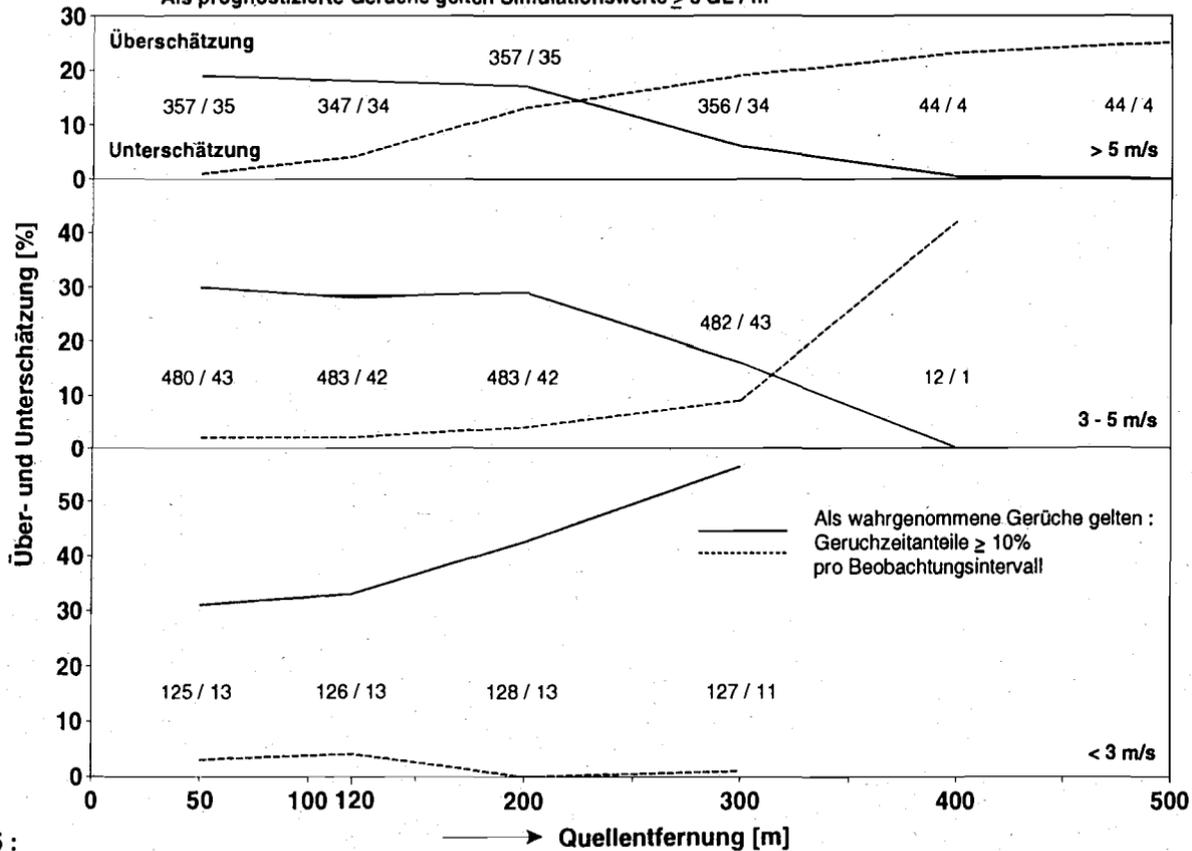


Abb. 3.3/5 :

Überschätzungen in Abhängigkeit von der Anzahl der berechneten GE / m<sup>3</sup> bei Geruchsintensitäten  $\geq 1$

- Geruchszeitanteile  $\geq 5\%$  pro Beobachtungsintervall
- ▲ Geruchszeitanteile  $\geq 7,5\%$  pro Beobachtungsintervall
- Geruchszeitanteile  $\geq 10\%$  pro Beobachtungsintervall

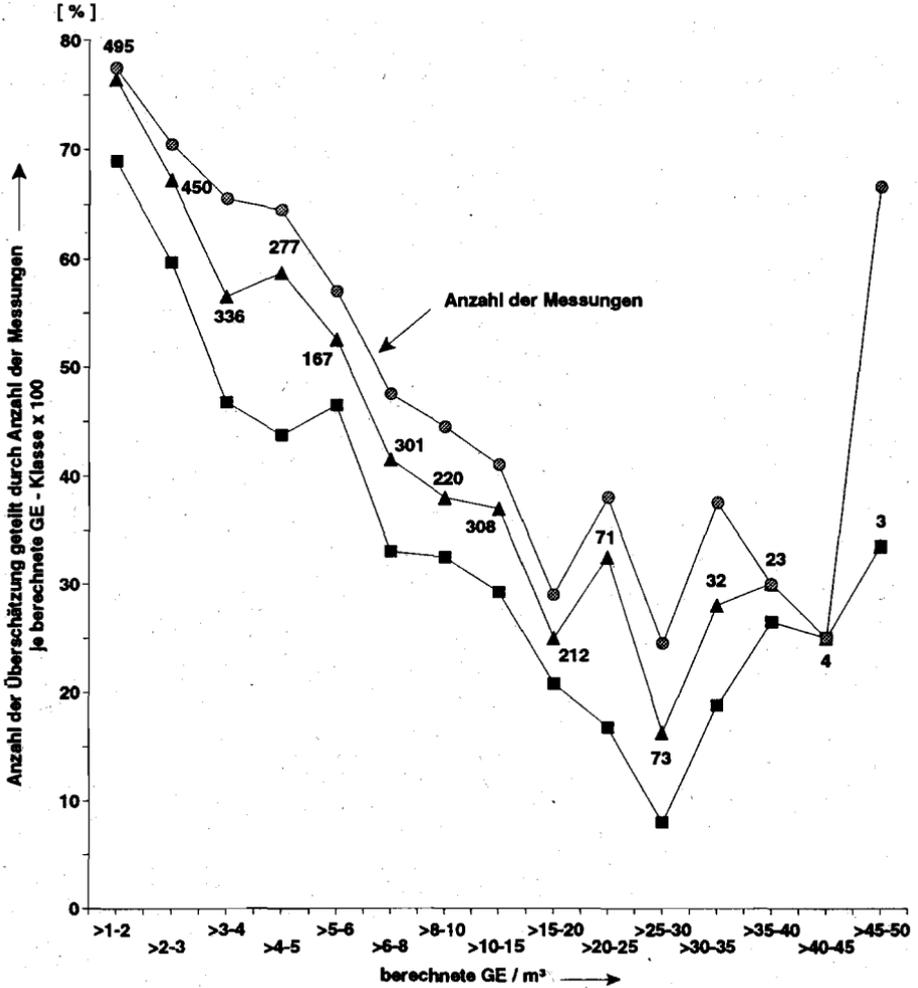


Abb. 4/1 :

**Geruchsimmissionen der verschiedenen Geruchsintensitäten in Abhängigkeit von der Quellentfernung in % der Begehungen bei Geruchsanteil  $\geq 2,5\%$**

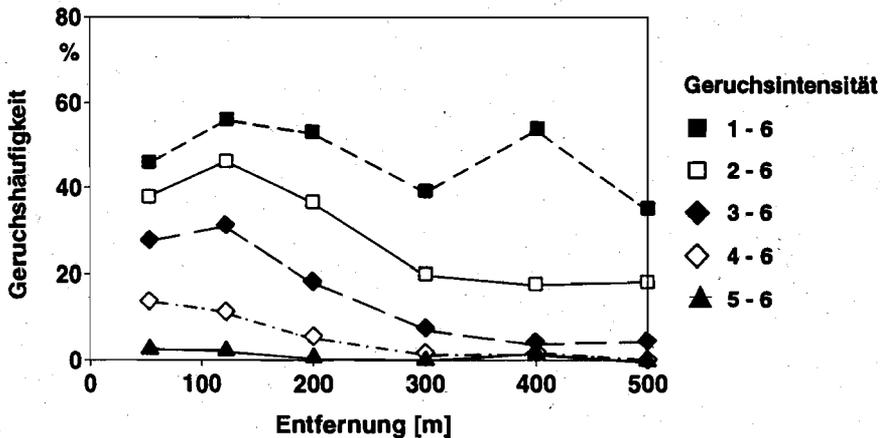


Abb.7.1/1 :

**Geruchsimmissionen in % der Begehungen innerhalb der einzelnen Windgeschwindigkeitsklassen in Abhängigkeit von der Quellentfernung bei den Geruchsintensitäten 1-6 und Geruchszeitanteil  $\geq 2,5\%$ .**

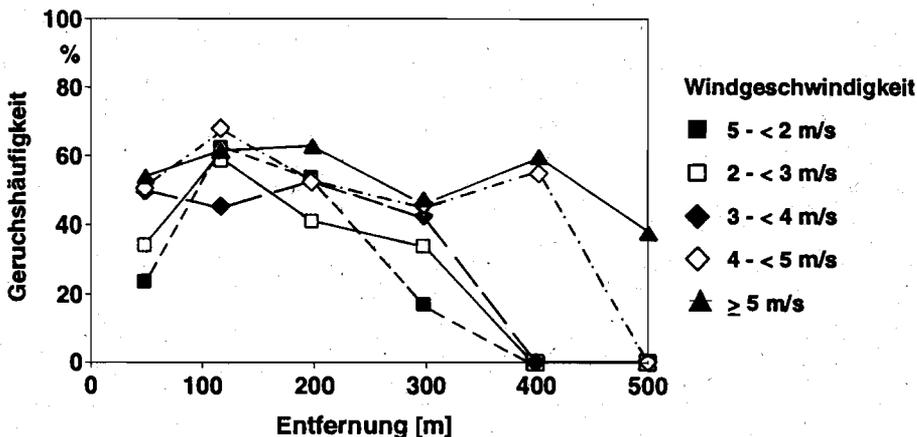


Abb.7.1/2 :

Geruchsimmissionen in % der Begehungen innerhalb der einzelnen Windgeschwindigkeitsklassen in Abhängigkeit von der Quellentfernung bei den Geruchsintensitäten 2-6 und Geruchszeitanteil  $\geq 2,5\%$ .

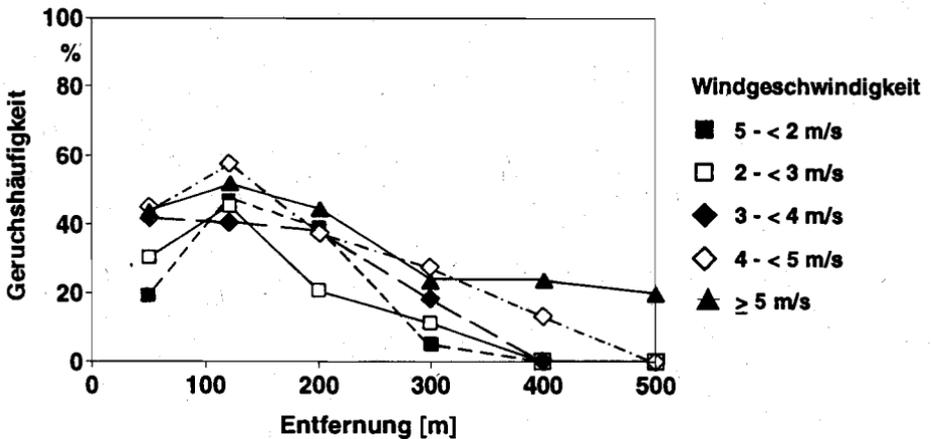


Abb.7.1/3 :

Geruchsimmissionen in % der Begehungen innerhalb der einzelnen Windgeschwindigkeitsklassen in Abhängigkeit von der Quellentfernung bei den Geruchsintensitäten 3-6 und Geruchszeitanteil  $\geq 2,5\%$ .

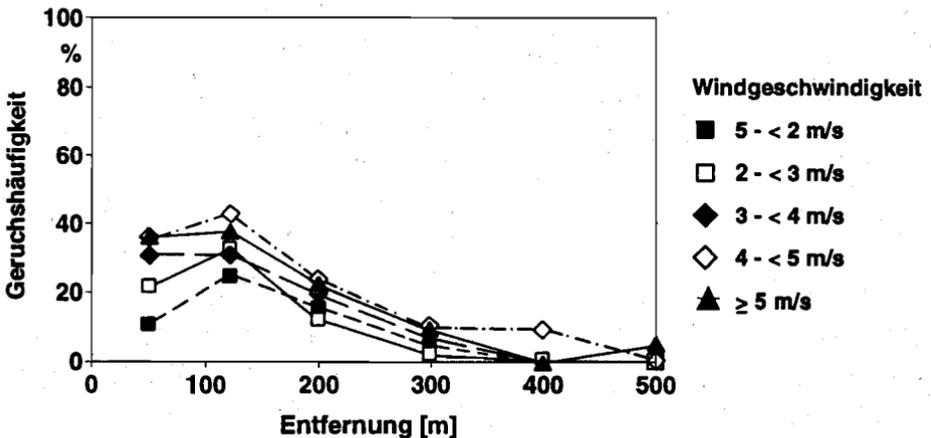


Abb.7.1/4 :

Geruchsimmissionen in % der Begehungen innerhalb der einzelnen Windgeschwindigkeitsklassen in Abhängigkeit von der Quellentfernung bei den Geruchsintensitäten 4-6 und Geruchszeitanteil  $\geq 2,5\%$ .

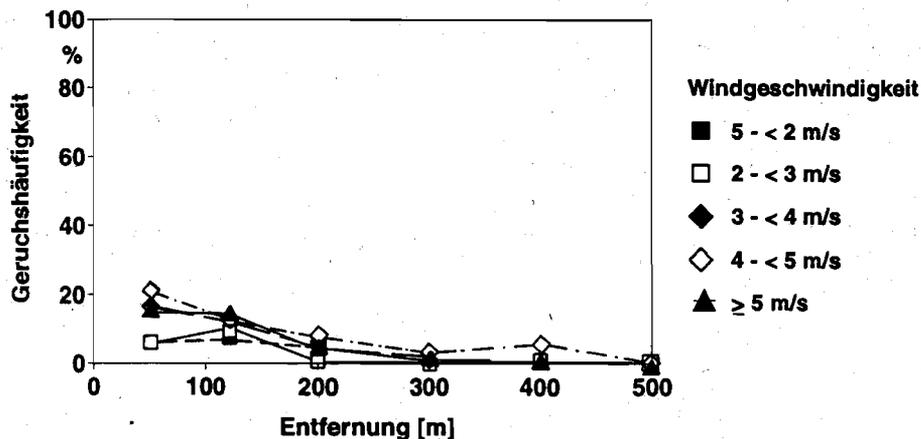


Abb. 7.1/5 :

Geruchsimmissionen der unterschiedlichen Geruchsintensitäten in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit bei Geruchszeitanteil  $\geq 2,5\%$

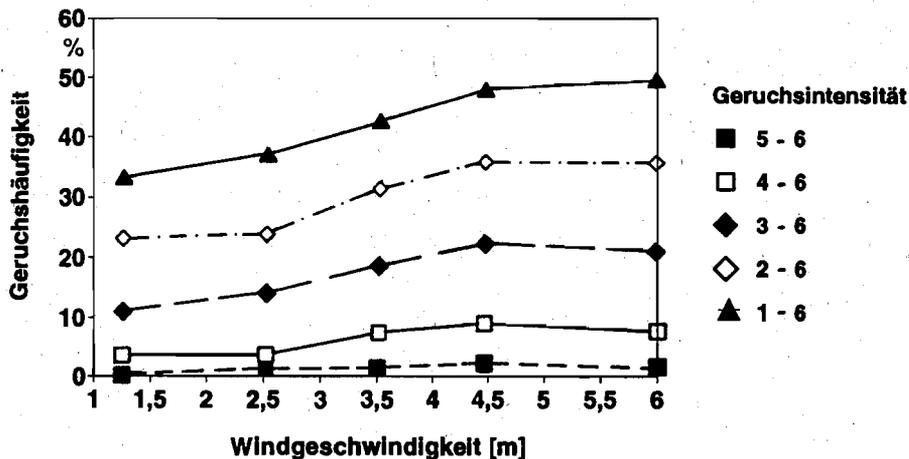


Abb. 7.1/6 :

**Übereinstimmung zwischen Messung und  
Rechnung sowie Über- und Unterschätzung  
in % der Begehungen bei den Geruchsintensitäten  
1-6 und Geruchszeitanteil  $\geq 2,5\%$ .**

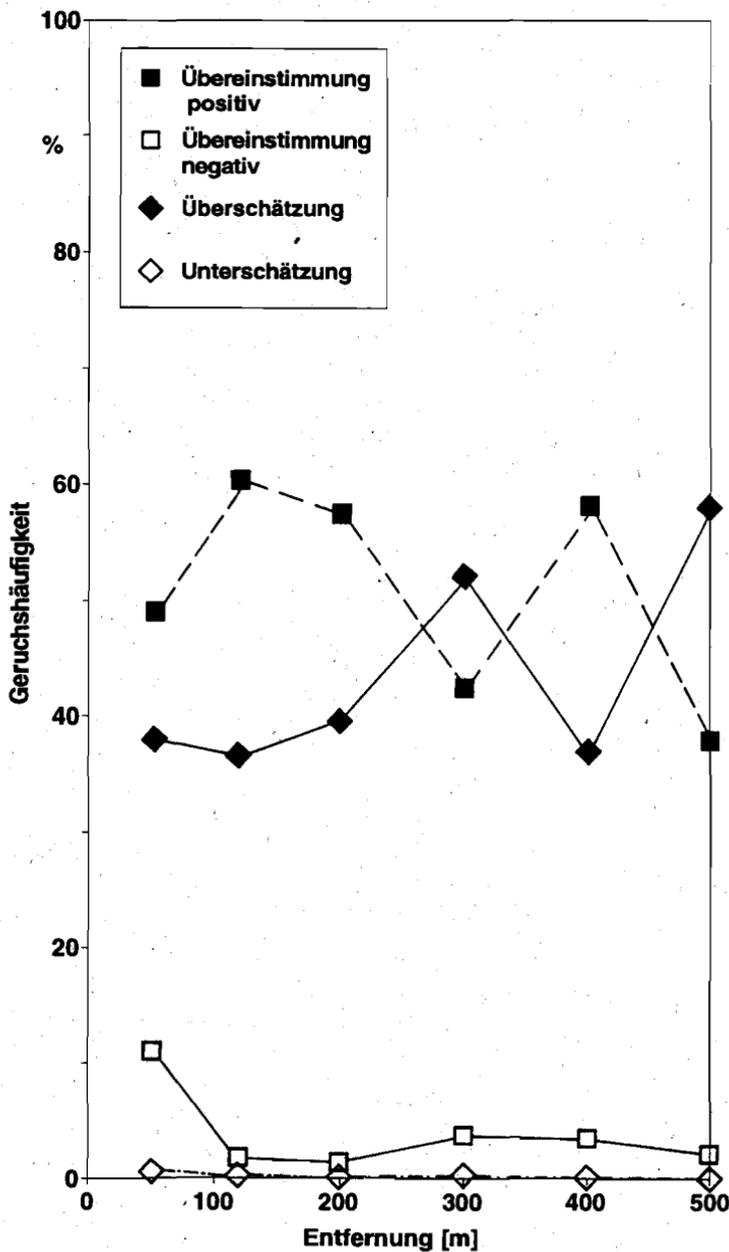


Abb. 7.3/1 :

**Übereinstimmung zwischen Messung und Rechnung sowie Über- und Unterschätzung in % der Begehungen bei den Geruchsintensitäten 2-6 und Geruchszeitanteil  $\geq 2,5\%$ .**

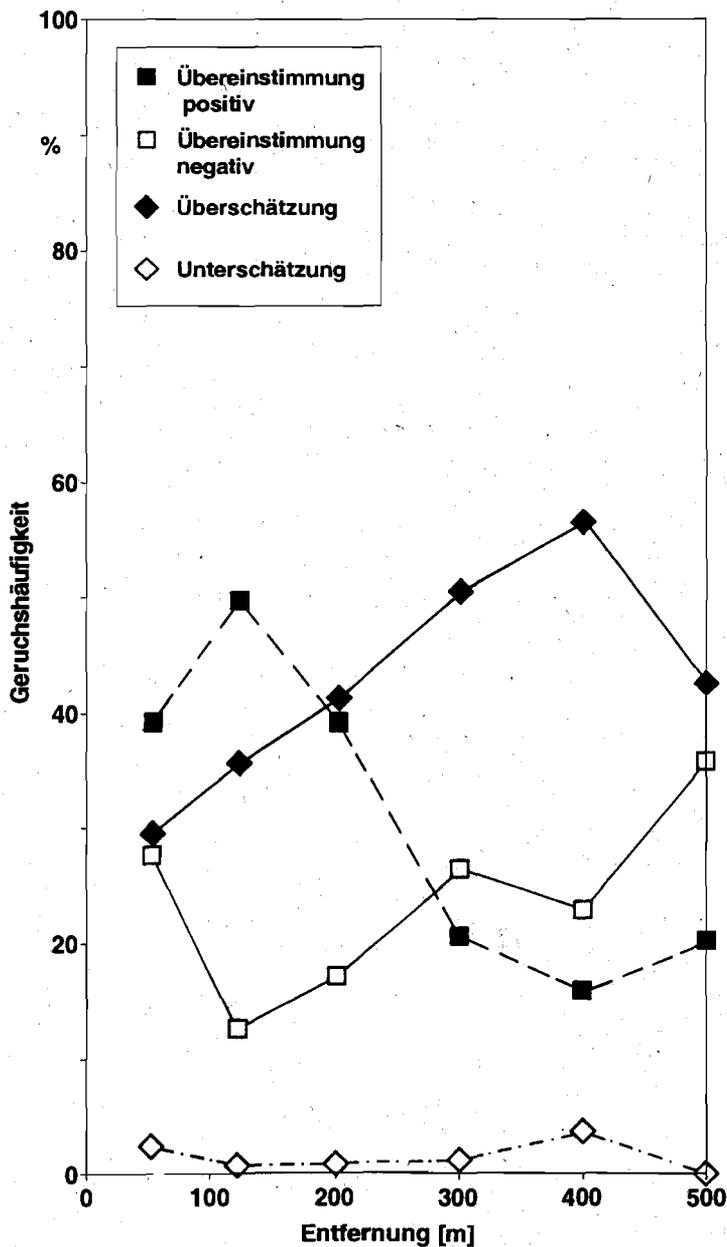


Abb. 7.3/2 :

**Übereinstimmung zwischen Messung und Rechnung sowie Über- und Unterschätzung in % der Begehungen bei den Geruchsintensitäten 3-6 und Geruchszeitanteil  $\geq 2,5\%$ .**

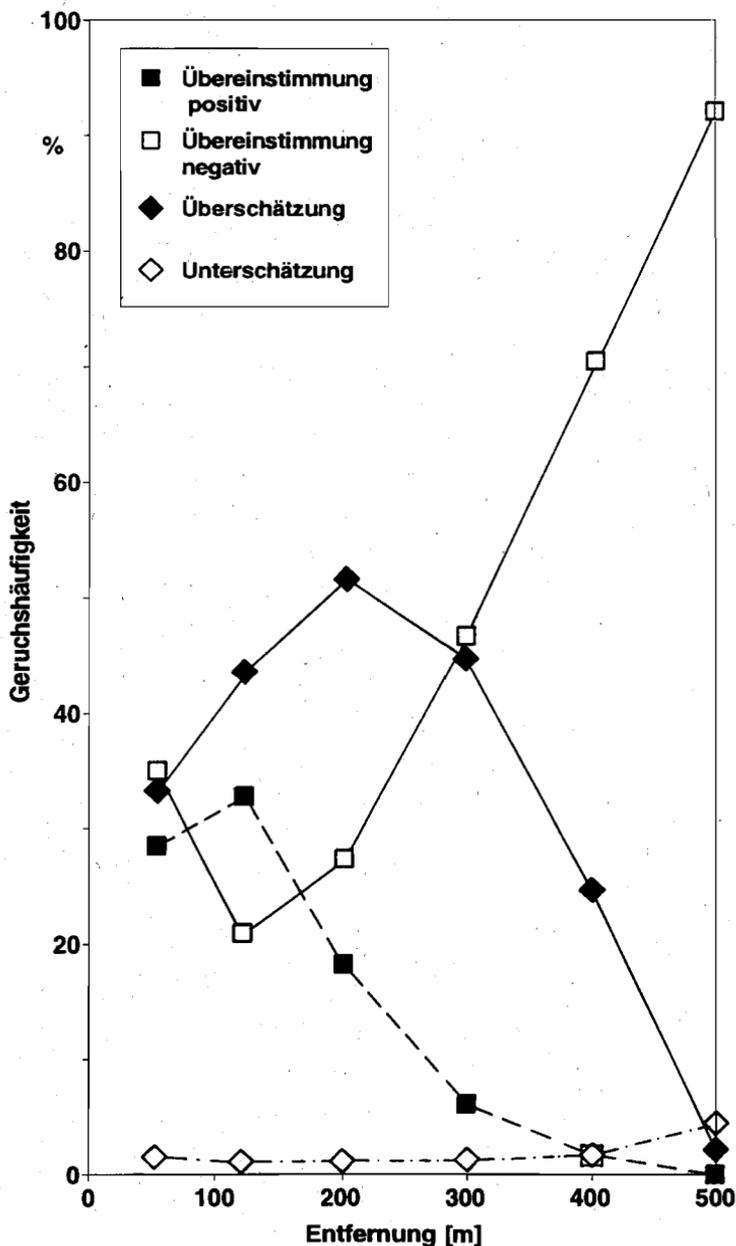


Abb. 7.3/3 :

**Übereinstimmung zwischen Messung und Rechnung sowie Über- und Unterschätzung in % der Begehungen bei den Geruchsintensitäten 4-6 und Geruchszeitanteil  $\geq 2,5\%$ .**

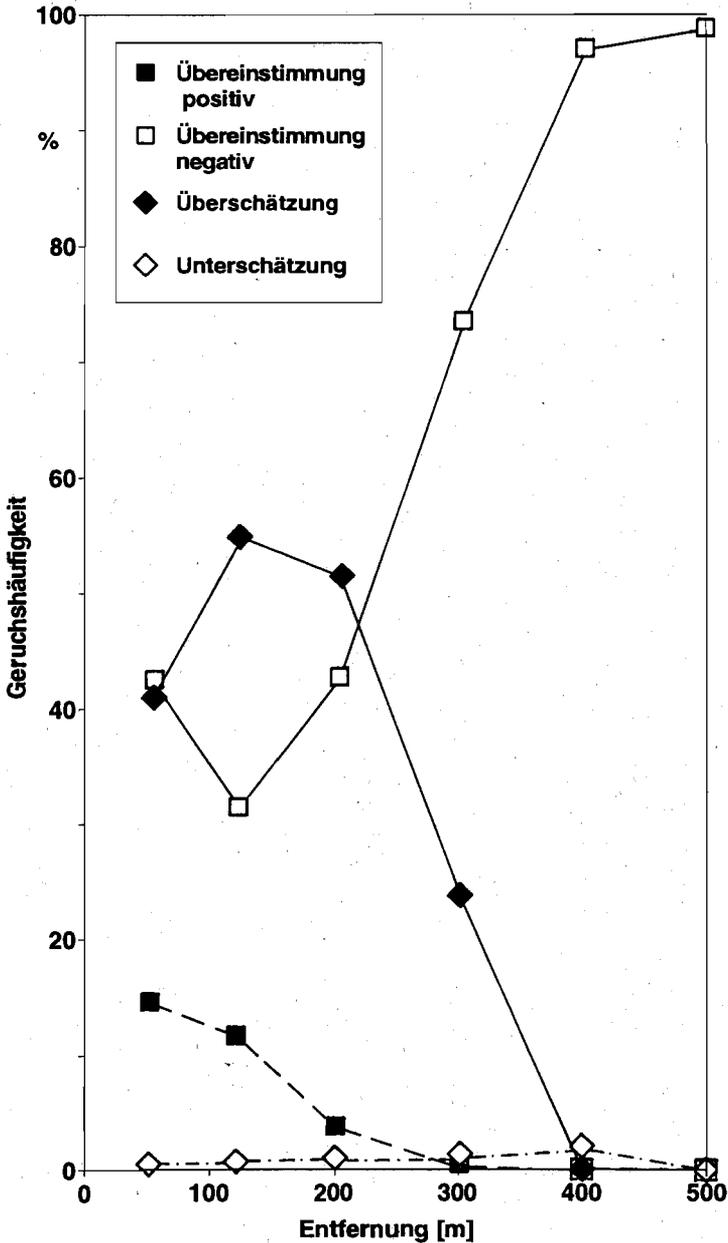
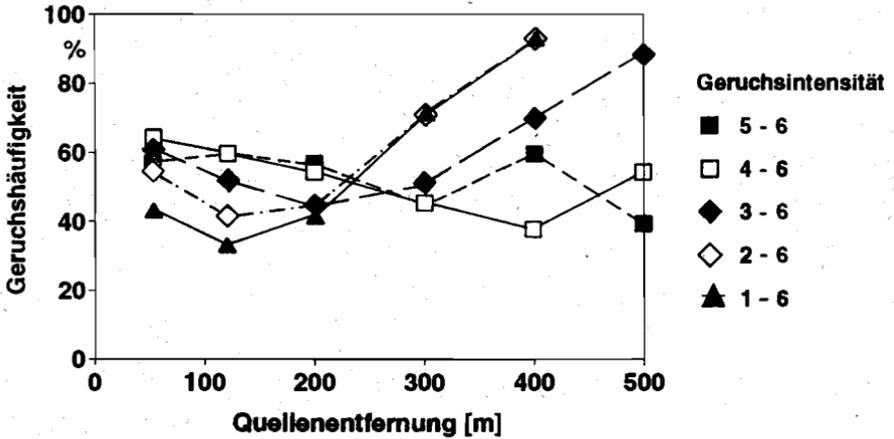


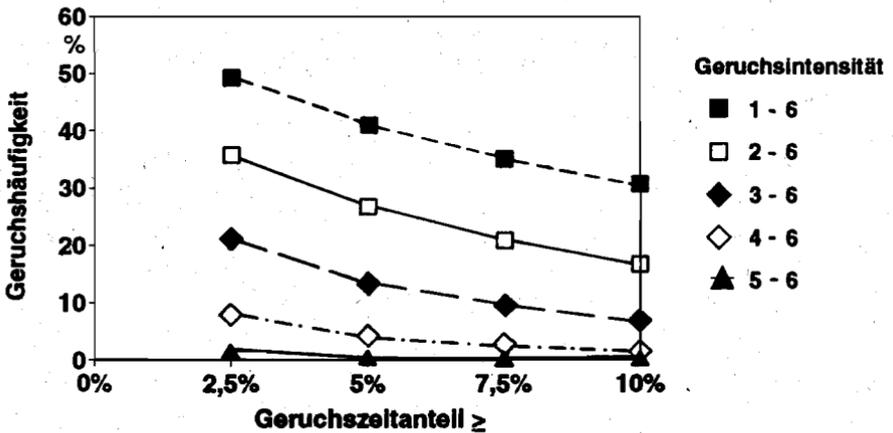
Abb. 7.3/4 :

**Übereinstimmung zwischen Messung und Rechnung  
in % der Begehungen bei den verschiedenen  
Geruchsintensitäten und Geruchszeitanteil  $\geq 2,5\%$   
in Abhängigkeit von der Quellentfernung.**



**Abb. 7.3/5 :**

**Geruchsimmissionen der verschiedenen  
Geruchsintensitäten in Abhängigkeit vom  
Geruchszeitanteil in % der Begehungen**



**Abb. 7.4/1 :**

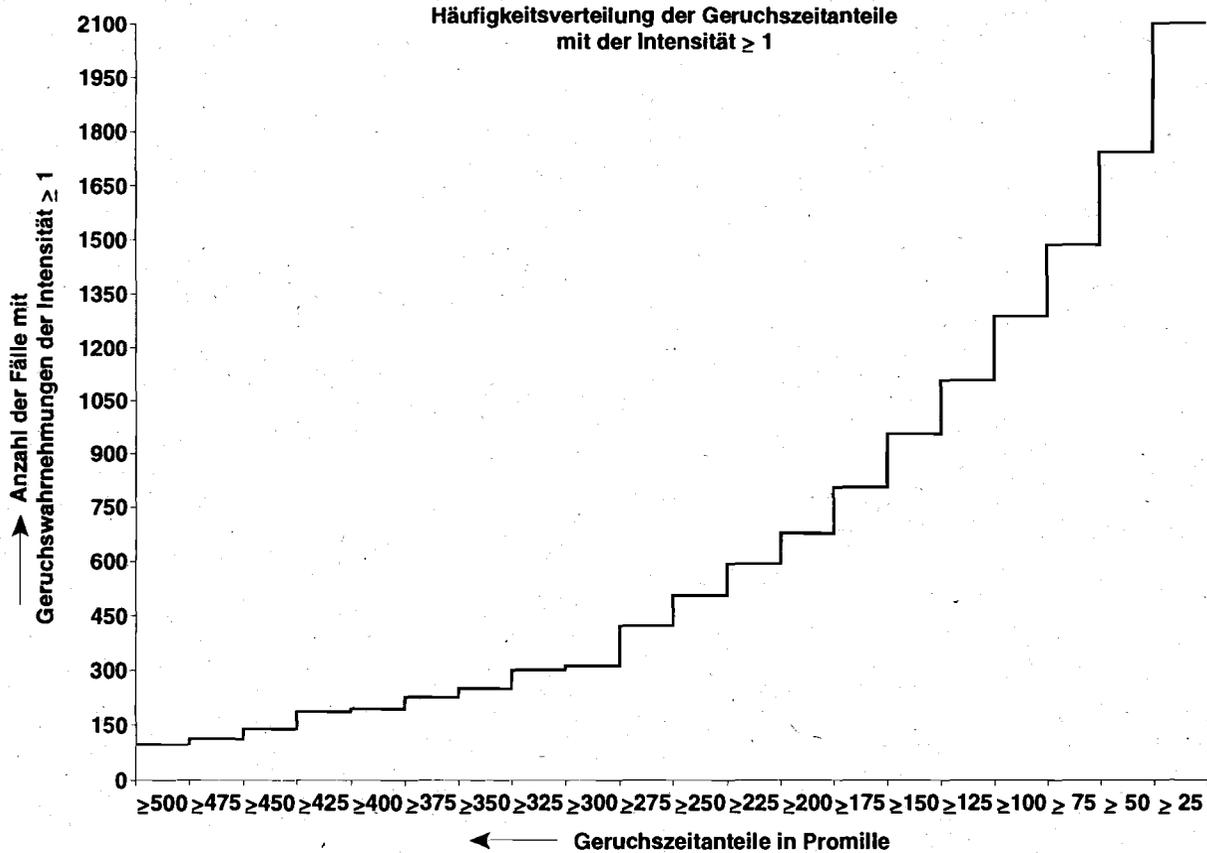


Abb. 8/1 :

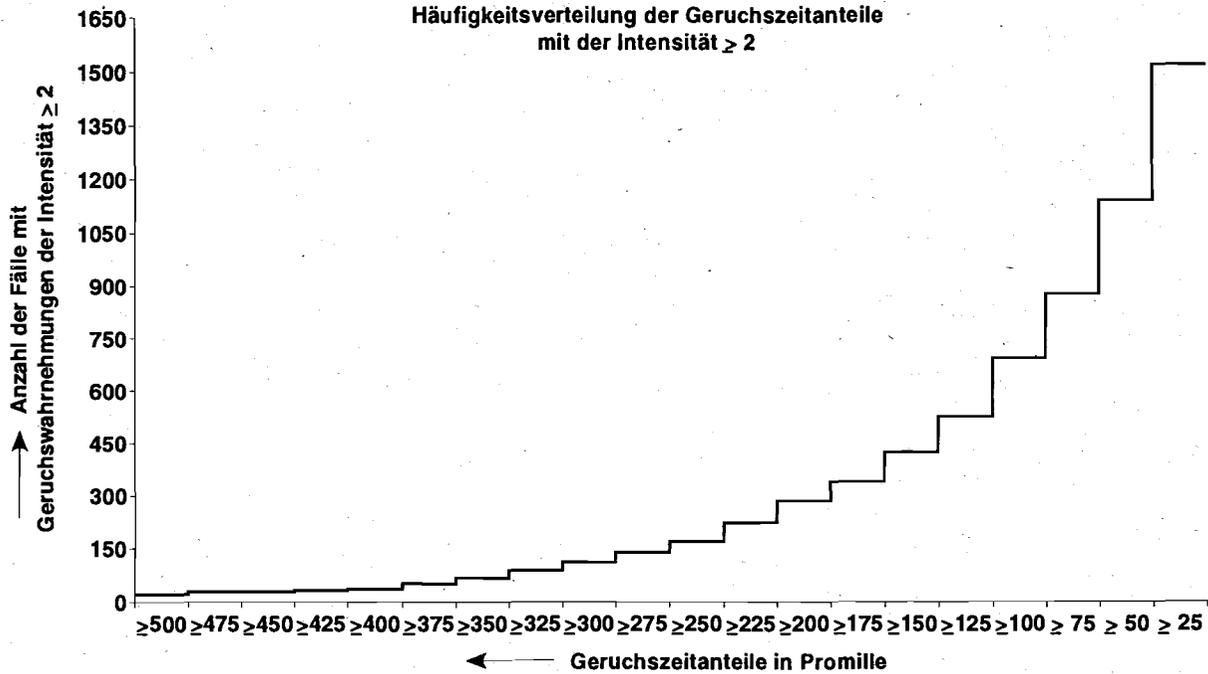


Abb. 8/2 :

↑ Anzahl der Fälle mit Geruchswahrnehmungen der Intensität  $\geq 3$

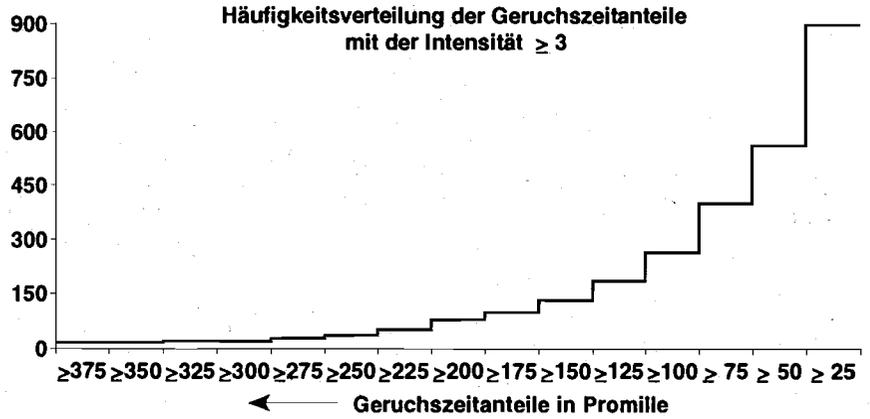


Abb. 8/3 :

**Seit 1. April 1994 sind bisher folgende „Materialien“ des Landesumweltamtes NRW erschienen:**

- |    |   |          |
|----|---|----------|
| 1  | Der Dynamische Daphnientest<br>– Erfahrungen und praktische Hinweise –<br>Essen: Landesumweltamt NRW 1994, 44 S.  | 15,00 DM |
| 2  | Umsetzung der TA-Siedlungsabfall bei Deponien<br>2. Abfallwirtschaftliches Fachgespräch<br>Essen: Landesumweltamt NRW 1994, 99 S.                                       | 15,00 DM |
| 3  | Verwertung von Elektro- und Elektronikgeräten<br>Essen: Landesumweltamt NRW 1994, 153 S.  | 20,00 DM |
| 4  | Einsatz alternativer Baustoffe in Abdichtungssystemen<br>Essen: Landesumweltamt NRW 1994, 91 S.   | 15,00 DM |
| 5  | Einwicklung im Bereich der Sonderabfallentsorgung<br>Essen: Landesumweltamt NRW 1994, 39 S.   | 15,00 DM |
| 6  | Ökologische Auswirkungen von Fischteichen auf Fließgewässer<br>Essen: Landesumweltamt NRW 1994, 208 S.  | 25,00 DM |
| 7  | Ökologische Effizienz von Renaturierungsmaßnahmen an Fließgewässern<br>Essen: Landesumweltamt NRW 1994, 462 S.  | 28,00 DM |
| 8  | Vermeidung von Bunkerbränden in Abfallverbrennungsanlagen mit Hilfe<br>der Infrarot-Thermographie<br>Essen: Landesumweltamt NRW 1995, 53 S.                             | 15,00 DM |
| 9  | Prozesselektrotechnik in Anlagen der chemischen Industrie –<br>Anlagenschutz und sicherheitsrelevante Komponenten<br>Essen: Landesumweltamt NRW 1995, 119 S.            | 20,00 DM |
| 10 | Sicherheitstechnische Hinweise und Anforderungen an Abschott- und<br>Entlastungssysteme aus der Sicht der Störfall-Verordnung<br>Essen: Landesumweltamt NRW 1995, 40 S. | 15,00 DM |
| 11 | Literaturstudien zum PCDD/F-Transfer vom Boden in die Nahrungskette<br>Essen: Landesumweltamt NRW 1995, 149 S.  | 25,00 DM |
| 12 | Die verlust- und kontaminationsfreie Probenahme und -vorbereitung<br>von Wässern und Feststoffen<br>Essen: Landesumweltamt NRW 1995, 203 S.                             | 28,00 DM |
| 13 | Essener Verfahren zur Bewertung von Altlastenverdachtsflächen<br>– Erstbewertung und normierte Charakterisierung –<br>Essen: Landesumweltamt NRW 1995, 66 S.            | 15,00 DM |
| 14 | Optimierung der thermischen Behandlung organischer chlorhaltiger<br>Problemafälle<br>Essen: Landesumweltamt NRW 1995, 132 S.  | 25,00 DM |
| 15 | Entsorgungsbericht 1993 über Sonder- und Massenabfälle in NRW<br>Essen: Landesumweltamt NRW 1995, 75 S.   | 20,00 DM |

---

**Vertrieb: Landesumweltamt NRW • Postfach 102 363 • 45023 Essen**

---

- |    |   |          |
|----|---|----------|
| 16 | Begleitende messtechnische Erfolgskontrolle bei der Sanierung einer Textilreinigungsanlage<br>Essen: Landesumweltamt NRW 1995, 60 S.  | 15,00 DM |
| 17 | Ausgewählte Untersuchungsergebnisse der halbtechnischen Versuchskläranlage<br>– Untersuchungen zur Stickstoffelimination –<br>– Praxiserprobung von Online-Messtechnik –<br>Essen: Landesumweltamt NRW 1995, 110 S. | 20,00 DM |
| 18 | Vergleich verschiedener europäischer Untersuchungs- und Bewertungsmethoden für Fließgewässer<br>Essen: Landesumweltamt NRW 1995, 140 S.   | 25,00 DM |
| 19 | Zielvorgaben zum Schutz oberirdischer Binnengewässer vor gefährlichen Stoffen<br>– Ergebnisse der Erprobung in NRW –<br>Essen: Landesumweltamt NRW 1995, 150 S.   | 25,00 DM |
| 20 | Information und Dokumentation bei Deponien<br>4. Abfallwirtschaftliches Fachgespräch, 26. Oktober 1994<br>Essen: Landesumweltamt NRW 1995, 98 S.  | 20,00 DM |
| 21 | Ausbreitungsuntersuchungen von Gerüchen anhand einer Modellquelle<br>Essen: Landesumweltamt NRW 1995, 57 S.   | 15,00 DM |