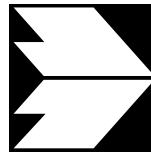


**Ingenieurbüro
Dr.-Ing. Achim Lohmeyer**
Karlsruhe und Dresden
Strömungsmechanik
Immissionsschutz
Windkanaluntersuchungen

**MODELLIERUNG DER GERUCHS- UND
AMMONIAKAUSBREITUNG AUS
TIERHALTUNGSANLAGEN IM
NAHBEREICH**

Auftraggeber: Sächsisches Landesamt
für Umwelt und Geologie
Zur Wetterwarte 11
01109 Dresden

November 1999
Projekt 2191



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

Mohrenstraße 14
0
01445 Radebeul

Telefon: 0351 / 83 914 -

0
Telefax: 0351 / 83 914 -59
email: LOHMEYER_DD@t-online.de
USt-IdNr.: DE 143545044

MODELLIERUNG DER GERUCHS- UND AMMONIAKAUSBREITUNG AUS TIERHALTUNGSANLAGEN IM NAHBEREICH

Auftraggeber: Sächsisches Landesamt
für Umwelt und Geologie
Zur Wetterwarte 11
01109 Dresden

Dipl.-Met. A. Moldenhauer
Dr. rer. nat. G. Schädler

Dipl.-Met. A. Rühling
Dr.-Ing. A. Lohmeyer

November 1999
Projekt 2191

INHALTSVERZEICHNIS

1 ZUSAMMENFASSUNG	1
2 PROBLEMSTELLUNG UND ARBEITSUMFANG	6
3 VALIDIERUNG	8
3.1 Rasterbegehungen Nörvenich - Sensitivitätsbetrachtungen.....	8
3.1.1 Anlaß.....	8
3.1.2 Variierte Einflußfaktoren.....	8
3.1.3 Ergebnisse	13
3.2 Validierung mit den Gommla-Begehungsdaten.....	18
3.2.1 Allgemeines.....	18
3.2.2 Beschreibung der Anlage.....	18
3.2.3 Eingangsdaten	18
3.2.4 Ausbreitungsrechnungen.....	22
4 VERTIEFENDE LITERATURRECHERCHE ZUR PROBLEMATIK DER FLUKTUATIONSAKTOREN BEI VERSCHIEDENEN QUELLTYPEN	32
5 BERECHNUNG DEFINIERTER EINZELFÄLLE ENTSPRECHEND GIRL.....	36
5.1 Allgemeines.....	36
5.2 Emissionen.....	42
5.3 Vorgehensweise.....	44
5.4 Ergebnisse	47
6 LITERATUR	60
ANHANG A1: BEGEHUNGSDATEN GOMMLA	62
ANHANG A2: BESCHREIBUNG LASAT	67
ANHANG A3: BESCHREIBUNG MISKAM.....	72
ANHANG A4: BESCHREIBUNG DES BEILIEGENDEN DATENMATERIALS	79

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 Dezimalkommata. Eine Abtrennung von Tausendern erfolgt durch Leerzeichen.

1 ZUSAMMENFASSUNG

Der vorliegende Bericht stellt eine Fortsetzung der im Dezember 1998 im Rahmen des FuE-Vorhabens „Modellierung des Ausbreitungsverhaltens von luftfremden Schadstoffen/Gerüchen bei niedrigen Quellen im Nahbereich“ (Lohmeyer et al., 1998) durchgeführten Untersuchungen dar. Die Weiterführung beinhaltet u. a.

- a) Arbeiten zur Validierung des im o. g. Projekt vorgeschlagenen Modellsystems MIS-KAM/LASAT bzw. LASAT mit Hilfe der Rasterbegehungsdaten von Nörvenich sowie den Fahnenbegehungen von Gommla
- b) Literaturrecherchen zum Themenkomplex Fluktuationsfaktor im Hinblick auf Unterschiede zwischen Punkt- und Flächenquellen
- c) die Anwendung des im o. g. Projekt vorgeschlagenen Modellsystems für definierte Einzelfälle.

zu a (Validierungen):

Nörvenich-Daten: In der Sensitivitätsbetrachtung anhand der Nörvenich-Rasterbegehungsdaten wurden, ausgehend von einem Standardfall, die folgenden Einflußgrößen variiert: die Maschenweite, die Rauigkeitslänge, die Quellgeometrie, die Freisetzungsbedingungen, die Klasseneinteilung der meteorologischen Statistik sowie das von LASAT zu verwendende meteorologische Grenzschichtmodell. Während Änderungen der Quellgeometrie, der Freisetzungsbedingungen und der Klasseneinteilung der meteorologischen Statistik nur geringe Auswirkungen zeigten, hatten die Rauigkeitslänge, das meteorologische Grenzschichtmodell und die verwendete Maschenweite des Auszählgitters einen größeren Einfluß auf die Überschreitungshäufigkeiten.

Ziel der hier durchgeführten Untersuchungen war, durch Änderung einiger Modellparameter (in physikalisch sinnvollen Bereichen) eine bessere Übereinstimmung zwischen Rechnung und Begehung zu erhalten als im Standardrechenfall entsprechend Lohmeyer et al. (1998). Es wurde gezeigt, daß die Variation der o. g. Parameter das Ergebnis der Ausbreitungsrechnung beeinflussen kann. Eine entscheidende Verbesserung der Anpassung der Rechenergebnisse an die Begehung konnte dadurch jedoch nicht erreicht werden.

Bei der Begehung werden punktbezogene Daten der Geruchshäufigkeit an den Eckpunkten einer Fläche auf die Beurteilungsfläche übertragen. Bei LASAT wird ein Flächenmittelwert der Geruchsstoffkonzentration berechnet und unter Zuhilfenahme des Fluktuationsfaktors 4

wird ermittelt, ob die betrachtete Stunde für die Berechnungsfläche als Geruchsstunde zählt. Die Flächenmittlung durch LASAT ist zulässig, wenn die Geruchsstoffgradienten innerhalb einer Berechnungsfläche klein sind. Dann kann die Berechnungsfläche von LASAT auch die Größe der Beurteilungsfläche haben. Bei großen Gradienten innerhalb einer Beurteilungsfläche müssen jedoch die Berechnungsflächen für LASAT deutlich kleiner als die Abmessung der Beurteilungsfläche gewählt werden und zwar so, daß der Geruchsstoffgradient innerhalb einer Berechnungsfläche klein wird. Andernfalls entstehen unzulässige Flächenermittlungen der Konzentrationen. Dies ist bei der Nachrechnung der Nörvenich-Daten auch entsprechend berücksichtigt worden.

Nach der Berechnung von Überschreitungshäufigkeiten für die „kleinen“ Berechnungsflächen mit LASAT muß dann analog zum TA Luft Faktor 10-Modell ein Mittelwert der Überschreitungshäufigkeit aller in einer Beurteilungsfläche liegenden Berechnungsflächen für die zu bewertende Beurteilungsfläche gebildet werden. Laut Auslegungshinweisen zur GIRL (LAI, 1999) ist in begründeten Einzelfällen aber auch eine Punktbetrachtung möglich, wobei die in der GIRL festgelegten Immissionswerte unverändert übernommen werden sollen, da deren Ableitung von der Flächengröße unabhängig ist. In solch einem Fall werden aus den Ergebnissen von LASAT-Rechnungen mit feinem Gitter keine Beurteilungsflächen mehr gebildet.

Die Größe der Berechnungs- bzw. gegebenenfalls der Beurteilungsflächen sollte in enger Abstimmung zwischen Gutachter und der Genehmigungsbehörde erfolgen (LAI, 1999).

Gommla-Daten: Beim Vergleich Begehung/Rechnung wurde mit LASAT (ohne Berücksichtigung von Gebäuden) eine Trefferquote von 83 %, mit dem Programmsystem MIS-KAM/LASAT (mit Gebäudeberücksichtigung) eine Trefferquote von 87 % erreicht. Somit ist für diese Daten eine gute Übereinstimmung zwischen Berechnung und Begehung gegeben. Es wurde aber auch festgestellt, daß die Gommla-Begehungsdaten nur bedingt für eine „echte“ Modellvalidierung entsprechend GIRL geeignet sind.

zu b (Fluktuationsfaktor):

Die im Rahmen der hier vorliegenden Arbeit durchgeführte Recherche nach Informationen zum Faktor c_{90} / c bei Flächenquellen erbrachte kein verwertbares Ergebnis, d. h. es wurde keine Untersuchung an Flächenquellen gefunden, aus der ein Wert für diesen Faktor abgeleitet werden konnte.

Aufgrund der im Forschungsbericht Lohmeyer et al. (1998) und der hier dargestellten Validierungsergebnisse sowie den nicht quantifizierbaren Ergebnissen der Literaturrecherche halten wir es nicht für sinnvoll, für Flächenquellen einen anderen Fluktuationsfaktor festzusetzen. In der gutachterlichen Praxis liegt man mit dem vorgeschlagenen Faktor 4 bei Flächenquellen auf der sicheren Seite.

zu c (Anwendung für Einzelfälle):

Die bei Lohmeyer et al. (1998) vorgeschlagene Vorgehensweise bei der Ermittlung der Geruchs- bzw. Schadstoffbelastung in der näheren Umgebung von bodennahen Quellen sollten im Rahmen der vorliegenden Arbeit für verschiedene „konstruierte“ Fälle angewendet werden.

Es wurden insgesamt 7 verschiedene Fälle betrachtet, die sich bezüglich Quellkonfiguration, Quellbedingung und Quellumgebung voneinander unterscheiden. In 6 dieser Fälle wurde Geruch entsprechend GIRL betrachtet (Berechnung von Geruchsüberschreitungshäufigkeiten), in einem Fall wurden jahresmittlere Ammoniakkonzentrationen im Baumkronenbereich berechnet. Die Berechnungen erfolgten jeweils mit Hilfe der Kombination der Modelle MISKAM und LASAT unter expliziter Berücksichtigung der Gebäude.

Die notwendigen Eingangsdaten wie meteorologische Informationen und Emissionen wurden vom Auftraggeber vorgegeben.

Aus den betrachteten Einzelfällen, deren Ergebnisse ausführlich im Kapitel 5 beschrieben werden, lassen sich folgende Aussagen ableiten:

- 1) Der Abstand der Isolinie für die 10 %ige Geruchsüberschreitungshäufigkeit von der Geruchs-Emissionsquelle ist bei festgehaltener Emission stark von der bei der Ausbreitungsberechnung verwendeten Windstatistik abhängig.
- 2) Gebäude, die sich im Nahbereich von bodennahen Quellen befinden, sorgen durch die Veränderung der Windgeschwindigkeit, der Turbulenz und durch die Umströmung der einzelnen Gebäude für veränderte Ausbreitungsbedingungen. Allgemein läßt sich sagen, daß innerhalb der Gebäudestruktur sowohl Erhöhungen als auch Erniedrigungen der Wahrnehmungshäufigkeit gegenüber dem Fall ohne Gebäude auftreten. Eine einheitliche Tendenz läßt sich nicht erkennen.

- 3) An Gebäuden, die sich im Nahbereich von bodennahen Quellen befinden und diesen direkt zugewandt sind, wurden an der quellzugewandten Gebäudefront höhere Geruchsbelastungen berechnet als im Fall ohne dieses Gebäude.
- 4) Gebäude in Lee von Emissionsquellen in deren Nahbereich bewirken für die o. g. betrachteten Fälle eine bessere Verdünnung der Schadstoffe im Nachlauf dieser Gebäude. Ob sich dieser Verdünnungseffekt auch auf die Geruchsüberschreitungshäufigkeiten auswirkt, ist von der Emission der Anlage, den Quellbedingungen sowie dem Abstand des Aufpunktes von der Quelle abhängig [Allgemeiner Hinweis: Es kann auch Situationen geben, in denen ein Gebäude im Nachlauf der Quelle eine Verschlechterung der Luftschadstoffsituation bewirkt (z. B. bei abgehobenen Quellen, wenn die Schadstoffe aufgrund erhöhter Turbulenz stärker nach unten gemischt werden.) Oben genannte 2. Aussage läßt sich demnach nicht für alle denkbaren Situationen verallgemeinern].
- 5) Die Geruchsquelle „Güllelager“ stellt eine windinduzierte Geruchsquelle dar. Dies bedeutet, daß die von der Quelle abgegebenen Geruchsstoffemissionen in Abhängigkeit von der atmosphärischen Windgeschwindigkeit über der Quelle variieren. Dies wurde bei der Ausbreitungsrechnung entsprechend den Angaben des Auftraggebers berücksichtigt. In der gutachterlichen Praxis stehen jedoch häufig keine windabhängigen Emissionsangaben zur Verfügung, so daß z. T. nur mit einer mittleren Emission (die für jede Windgeschwindigkeit gleich ist) gerechnet werden kann. Dies wurde für Vergleichszwecke hier ebenfalls durchgerechnet. Die Unterschiede in der Geruchsüberschreitungshäufigkeit waren im Vergleich zur ersten Rechnung gering. Dies bedeutet, daß bei der vergebenen Konstellation vereinfacht mit einer mittleren Emission gerechnet werden kann.
- 6) Bei einem Stall mit Seitenwandlüftung werden im Nahbereich höhere Geruchsüberschreitungshäufigkeiten berechnet als bei einem Stall mit Lüftung über Dach (bei sonst gleichen Bedingungen).
- 7) Waldstreifen im Nahbereich der Quelle bewirken eine lokale Erhöhung der Rauigkeitslänge im Quellnahbereich. Dies wiederum hat zwei gegenläufige Wirkungen (erhöhte Turbulenz bei gleichzeitiger Verringerung der bodennahen Windgeschwindigkeit), die die Konzentrationen unterschiedlich beeinflussen können. Ob solch ein Waldstreifen in der Summe aller seiner Wirkungen eher eine Erniedrigung oder eine Erhöhung der Geruchsbelastungen im Nahbereich bewirkt, kann von Fall zu Fall verschieden sein und hängt von der Lage der Aufpunkte ab.

-
- 8) Beim betrachteten Fall mit Stall innerhalb eines Waldgebietes werden in den Baumkronen mittlere Ammoniakkonzentrationen berechnet, die in Teilbereichen oberhalb des Orientierungswertes für empfindliche Ökosysteme ($10 \mu\text{g NH}_3/\text{m}^3$) liegen.
 - 9) Längsneigungen der Rezeptorebene bewirken bei der betrachteten Quelle eine Erhöhung der Geruchsüberschreitungshäufigkeit im Vergleich zur Ebene an der Stelle, an der die Abluffahne an den Berg herangedrückt wird.

2 PROBLEMSTELLUNG UND ARBEITSUMFANG

Im Dezember 1998 wurde von unserem Ingenieurbüro der Bericht FuE-Vorhaben „Modellierung des Ausbreitungsverhaltens von luftfremden Schadstoffen/Gerüchen bei niedrigen Quellen im Nahbereich“ (Lohmeyer et al., 1998) fertiggestellt. In diesem Bericht werden für verschiedene Fragestellungen Handlungsempfehlungen für die Strömungs- und Ausbreitungsrechnung gegeben. Speziell wurde die Anwendung der Modelle LASAT und MISKAM empfohlen.

Im Rahmen von Lohmeyer et al. (1998) wurden Validierungen mit den Rasterbegehungsdaten von Nörvenich durchgeführt, wobei die bei den Begehungen ermittelten Geruchswahrnehmungshäufigkeiten durch das Modell systematisch unterschätzt wurden. In der hier vorgelegten Arbeit werden wichtige Modelleinstellungen innerhalb sinnvoller Grenzen variiert und die Ergebnisse dieser Sensitivitätsstudie diskutiert. Dazu werden sowohl die Änderungen relativ zu einem definierten Standardfall als auch relativ zu den Behebungsergebnissen herangezogen. Zusätzlich zu diesen Betrachtungen, welche sich innerhalb der in Lohmeyer et al. (1998) festgelegten Berechnungsmethodik bewegt, wurden weitere Betrachtungen zur Methodik angestellt.

Zusätzlich zu den Nörvenich-Rasterbegehungsdaten sollten Vergleichsrechnungen mit den Begehungsdaten an der Schweinemastanlage in Greiz-Gommla (insgesamt 5 Fahnenbegehungen) durchgeführt werden.

Im Forschungsbericht Lohmeyer et al. (1998) wurde zur Berücksichtigung der kurzzeitigen Konzentrationsspitzen ein Fluktuationsfaktor (c_{90} / c) mit dem Wert 4 aus Windkanal- und Freilandmeßdaten abgeleitet. Dies ist ein konservativer Ansatz, da alle ermittelten Faktoren kleiner als 4 waren. Bei den Untersuchungen wurden nur Punktquellen realisiert, so daß die Frage zu klären ist, ob bei Flächenquellen ein anderer Fluktuationsfaktor anzunehmen und welcher Wert für diesen Faktor gegebenenfalls anzusetzen ist.

Hierfür sollten die wissenschaftliche Literatur und die vorhandenen Windkanaldaten unter dem Aspekt „Flächenquellen“ durchgesehen und die Ergebnisse entsprechend dokumentiert werden.

Weiterhin sollten einzelne definierte Fälle mit dem Programmsystem MISKAM/LASAT durchgerechnet werden. Dabei waren bei der Betrachtung von Geruch die Vorschriften der GIRL zugrunde zu legen. Die erstellten Eingangsdateien sowie die Ergebnisfiles aus diesen

letzten genannten Untersuchungen sollten dem Auftraggeber zur Verfügung gestellt werden. Damit hat dieser dann die Möglichkeit, mit Hilfe der Eingangsdateien weiterführende Sensitivitätsbetrachtungen durch Variation einzelner Parameter durchzuführen.

3 VALIDIERUNG

3.1 Rasterbegehungen Nörvenich - Sensitivitätsbetrachtungen

3.1.1 Anlaß

Diese Studie schließt an das Projekt „Modellierung des Ausbreitungsverhaltens von luftfremden Schadstoffen/Gerüchen bei niedrigen Quellen im Nahbereich“ (Lohmeyer et al., 1998) an. Dort wurde festgestellt, daß die mit dem Ausbreitungsmodell LASAT berechneten Überschreitungshäufigkeiten bis auf eine Ausnahme deutlich niedriger waren als die vom Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen (LUA-NRW) veröffentlichten Ergebnisse der Rasterbegehung. Eine Beschreibung des Feldversuchs findet man in Both et al. (1995) sowie in Janicke (1999; Janicke-Website). Ferner waren die mit LASAT berechneten Überschreitungshäufigkeit niedriger als die mit anderen Geruchsausbreitungsmodellen ermittelten (vgl. Enderle und Richter, 1998).

Für diese Abweichungen kommen u. a. folgende Ursachen in Betracht:

- ungünstige Einstellungen der Modellparameter bei der Ausbreitungsmodellierung
- unterschiedliche statistische Auswerteverfahren
- Ungenauigkeiten/Fehler in den Beobachtungsdaten
- Nichtberücksichtigung einer eventuellen Vorbelastung

Um den Einfluß der Parametereinstellungen bei der Ausbreitungsmodellierung festzustellen, wurde die im folgenden beschriebene Sensitivitätsbetrachtung durchgeführt.

3.1.2 Variierte Einflußfaktoren

3.1.2.1 Auswahl der Einflußfaktoren

Es wurden folgende Faktoren, welche die von LASAT berechneten Konzentrationen oder aber die statistische Auswertung beeinflussen, variiert:

- a) das LASAT-Meteorologiemodell
- b) die Maschenweite des Auszählgitters

- c) die Umsetzung der DWD-Ausbreitungsklassenstatistik Nörvenich in LASAT
- d) die Freisetzungsbedingungen (Quellhöhe, Quellstärke, Austrittsimpuls, Punkt- oder Volumenquellen)
- e) die Rauigkeitslänge

Die Motivation für diese Auswahl wird im folgenden erläutert.

Zu a) in der Version 2.8 von LASAT wurde im Vergleich zur Version 2.6, die bei den Validierungsarbeiten von Lohmeyer et al. (1998) zum Einsatz kam, ein geändertes meteorologisches Grenzschichtmodell (Version 2.1) implementiert. Dieses kam bei allen hier neu vorgelegten Rechnungen zum Einsatz. Gegenüber der älteren Version 1.3 wurden neben geänderten empirischen Formeln die folgenden Einstellungen geändert:

- die Zuordnung von Monin-Obukhov-Länge und Mischungsschichthöhe zu den Stabilitätsklassen
- die Abhängigkeit dieser Zuordnung von der Rauigkeitslänge z_0
- die Faktoren zur Berechnung der Lagrange-Korrelationszeiten.

Ziel der Änderungen war die bessere Anpassung der LASAT-Ergebnisse besonders bei niedrigen Quellhöhen an experimentelle Befunde sowie eine bessere Übereinstimmung mit den Ergebnissen des TA Luft-Modells (breitere Fahnen bei stabiler und labiler Schichtung), wenn mit TA Luft-Ausbreitungsklassenstatistiken gearbeitet wird. Eine Auflistung der in Version 1.3 und Version 2.1 verwendeten Zahlenwerte sowie die Darstellung und Diskussion der Ergebnisse von Testrechnungen finden sich in den Ergänzungen zu Referenzbuch und Arbeitsbuch von LASAT 2.8. Es wird festgestellt, daß Version 2.1 bei stabiler und labiler Schichtung größere Fahnenbreiten als Version 1.3 liefert. Dies wird u. a. durch wesentlich höhere Faktoren zur Berechnung der Lagrange-Korrelationszeiten bei stabiler und labiler Schichtung als bei Version 1.3 erreicht. Höhere Lagrange-Korrelationszeiten bewirken, daß sich der Übergangsbereich von der linearen zur \sqrt{t} -Abhängigkeit der Streuungen von der Quelle weg verschiebt und dadurch die Fahne breiter wird.

Zu b) die Maschenweite Δ des Auszählgitters muß sich für den hier betrachteten Fall Nörvenich unabhängig vom Vorgehen im Nahbereich an den Vorgaben der GIRL orientieren, nach welcher die Überschreitungshäufigkeiten auch in Übereinstimmung mit den Begehungen auf quadratischen Beurteilungsflächen von 250 m Kantenlänge zu ermitteln sind. Im Vorgängerprojekt wurden die Rechnungen mit einem $\Delta = 62.5$ m durchgeführt und anschließend

die in einer GIRL-Beurteilungsfläche enthaltenen 16 Flächen gemittelt. Auf der einen Seite können punktgenaue Konzentrationswerte mit Modellen wie LASAT nicht realisiert werden, auf der anderen Seite ist das Ziel der Begehungen, repräsentative Überschreitungshäufigkeit für die gesamte Beurteilungsfläche unter Verwendung der vier Eckpunkte zu ermitteln. Von der Idee des Flächenmittels her bietet es sich daher an, Rechnungen mit $\Delta = 250$ m durchzuführen (Fälle 2101G, 2103G, 2101GV, 2103GV) und mit der Standardrechnung ($\Delta = 62.5$ m) zu vergleichen.

Zu c) bei den Standardrechnungen wird bezüglich der Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsklassen die Einteilung der TA Luft verwendet. Erfahrungen zeigen, daß unter Umständen die recht grobe Auflösung der Windgeschwindigkeitsklassen bei der TA Luft zu Unterschätzungen der berechneten Konzentrationen führen können. Es wurde daher eine Rechnung mit einer feineren Einteilung der Windgeschwindigkeitsklassen (DWD-Statistik im alten Format, 0.5 m/s-Schritte) durchgeführt (Fall 21DWD). Ferner wurde untersucht, wie sich eine Verfeinerung der Windrichtungssektoren in 1°-Schritte auswirkt (Fall 21S10). Bei der Standardrechnung wird mit einer Einteilung in 2°-Sektoren gearbeitet.

Zu d) bei den Standardfreisetzungsberechnungen wurden die im Vorgängerbericht angegebenen Werte, welche teilweise zeitliche Mittelwerte über die Begehungszeiten sind, verwendet. Sie sind in der folgenden **Tab. 3.1** aufgelistet.

Variable	Symbol	Wert
Geruchsstoffstrom pro Einzelauslaß	Q	9 120 GE/s
Anzahl der Einzelauslässe		12
Freisetzungshöhe	Hq	8 m
Abluftvolumenstrom pro Einzelauslaß	Vs	1.8 m ³ /s
Austrittsgeschwindigkeit der Abluft	u _j	10 m/s

Tab. 3.1: Standard-Freisetzungsbedingungen (Mittelwerte).

Da sowohl der Abluftstrom als auch der Geruchsstoffstrom zeitlichen Variationen unterlagen, wurde bei einer Rechnung die Austrittsgeschwindigkeit auf 5 m/s reduziert (Fall 2101v5), bei einer weiteren Rechnung wurde mit dem maximalen Geruchsstoffstrom von 11 36 GE/(s · Auslaß) und der Standardaustrittsgeschwindigkeit von 10 m/s gerechnet (Fall 2101Q2), entsprechend dem im LUA-Bericht angegebenen Gesamtgeruchsstoffstrom von 507 Mio. GE/h.

Bei der Modellierung der Quellgeometrie stehen verschiedene Möglichkeiten zur Auswahl. Bei der Standardrechnung wird davon ausgegangen, daß die Abluft in $H_q = 8$ m über Grund von 12 als Punktquellen behandelten Lüftern mit einer Austrittsgeschwindigkeit von $V_q = 10$ m/s vertikal ausgeblasen wird. Die anschließende Überhöhungsrechnung nach VDI 3782/3 geht davon aus, daß sich die Abluft ungestört ausbreiten kann; dem wird jedoch nicht so sein, da Gebäudeeinflüsse zu erwarten sind. In einem weiteren Rechenlauf wurde daher probeweise die Kaminhöhe halbiert (also auf $H_q =$ auf 4 m gesetzt), um Gebäudeeinflüsse wie Downwash näherungsweise zu erfassen (Fall 2101H4). Im gleichen Zusammenhang wurde eine Serie von Rechnungen durchgeführt, in welchen, einem Vorschlag von Janicke (Website Nörvenich-Validierungen) folgend, die beiden Ställe mit ihren Lüftern als zwei impulslose Volumenquellen von 38×58 m² Ausdehnung, welche sich vom Erdboden bis in 5 m Höhe erstrecken, modelliert werden. Die anderen Rechnungen (punktförmige Lüfter) wurden mit einer geringfügig modifizierten Quellanordnung durchgeführt. Die sich daraus ergebenden (geringen) Abweichungen der Geruchsüberschreitungshäufigkeiten im Vergleich zur Standardrechnung sind unten aufgeführt.

Zu e) eine wichtige Einflußgröße bei Ausbreitungsrechnungen insbesondere bodennaher Quellen ist die Rauigkeitslänge z_0 , da sie wesentlich die bodennahen Wind- und Turbulenzverhältnisse beeinflusst. Die Landnutzung im Untersuchungsgebiet läßt eine Rauigkeitslänge von $z_0 = 0.1$ m angemessen erscheinen. Janicke (WebSite) findet aus Auswertungen von Ultraschallanemometermessungen einen Wert von 0.033 m. Es wurden daher Rechenläufe mit dem Standardwert $z_0 = 0.1$ m (Fälle 2101...) und mit den beiden um den Faktor 3 höheren bzw. niedrigeren Werten 0.3 m (Fälle 2103...) und 0.033 m (Fall 21003) durchgeführt.

Alle Rechnungen wurden für ebenes Gelände mit der LASAT-Version 2.8d durchgeführt. Bei allen Rechnungen bis auf eine wurde die Häufigkeit bestimmt, mit welcher eine Geruchsstoffkonzentration von 0.25 GE/m³ überschritten wurde („Faktor 4-Modell“).

3.1.2.2 Tabellarische Darstellungen

Die **Tab. 3.2** bis **3.4** geben einen Überblick über die durchgeführten Rechnungen mit den zugehörigen Parametern. Die Standardrechnung ist mit 2101 bezeichnet. In der Spalte „Statistik/Anz. Sektoren“ ist angegeben, mit welchem Typ Statistik (TA Luft oder altes DWD-Format), wie viele meteorologische Situationen und mit wie vielen Windrichtungssektoren gerechnet wurde.

Rechnungen mit LASAT-Grenzschichtmodell Version 2.1, Punktquellen						
Bez.	z₀ (m)	Δ (m)	Statistik/Anz. Sektoren	Hq (m)	Vq (m/s)	Q (GE/s)
2101	0.1	62.5	TAL4455/180	8	10	9 120
2101G	0.1	250	TAL4455/180	8	10	9 120
2101S10	0.1	62.5	TAL8910/360	8	10	9 120
2101H4	0.1	62.5	TAL4455/180	4	10	9 120
2101V5	0.1	62.5	TAL4455/180	8	5	9 120
2101DWD	0.1	62.5	DWD7120/180	8	10	9 120
2101Q2	0.1	62.5	TAL4455/180	8	10	11 736
2103	0.3	62.5	TAL4455/180	8	10	9 120
2103G	0.3	250	TAL4455/180	8	10	9 120
2103S10	0.3	62.5	TAL8910/360	8	10	9 120
21003	0.033	62.5	TAL4455/180	8	10	9 120

Tab. 3.2:

Rechnungen mit LASAT-Grenzschichtmodell Version 2.1, Volumenquellen						
Bez.	z₀ (m)	Delta (m)	Statistik/Anz. Sektoren	Hq (m)	Vq (m/s)	Q (GE/s)
2101V	0.1	62.5	TAL4455/180	0 - 5	0	54 720
2101GV	0.1	250	TAL4455/180	0 - 5	0	54 720
2101S10V	0.1	62.5	TAL8910/360	0 - 5	0	54 720
2103V	0.3	62.5	TAL4455/180	0 - 5	0	54 720
2103GV	0.3	250	TAL4455/180	0 - 5	0	54 720
21003V	0.033	62.5	TAL4455/180	0 - 5	0	54 720

Tab. 3.3:

Rechnungen mit LASAT-Grenzschichtmodell Version 1.3, Punktquellen						
Bez.	z₀ (m)	Delta (m)	Statistik/Anz. Sektoren	Hq (m)	Vq (m/s)	Q (GE/s)
1301	0.1	62.5	TAL4455/180	8	10	9 120
1303	0.3	62.5	TAL4455/180	8	10	9 120

Tab. 3.4:

Daneben wurde noch eine Rechnung mit Standardparametern, aber Quellenordnung wie im Vorgängerprojekt durchgeführt.

3.1.3 Ergebnisse

Die Ergebnisse der Sensitivitätsbetrachtungen werden in **Tab. 3.5** bis **3.7** wiedergegeben. Die Darstellung beschränkt sich auf die Rasterflächen Nr. 1 (F1) und Nr. 4 (F4) [zur Lage dieser Rasterflächen siehe **Abb. 3.0**]. Es wird jeweils die berechnete Überschreitungshäufigkeit (GÜH), die relative Abweichung vom Beobachtungswert und die relative Abweichung vom Standardfall angegeben. Die aus den Beobachtungen abgeleitete Überschreitungshäufigkeit betrug bei Fläche 1 14.4 %, bei Fläche 4 10.6 %.

a) Rechnungen mit LASAT-Grenzschichtmodell Version 2.1, Punktquellen

Bez.	F1:ber. GÜH	F1:Abw.v. Beob. (%)	F1:Abw.v. Standardfall	F4:ber. GÜH	F4:Abw.v. Beob.	F4:Abw.v. Standardfall
2101	9.2	-36	0	7.1	-33	0
2101G	10.3	-28	12	7.6	-28	6
2101S10	9.0	-37	-2	6.8	-36	5
2101H4	9.7	-33	5	7.5	-30	4
2101V5	10.1	-30	10	7.5	-29	5
2101DWD	9.2	-36	0	7.1	-33	1
2101Q2	9.9	-31	8	8.0	-24	12
2103	10.7	-25	17	7.2	-32	1
2103G	11.6	-19	27	7.6	-28	6
2103S10	10.5	-27	14	6.7	-37	-6
21003	7.5	-48	-19	6.4	-40	-11
alte Quellv.	9.4	-35	3	7.0	-34	2

Tab. 3.5:

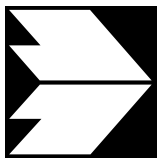
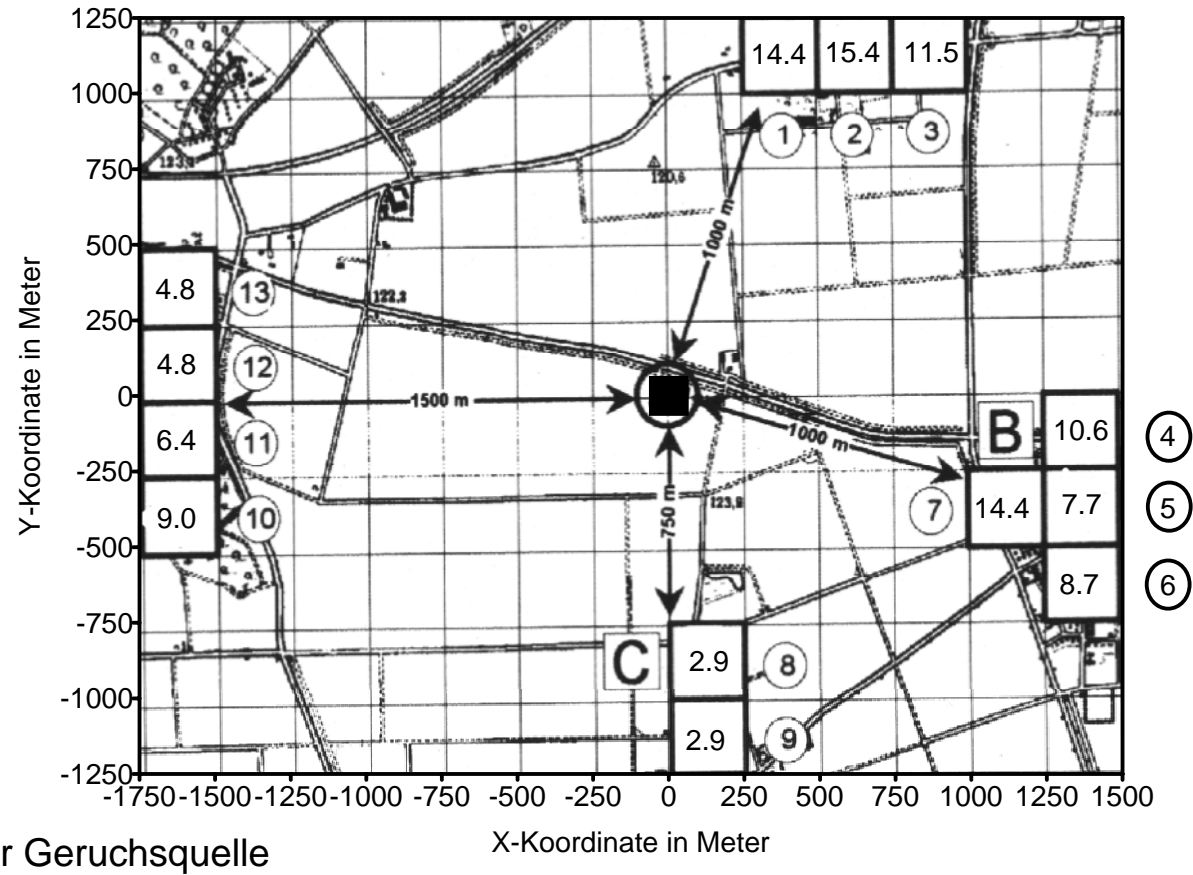


Abb. 3.0: Begehungsdaten Nörvenich: Geruchswahrnehmungshäufigkeit in Prozent der Jahrestunden an den einzelnen Beurteilungsflächen (Nummern der Beurteilungsflächen sind neben den jeweiligen Flächen vermerkt).

b) Rechnungen mit LASAT-Grenzschichtmodell Version 2.1, Volumenquellen

Bez.	F1:ber. GÜH	F1:Abw.v. Beob. (%)	F1:Abw.v. Standardfall	F4:ber. GÜH	F4:Abw.v. Beob.	F4:Abw.v. Standardfall
2101V	9.3	-35	2	7.5	-29	5
2101GV	11.0	-34	20	8.3	-22	16
2101S10V	9.2	-36	1	7.2	-32	0
2103V	10.8	-25	17	7.5	-30	5
2103GV	11.7	-19	28	7.9	-25	11
21003V	8.4	-42	-8	6.9	-35	-4

Tab. 3.6:

c) Rechnungen mit LASAT-Grenzschichtmodell Version 1.3, Punktquellen

Bez.	F1:ber. GÜH	F1:Abw.v. Beob. (%)	F1:Abw.v. Standardfall	F4:ber. GÜH	F4:Abw.v. Beob.	F4:Abw.v. Standardfall
1301	7.7	-47	-16	5.2	-51	-27
1303	7.9	-45	-14	4.3	-59	-39

Tab. 3.7:

Eine Erhöhung der Überschreitungshäufigkeit wird demnach vor allem bewirkt durch:

- 1) Vergrößern der Maschenweite Δ (alle Läufe, die in **Tab. 3.5** und **3.6** die Kennung „G“ enthalten)
- 2) Vergrößern der Rauigkeitslänge
- 3) Verringern der Austrittsgeschwindigkeit
- 4) Erhöhung der Quellstärke.

Dabei dienen die Punkte 2), 3) und 4) vor allem dazu, abzuschätzen, welche Maximalüberschreitungshäufigkeit zu erwarten sind, da z. B. eine Rauigkeitslänge von 0.3 m bei der gegebenen Landnutzung zu hoch erscheint.

Eine Erhöhung der Rauigkeitslänge hat bei bodennahen Quellen zwei gegenläufige Wirkungen, nämlich zum einen eine Verbreiterung der Fahne bei gleichzeitiger Verringerung der Konzentrationen durch erhöhte Turbulenz zum anderen eine Verringerung der bodennahen Windgeschwindigkeit mit entsprechender Erhöhung der Konzentrationen (siehe auch

Sensitivitätsbetrachtungen bei Lohmeyer et al., 1998). Welcher Effekt im hier betrachteten Fall Nörvenich dominiert, kann an dieser Stelle nicht explizit gesagt werden, da dies von Aufpunkt zu Aufpunkt verschieden ist.

Die Maschenweite hat einen Einfluß auf die berechneten Überschreitungshäufigkeit. Abhängig von der Quellentfernung, der Quellstärke und vor allem der verwendeten AK-Statistik kann eine Verfeinerung der Maschenweite eine Erhöhung oder eine Absenkung der Überschreitungshäufigkeit ergeben.

Eine Änderung der Quellgeometrie bewirkt nur geringfügige Änderungen der Überschreitungshäufigkeit. Dies dürfte auf den großen Quellabstand zurückzuführen sein. Auch eine Verfeinerung der Klasseneinteilung von Windrichtung und Windgeschwindigkeit ändert die berechneten Überschreitungshäufigkeit nicht wesentlich. Dies dürfte daran liegen, daß niedrige Windgeschwindigkeitsklassen eher selten vorkommen (mittlere Windgeschwindigkeit = 3.3 m/s).

FAZIT

Ziel der hier durchgeführten Untersuchungen war, durch Änderung einiger Modellparameter (in physikalisch sinnvollen Bereichen) eine bessere Übereinstimmung zwischen Rechnung und Begehung zu erhalten als im Standardrechenfall entsprechend Lohmeyer et al. (1998). Es wurde gezeigt, daß die Variation der o. g. Parameter das Ergebnis der Ausbreitungsrechnung beeinflussen kann. Eine entscheidende Verbesserung der Anpassung der Rechenergebnisse an die Begehung konnte dadurch jedoch nicht erreicht werden.

Bei der Begehung werden punktbezogene Daten der Geruchshäufigkeit an den Eckpunkten einer Fläche auf die Beurteilungsfläche übertragen. Bei LASAT wird ein Flächenmittelwert der Geruchsstoffkonzentration berechnet und unter Zuhilfenahme des Fluktuationsfaktors 4 wird ermittelt, ob die betrachtete Stunde für die Berechnungsfläche als Geruchsstunde zählt. Die Flächenmittlung durch LASAT ist zulässig, wenn die Geruchsstoffgradienten innerhalb einer Berechnungsfläche klein sind. Dann kann die Berechnungsfläche von LASAT auch die Größe der Beurteilungsfläche haben. Bei großen Gradienten innerhalb einer Beurteilungsfläche müssen jedoch die Berechnungsflächen für LASAT deutlich kleiner als die Abmessung der Beurteilungsfläche gewählt werden und zwar so, daß der Geruchsstoffgradient innerhalb einer Berechnungsfläche klein wird. Andernfalls entstehen unzulässige Flächenermittlungen der Konzentrationen. Dies ist bei der Nachrechnung der Nörvenich-Daten auch entsprechend berücksichtigt worden.

Nach der Berechnung von Überschreitungshäufigkeiten für die „kleinen“ Berechnungsflächen mit LASAT muß dann analog zum TA Luft Faktor 10-Modell ein Mittelwert der Überschreitungshäufigkeit aller in einer Beurteilungsfläche liegenden Berechnungsflächen für die zu bewertende Beurteilungsfläche gebildet werden. Laut Auslegungshinweisen zur GIRL (LAI, 1999) ist in begründeten Einzelfällen aber auch eine Punktbetrachtung möglich, wobei die in der GIRL festgelegten Immissionswerte unverändert übernommen werden sollen, da deren Ableitung von der Flächengröße unabhängig ist. In solch einem Fall werden aus den Ergebnissen von LASAT-Rechnungen mit feinem Gitter keine Beurteilungsflächen mehr gebildet.

Die Größe der Berechnungs- bzw. gegebenenfalls der Beurteilungsflächen sollte in enger Abstimmung zwischen Gutachter und der Genehmigungsbehörde erfolgen (LAI, 1999).

3.2 Validierung mit den Gommla-Begehungsdaten

3.2.1 Allgemeines

Vom Auftraggeber wurden Begehungsdaten an der Schweinehaltungsanlage der Firma Suimax Greiz-Gommla zur Verfügung gestellt. Diese Begehungen wurden von der IFU GmbH im Auftrag der TLU Jena durchgeführt (IFU GmbH, 1998a). Bei den Begehungen handelt es sich um insgesamt 5 Fahnenbegehungen, die zu unterschiedlichen Terminen durchgeführt wurden.

3.2.2 Beschreibung der Anlage

Die **Abb. 3.1** zeigt die Anlage der Fa. Suimax Greiz-Gommla. Sie besteht aus einer Reihe von Stallanlagen (1 bis 24), die durch einen Quergang miteinander verbunden sind. Östlich und nördlich der Stallanlagen stehen Wirtschaftsgebäude, die zum Zeitpunkt der Begehungen nicht als Ställe genutzt wurden und damit auch keinen Geruch emittierten. Nördlich der Stallanlagen sind 2 Güllelager angelegt. Die Anlage befindet sich in einem topographisch gegliederten Gelände auf einem kleineren Plateau, welches nach Norden und Süden von der Anlage weg zunächst leicht, dann stärker abfällt. In Richtung Westen und Osten ist das Gelände relativ eben. Nordwestlich der Anlage befindet sich Wald. Die Ortschaft Gommla schließt sich südlich und westlich an die Anlage an. Weitere Details siehe IFU GmbH (1998a). Die Gebäudehöhen innerhalb der Anlage sowie im angrenzenden Wohngebiet wurden bei einem Ortstermin ermittelt.

3.2.3 Eingangsdaten

3.2.3.1 Emissionen der Anlage

Die Emissionen der Anlage wurden dem Begehungsbericht entnommen (IFU GmbH, 1998a). Sie basieren auf Literaturdaten der spezifischen Emission kombiniert mit den damaligen Belegungszahlen der Ställe. Die Gesamtemissionen der einzelnen Ställe sind in **Tab. 3.8** dargestellt. Die Emissionsdaten für die Güllelager basieren auf Messungen der IFU GmbH (IFU GmbH, 1998a).

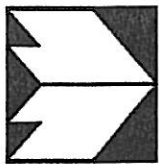
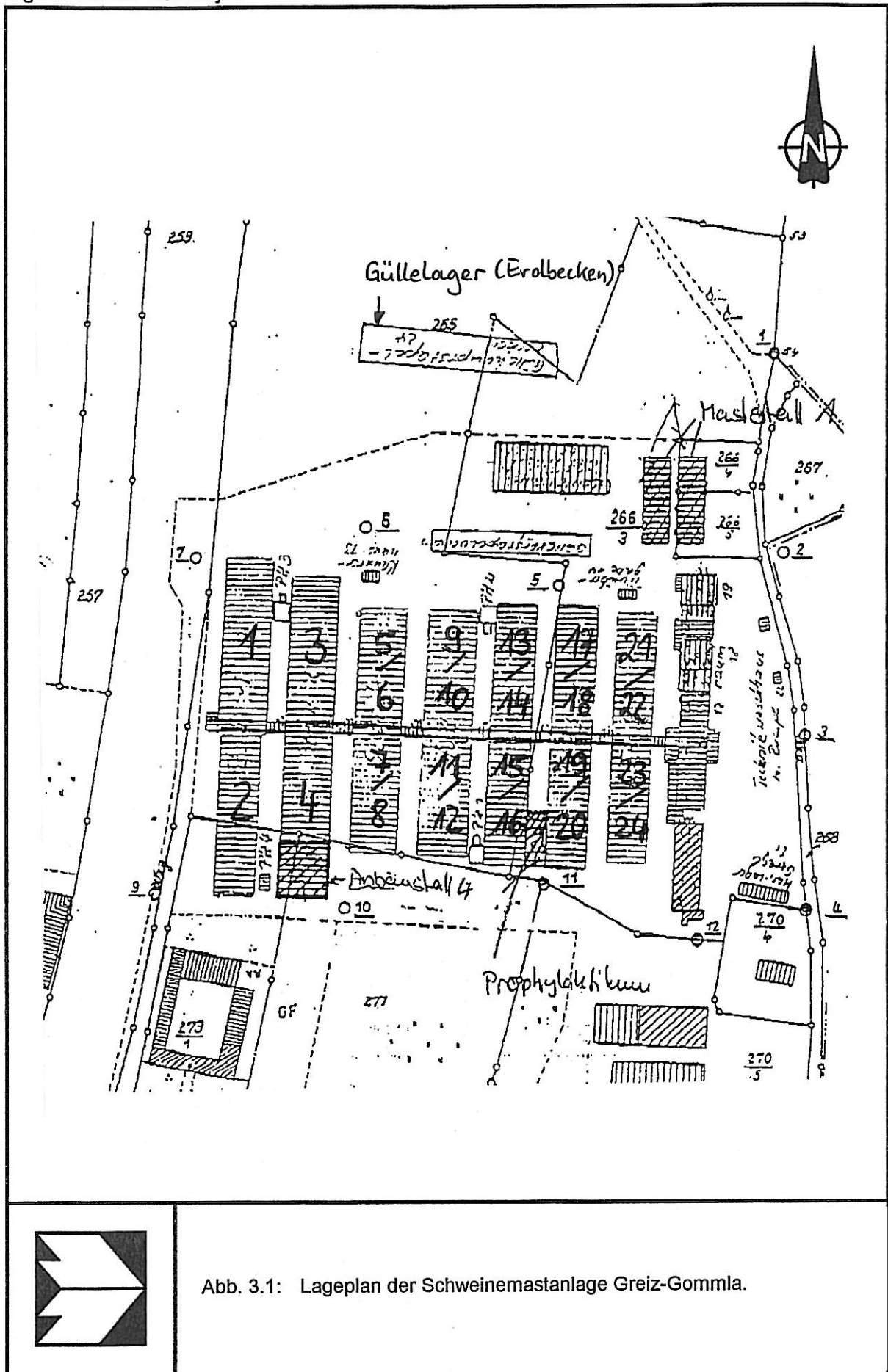


Abb. 3.1: Lageplan der Schweinemastanlage Greiz-Gommla.

Emittent	Emissionen [GE/s]
Stall 1	1 980
Stall 2	1 848
Stall 3	2 772
Stall 4	1 496
Stall 6	152
Stall 7	289
Stall 8	289
Stall 9	304
Stall 10	304
Stall 11	304
Stall 12	304
Stall 13	800
Stall 14	800
Stall 15	975
Stall 16	975
Stall 17	800
Stall 18	800
Stall 19	1 500
Stall 20	800
Stall 21	800
Stall 22	800
Güllelager, Vorbehälter	77
Güllelager, Erdbecken	576

Tab. 3.8: Emissionen der einzelnen Ställe entsprechend IFU GmbH, 1998a.

Zum Begehungszeitpunkt wurde fast die gesamte Anlage mit Seitenwandlüftern betrieben. Ausnahmen bildeten die Ställe 15 und 16, bei denen über Dach entlüftet wurde (Emissionshöhe 6 m über Grund). Für diese beiden Quellen wurden die Quellbedingungen aus dem Begehungsbericht übernommen. Die Abgasfahnenüberhöhung wurde nach Richtlinie VDI 3471 „Emissionsminderung Tierhaltung - Schweine“ (1986) angesetzt.

3.2.3.2 Meteorologie

Für den Zeitraum der Fahnenbegehungen wurden von der IFU GmbH (1998b) Ergebnisse meteorologischer Messungen in 10 m Höhe über Grund zur Verfügung gestellt. Dabei handelt es sich um Messungen mit Hilfe eines 10 Hz-Ultraschallanemometers in der Nähe des Güllevorbehälters.

Den digital zur Verfügung gestellten Daten konnten folgende Angaben in einer Auflösung von ca. 10 Hz entnommen werden:

- Betrag der horizontalen Windkomponente
- Richtung der horizontalen Windkomponente
- Betrag der vertikale Windkomponente
- Lufttemperatur.

Aus diesem Datenkollektiv wurden von unserem Büro für jede Einzelbegehung (jeweils 10 min-Intervall) folgende mittlere Größen bestimmt, die direkt in die Ausbreitungsrechnung eingingen:

- mittlere Windgeschwindigkeiten
- mittlere Windrichtung
- Monin-Obukhov-Länge.

Die Monin-Obukhov-Länge stellt ein genaueres Maß für den Ausbreitungszustand der Atmosphäre dar als die Ausbreitungsclassen nach Klug-Manier, die im allgemeinen in Ausbreitungsrechnungen verwendet werden.

Die für jeden Begehungspunkt unter Beachtung des jeweiligen Begehungszeitintervalls berechneten Werte sind im Anhang A1 dargestellt. Weitere Informationen zur Meteorologie: siehe IFU GmbH, 1998a.

3.2.3.3 Begehungsergebnisse

Bei den Begehungen handelt es sich um Fahnenmessungen mit Bewertung der Geruchsintensität (Geruchsstufen entsprechend VDI 3882, Bl. 1). Durch die Auswertung der Häufigkeit von Geruchsstufen mit Intensitäten von ≥ 1 wurden aus diesen Meßdaten die Häufigkeit des Auftretens eines Geruchsereignisses während der 10 min Meßzeit für jeden Begehungspunkt berechnet. Aus diesem Datenmaterial wurde ermittelt, an welchen Punkten eine Geruchsstunde auftrat und an welchen nicht (10 %-Grenze).

Die Ergebnisse dieser Auswertung sind in Anhang A1 für jeden Begehungspunkt dargestellt. Die ermittelten Intensitäten und Häufigkeiten gingen laut Vorgehensweise der GIRL nicht in die weiteren Betrachtungen ein.

3.2.4 Ausbreitungsrechnungen

3.2.4.1 Vorgehensweise

Das zu betrachtende Untersuchungsgebiet befindet sich in relativ ebenem Gelände und das bodennahe Strömungsfeld wird durch Gebäude (Stallanlagen, Nebengebäude, Lager u. ä.) beeinflusst. Ein Teil der zu betrachtenden Untersuchungspunkte liegt im Nahbereich der Anlage (Entfernung $< 20 \cdot$ Stallhöhe), der andere Teil in größerer Entfernung zu den Quellen.

Die Ausbreitungsrechnungen erfolgten zunächst nur mit dem Lagrange'schen Ausbreitungsmodell LASAT (Version 2.8D). Die Gebäude wurden dabei nicht explizit, sondern über eine erhöhte Geländerauhigkeit berücksichtigt.

In einem 2. Schritt wurde die Ausbreitungsrechnung mit einer Kombination der Modelle MISKAM (Version 3.6) und LASAT durchgeführt, wobei das Nestingverfahren angewendet wurde. Dabei wurden drei Rechengebiete ineinandergeschachtelt, die folgende Auflösung hatten:

äußeres Rechengebiet	10 m x 10 m (Ausdehnung: 800 m x 850 m)
mittleres Rechengebiet	5.0 m x 5.0 m (Ausdehnung: 590 m x 600 m)
inneres Rechengebiet	2.5 m x 2.5 m (Ausdehnung: 350 m x 300 m).

Das innere Rechengebiet ist in **Abb. 3.2** dargestellt. Die Emissionsquellen liegen jeweils im Zentrum der einzelnen Gebiete.

Die o. g. Vorgehensweise des Nestings bot den Vorteil, daß einerseits die Immissionsbelastung an weiter entfernt liegenden Begehungspunkten bei der Modellierung berechnet werden konnten und andererseits die Ausbreitungsverhältnisse innerhalb des inneren Rechengebietes genauer modelliert werden konnte als ohne Nesting.

Im mittleren und inneren Rechengebiet wurden die Gebäude explizit aufgelöst. Zunächst erfolgte in diesen Rechengebieten die Berechnungen des dreidimensionalen Strömungsfeldes (Windrichtung und Windgeschwindigkeit) für den Fall der neutral geschichteten Atmosphäre mit dem mikroskaligen Strömungsmodell MISKAM. Diese Strömungsfelder wurden vom Ausbreitungsmodell LASAT übernommen, welches die Turbulenz- und Ausbreitungs-

rechnung für alle bei den Begehungen vorgefundenen Stabilitätszustände der Atmosphäre und alle 3 Teilgebiete durchführte.

Bei beiden Berechnungsmethodiken wurde jeder Begehungspunkt unter Beachtung der Vorgaben der GIRL (Geruchsstundendefinition 10 % und Schwellenwert 1 GE/m³) und der entsprechenden Meteorologiedaten einzeln nachgerechnet, wobei das Ausbreitungsmodell jeweils mit der Standardkonfiguration betrieben wurde. Insgesamt wurden jeweils 148 Fahnen berechnet. Die berechneten Fahnen wurden Meßpunkt für Meßpunkt mit den Begehungsdaten verglichen, wobei als Fluktuationsfaktor der Faktor 4 diente.

Die Auswertung der erhaltenen Daten erfolgte in Absprache mit dem Auftraggeber analog zur Auswertung der nachgerechneten Auberg-Fahnenbegehungen bei Lohmeyer et al. (1998) nach folgendem Muster:

Stimmten Begehung und Rechnung überein (bei beiden Methoden wurde gleichermaßen entweder eine Geruchsstunde oder keine Geruchsstunde registriert), wurde die Berechnung als „Treffer“ vermerkt. Falls die Berechnung eine Geruchsstunde ergab, während bei der Begehung keine Geruchsstunde registriert wurde, wurde die Berechnung als „Überschätzung“ eingeordnet. Umgekehrt wurden durch Begehung ermittelte Geruchsstunden, die vom Modell nicht wiedergegeben wurden, als „Unterschätzung“ registriert.

3.2.4.2 Ergebnisse

Für das Programm LASAT Faktor 4 wurde eine Trefferquote (Übereinstimmung) von 83 % der Einzelwerte erzielt. Die Überschätzungen betrafen 6 % der Einzelwerte, während Unterschätzungen in 11 % der Fälle auftraten.

Bei der Kopplung von MISKAM und LASAT entsprechend Vorschlag bei Lohmeyer et al. (1998) ergab sich folgendes Ergebnis:

Trefferquote:	87 %
Überschätzung:	6 %
Unterschätzung:	7 %.

Bei beiden Berechnungsmethodiken ist die Trefferquote sehr hoch, wobei bei der Anwendung von MISKAM etwas bessere Ergebnisse erzielt werden. Die Ergebnisse für die Berechnungen mit MISKAM sind im einzelnen den **Abb. 3.3** bis **3.7** zu entnehmen.

3

7

Bei Fahne 1 wird die Geruchsbelastung an insgesamt 5 Punkten überschätzt. Diese Punkte befinden sich allesamt im westlichen Randbereich der Fahne. Das Ergebnis läßt vermuten, daß die Fahnenbreite vom Modell größer als in der Realität wiedergegeben wurde. Am östlichen Rand der Fahne ist die Trefferquote 100 % (**Abb. 3.3**).

Die Ergebnisse der 2. Begehung (Fahne 2) werden an insgesamt 3 Punkten mit dem Modell unterschätzt, an den anderen Punkten ergibt sich eine Übereinstimmung zwischen Messung und Rechnung. Die Bereiche mit Unterschätzung befinden sich für diesen Fall im östlichen Bereich der Fahne 2, was bedeuten könnte, daß entweder der Fahnenrand bei der Modellierung weiter westlich lag oder aber eine zu kurze Fahne modelliert wurde. Über die Fahnenbreite der Geruchswahrnehmung lassen sich für diesen Fall keine Aussagen ableiten, da der westliche Fahnenrand bei der Begehung nicht erfaßt wurde (**Abb. 3.4**).

Bei den Fahnen 3 bis 5 treten ebenfalls im Fahnenrandbereich vereinzelt Unterschätzungen oder Überschätzungen auf (**Abb. 3.5 bis 3.7**). Insgesamt wird jedoch eine hohe Trefferquote erreicht.

Die Einzelergebnisse zeigen allgemein, daß die größten Unsicherheiten in der Modellierung am Fahnenrand der Geruchsfahne zu suchen sind. Dies muß bei der Bewertung der Modellierungsergebnisse unbedingt berücksichtigt werden. Tatsache ist, daß bei den vorliegenden Begehungsdaten die Fahnenrandbereiche unterrepräsentiert sind. So wurde u. a. das Fahnenende bei keiner der Begehungen erfaßt. Damit liegen viele Begehungspunkte sicher innerhalb der Geruchsfahne, was bei dem verwendeten Auswerteverfahren entsprechend GIRL („Treffer“ oder „kein Treffer“) eine hohe Trefferquote impliziert. Dies bedeutet wiederum, daß eine theoretische Umverteilung der Begehungspunkte in Richtung der Fahnenrandbereiche die Trefferquote deutlich verringern könnte. Somit wird eingeschätzt, daß die Begehungsergebnisse von Gommla sich nur eingeschränkt zu Modellvalidierungen eignen. Ein weiterer Nachteil dieser Daten liegt darin, daß aufgrund der Vielfältigkeit der Emissionen der Anlage diese nicht parallel zu den Begehungen erfaßt werden konnten. Die aushilfsweise aus der Literatur abgeleiteten und in den Ausbreitungsrechnungen verwendeten Emissionen sind daher mit gewissen Unsicherheiten behaftet, die im Rahmen der hier vorliegenden Arbeit nicht quantifiziert werden können.

FAZIT

Beim Vergleich Begehung/Rechnung wurde mit LASAT (ohne Berücksichtigung von Gebäuden) eine Trefferquote von 83 %, mit dem Programmsystem MISKAM/LASAT (mit Gebäudeberücksichtigung) eine Trefferquote von 87 % erreicht. Somit ist für diese Daten eine

gute Übereinstimmung zwischen Berechnung und Begehung gegeben. Es wurde aber auch festgestellt, daß die Gommla-Begehungsdaten nur bedingt für eine „echte“ Modellvalidierung entsprechend GIRL geeignet sind.

4 VERTIEFENDE LITERATURRECHERCHE ZUR PROBLEMATIK DER FLUKTUATIONSAKTOREN BEI VERSCHIEDENEN QUELLTYPEN

Der im Forschungsbericht (Lohmeyer et al., 1998) benutzte Fluktuationfaktor wurde definiert als das Verhältnis des 90-Perzentilwertes c_{90} zum Mittelwert \bar{c} , da hierdurch die Anforderungen der Geruchsimmissionsrichtlinie, die als Grundlage dienen, erfüllt werden (Definition der Geruchsstunde). Die Bandbreite der ermittelten Faktoren reichte bei Punktquellen von ca. 1 bis 4. Es wurde aufgrund der geringen Anzahl von Einzeluntersuchungen keine weitere Auswertung bezüglich der Abhängigkeit der Werte von einzelnen Parametern (z. B. Lage des Meßpunktes bzgl. Fahnenachse, Abstand zur Quelle, atmosphärische Stabilität) vorgenommen. Im Sinne der angestrebten gutachterlichen Verwendung der Modellergebnisse wurde die obere Grenze der gefundenen Faktoren zur Anwendung bei der Modellrechnung empfohlen.

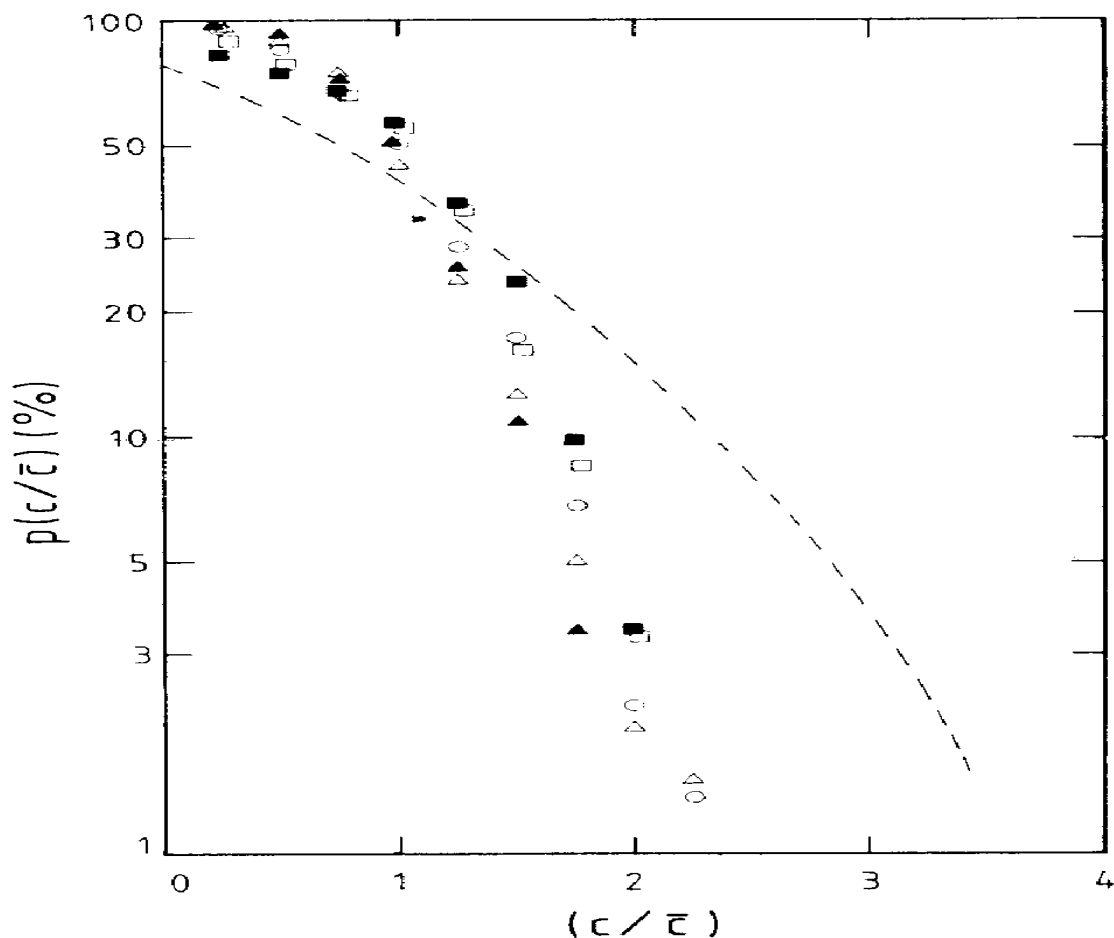
Die damals ausgewerteten Daten stammten ausnahmslos von Freilandexperimenten und Windkanaluntersuchungen, die die Emissionen aus einer definierten Punktquelle freisetzen. Innerhalb des landwirtschaftlichen Sektors existieren jedoch auch Flächenquellen, die unter Umständen im Nahbereich ein anderes Fluktuationsverhalten als Punktquellen aufweisen können. Als „echte“ Flächenquellen in der Landwirtschaft sind z.B. Güllebehälter oder Flächen zur Ausbringung von Gülle zu nennen. Daneben gibt es Quellen, die nicht eindeutig als Flächenquellen zu identifizieren sind, jedoch aufgrund der Überlagerung von mehr oder weniger ausgedehnten Punktquellen ähnlich wie Flächenquellen behandelt werden können (z.B. Freisetzung aus vielen Fensteröffnungen oder Offenställe). Ab welchem Abstand zur einzelnen Quelle diese ihren Charakter als Punktquelle verloren hat und durch Überlagerung der Abluffahne mit anderen Abluffahnen eher der Charakter einer Flächenquelle entsteht, kann hier nicht allgemeingültig definiert werden und hängt stark von den Randbedingungen des Einzelfalls ab.

Die im Rahmen der hier vorliegenden Arbeit durchgeführte Recherche nach Informationen zum Faktor c_{90}/\bar{c} bei Flächenquellen erbrachte kein verwertbares Ergebnis, d. h. es wurde keine Untersuchung an Flächenquellen gefunden, aus der ein Wert für den Faktor abgeleitet werden konnte.

Nachfolgend sind die Ergebnisse der wesentlichen Literaturstellen in Kurzform aufgeführt.

1. Sawford, Frost und Allan (1985) ermittelten bei einem Freilandexperiment mit zwei Punktquellen, die zwischen 5 m und 40 m auseinander lagen und in 0.5 m über Grund

zwei verschiedene Tracergase emittierten, Fluktuationsfaktoren c_{90} / \bar{c} zwischen 3.1 und 2.2 (je nach Abstand zur Quelle und Lage zur Fahnenachse), wenn nur eine Quelle emittierte. Im Zentrum der Fahne wurde in 25 m Abstand zur Punktquelle ein Fluktuationsfaktor von 2.4 gemessen. Dieser Wert reduzierte sich auf 1.6 (im Zentrum der überlagerten Fahnen bei einer Quellentfernung von 25 m und einer Separation der Quellen von 5 m), wenn beide Quellen zusammen emittierten. Dieser Fall ist in der folgenden Abbildung aufgetragen (entnommen aus Sawford et al., 1985).



Die Abszisse zeigt die mit der mittleren Konzentration \bar{c} normierte Momentankonzentration c . Auf der Ordinate ist die kumulierte Wahrscheinlichkeit in Prozent aufgetragen. Die gestrichelte Linie zeigt das Ergebnis für eine einzelne Punktquelle, während die Symbole das Ergebnis für die Überlagerung von 2 Punktquellen zeigt. Der Fluktuationsfaktor c_{90} / \bar{c} für den hier betrachteten speziellen Fall kann hier am Schnittpunkt der horizontalen Linie bei $p = 10\%$ mit der jeweiligen Kurve abgelesen werden. Man erkennt an dieser Abbildung, daß bei einer Überlagerung der Fahnen von 2 Punktquellen, die 5 m von-

einander entfernt emittieren, in einer Entfernung von 25 m zur Quelle der Fluktuationsfaktor kleiner ist als bei einer Punktquelle allein. Ob und wie sich dieses Verhältnis mit geänderter Separation der Quellen und anderen Abständen zur Quelle ändert, kann aus der Veröffentlichung nicht entnommen werden.

2. Fackrell und Robins (1982) führten Windkanaluntersuchungen durch, um den Einfluß der Quellgröße auf die Konzentrationsfluktuationen zu ermitteln. Sie untersuchten eine abgehobene und eine bodennahe Quelle. Aus den Angaben zu den Modellmaßen ergibt sich, daß relativ kleine Flächenquellen untersucht wurden. Bei der bodennahen Quelle variierte der Durchmesser der Quelle um einen Faktor 5. Die Autoren fanden bei der bodennahen Quelle nur eine geringe Abhängigkeit der Intensität der Fluktuationen (σ_c/c) von der Quellgröße. Dies ist möglicherweise ein Effekt der relativ kleinen Quelldimensionen. Bei der abgehobenen Quelle konnte ein deutlicher Einfluß der Quelldimensionen auf die Intensität der Fluktuationen gemessen werden. Die Fluktuationsfaktoren ließen sich aus der Veröffentlichung nicht entnehmen.
3. Die Ergebnisse der abgehobenen Quelle bei Fackrell und Robins (1982) konnten von Thomson (1990) mit einem stochastischen Modell nachvollzogen werden. Mit diesem Modell wurden auch Simulationen der Intensität der Konzentrationsfluktuationen (σ_c/c) für verschiedene Dimensionen einer Flächenquelle durchgeführt. Hierbei variierte die Flächengröße um einen Faktor 1000. Die Intensitäten waren bei der größten Quelle um einen Faktor 10 niedriger als bei der kleinsten Quelle. Auch hier konnten keine Fluktuationsfaktoren abgeleitet werden.
4. De Haan (1999) beschreibt ein neuentwickeltes Ausbreitungsmodell, welches in der Lage ist, die Konzentrationsfluktuationen zu modellieren, ohne eine statistische Verteilung vorzugeben. Aus den Ergebnisdarstellungen lassen sich Fluktuationsfaktoren c_{90} / \bar{c} zwischen 2 und 3 je nach Entfernung zwischen Punktquelle und Aufpunkt ablesen. Angaben zu Flächenquellen werden nicht gemacht, daher wird dieses Ergebnis hier nur der Vollständigkeit halber angegeben.

Aus den herangezogenen Literaturstellen läßt sich keine quantifizierbare Aussage zu einem Fluktuationsfaktor für Flächenquellen ableiten. Dies liegt hauptsächlich daran, daß bei denjenigen Untersuchungen, die sich explizit mit Flächenquellen befassen (Fackrell und Robins, Thomson), die Angaben nicht als Häufigkeitsverteilung vorliegen, sondern nur als Angabe zur Fluktuationsintensität, aus der der hier gesuchte Fluktuationsfaktor nicht ableitbar ist. Lediglich die Untersuchung von Sawford et al. (1985) zeigt eine Abhängigkeit des

Fluktuationsfaktors davon, ob eine einzelne Punktquelle betrachtet wird oder ob 2 Punktquellen überlagert werden. Dies sind jedoch nur Einzelfalluntersuchungen und stellen somit keine systematische Aufarbeitung der Problematik dar. Das Ergebnis dieser Einzelfallbetrachtungen läßt sich nicht auf die Überlagerung von vielen Punktquellen oder die Verhältnisse bei einer ausgedehnten Flächenquelle übertragen.

Die in der Realität vorhandenen Ausprägungen von Flächenquellen bzw. überlagerten Punktquellen sowie die jeweiligen meteorologischen Bedingungen vor Ort sind sehr vielgestaltig. Eine Übertragung des hier nur in einer Einzelfalluntersuchung gefundenen Zusammenhangs zwischen Fluktuationsfaktor und „Flächenquelle“ auf die Modellierung mit der Modellkombination MISKAM/LASAT ist aus diesem Grund nicht zulässig. Für die gutachterliche Anwendung empfehlen wir daher, weiterhin den Faktor 4 für alle Quelltypen anzusetzen. Dieser Faktor gilt sowohl beim Modell LASAT allein als auch bei der Modellkombination MISKAM/LASAT.

5 BERECHNUNG DEFINIERTER EINZELFÄLLE ENTSPRECHEND GIRL

5.1 Allgemeines

Die bei Lohmeyer et al. (1998) vorgeschlagenen Vorgehensweisen bei der Ermittlung der Geruchs- bzw. Schadstoffbelastung in der näheren Umgebung von bodennahen Quellen sollen im Rahmen dieses Gutachtens für verschiedene „konstruierte“ Fälle angewendet werden. Die Ziele dieser Arbeiten sind:

- a) die Darstellung von individuellen Belastungen bei typischen Emissionsfällen
- b) das Aufzeigen des Einflusses von verschiedenen Umgebungsanordnungen
- c) das Aufbereiten der Eingangsdaten für den Auftraggeber für die Durchführung von eigenen Sensitivitätsbetrachtungen.

Für alle im folgenden beschriebenen Ausbreitungsrechnungen wurde vom Auftraggeber die Wind- und Ausbreitungsklassenstatistik der DWD-Station Dresden-Klotzsche zur Verfügung gestellt (**Abb. 5.1**). Die Hauptwindrichtung an dieser Station ist West. Bei südöstlichen Windrichtungen tritt ein Nebenmaximum auf.

Folgende Fälle wurden in Abstimmung mit dem Auftraggeber betrachtet:

I. Bodenquellen

Fall 1: Güllelager

Geometrie der Quelle: 25 m lang, 25 m breit, 2 m hoch

Konfiguration Umgebung: Wohnbebauung in 10 m, 50 m und 100 m Entfernung von der Quelle in Hauptwindrichtung, Höhe der Wohnbebauung: 8 m (**Abb. 5.2** oben)

Aufgabe: Berechnung der Geruchsbelastung entsprechend GIRL (GIRL Sachsen, 1993)

Fall 2: Dreiecksmiete

Geometrie der Quelle: 25 m lang, 3 m breit, 2 m hoch

Konfiguration Umgebung: wie bei Fall 1 (**Abb. 5.2** unten)

Aufgabe: wie bei Fall 1

II. Stall

Fall 3: ohne mechanische Entlüftung

Geometrie der Quelle: Länge 50 m, Breite 10 m, Höhe 6 m

Konfiguration Umgebung: wie bei Fall 1 (**Abb. 5.3** oben)

Aufgabe: wie bei Fall 1

Fall 4: mit mechanischer Entlüftung

Geometrie der Quelle: wie bei Fall 3

Konfiguration Umgebung: wie bei Fall 1 (**Abb. 5.3** oben)

Aufgabe: wie bei Fall 1

Fall 5: mit mechanischer Entlüftung

Geometrie der Quelle: wie bei Fall 3

Konfiguration Umgebung: wie Fall 3, nur mit Bewuchsstreifen vor der Stallanlage (**Abb. 5.3** unten)

Aufgabe: wie bei Fall 1

Fall 6: mit mechanischer Entlüftung

Geometrie der Quelle: wie bei Fall 3

Konfiguration Umgebung: Waldgebiet um Stall herum, Abstand Wald/Stall = 10 m, sonst wie Fall 4 (**Abb. 5.4**)

Aufgabe: Berechnung der Ammoniakkonzentrationswerte an den Baumkronen

Fall 7: mit mechanischer Entlüftung

Geometrie der Quelle: wie bei Fall 3

Konfiguration Umgebung: wie Fall 3, nur mit 10 %iger Neigung des Gebietes

Aufgabe: wie bei Fall 1

5.2 Emissionen

Die anzusetzenden Emissionsdaten wurden vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt. Folgende Werte wurden vorgegeben:

I Güllebehälter-Geruch (Fall 1)

- Emissionen abhängig von der Windgeschwindigkeit
- Emission = 0.2 GE/(m² · s) bei einer Windgeschwindigkeit von 0.1 m/s und einer Emissionskonzentration von 2.0 GE/m³

II Miete-Geruch (Fall 2)

- Spezifische Geruchsstoffemission: 400 000 GE/(m² · h), bei A = 125 m² 13 890 GE/s

III Stall mit und ohne Zwangslüftungs-Geruch (Fälle 3, 4, 5 und 7)

- Geruchsstoffemissionen = 816 GE/s
- Sommerlufrate = 15 360 m³/h
- Austrittsgeschwindigkeit bei Sommerlufrate = 10 m/s
- Anzahl der Abluftstutzen = 2
- Ableithöhe: 1.5 m über First (entspricht 7.5 m über Grund)
- Ablufttemperatur = 20 °C

IV Stall mit Zwangslüftung - Ammoniak (Fall 6)

- Ammoniakemission = 2.3 g/(h · GV)
- 0.3 GV/Tier
- 150 Tiere
- Sommerlufrate = 18 000 m³/h
- Austrittsgeschwindigkeit bei Sommerlufrate = 10 m/s
- Anzahl der Abluftstutzen = 2
- Ablufttemperatur = 20 °C.

zu I)

Der offene Güllebehälter stellt eine windinduzierte Geruchsquelle dar, deren Emissionen mit zunehmender Windgeschwindigkeit größer wird. Nach Bliss et al. (1995) besteht bei laminaren Strömungsverhältnissen zwischen der Windgeschwindigkeit und der Emission folgender Zusammenhang:

$$\text{Emissionen (E)} \sim \sqrt{\text{Windgeschwindigkeit}(u)}$$

Somit ergibt sich folgende Gleichung für die Emissionen:

$$\frac{E}{E_0} = \sqrt{\frac{u}{u_0}}$$

wobei E_0 die Emission bei einer Referenzwindgeschwindigkeit u_0 darstellt. Im vorliegenden Fall waren E_0 und u_0 vom Auftraggeber vorgegeben (siehe vorn), so daß die Emissionen berechnet werden konnten.

Nach o. g. Formel ergab sich nach Verschneidung mit der Windstatistik von Klotzsche ($\sqrt{u} = 2.99$ m/s) folgende mittlere spezifische Gesamtemission der Anlage:

$$1.1 \text{ GE}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}) - \text{entspricht } 685 \text{ GE/s.}$$

Bei der Ausbreitungsrechnung wurde diese Quelle als Volumenquelle oberhalb des Güllelagers simuliert, welche zunächst die Korrelation zwischen Meteorologie und Emissionen beinhaltet. In einer weiteren Rechnung wurde zum Vergleich dazu mit o. g. mittleren Emissionen gerechnet.

zu II)

Die o. g. mittleren Emissionen wurden gleichmäßig in Form von Volumenquellen um die Miete herum verteilt.

zu III)

Beim Stall ohne Zwangslüftung (Fall 3) wurden die Emissionen gleichmäßig über alle Seitenwände des betrachteten Stalles verteilt. In den Varianten mit Zwangslüftung (Fälle 4, 5 und 7) erfolgte die Emission über jeweils 2 Abluftstutzen mit verschiedenen Lüftungsraten. Ausgehend von der Verteilung der Luftraten entsprechend KTBL-Arbeitspapier 126 (1989) (**Tab. 5.1**) wurde in den hier betrachteten Fällen mit insgesamt 3 verschiedenen Lüftungsraten gerechnet. (**Tab. 5.2**), wobei jeweils die Sommer- und die hohe Luftrate sowie die kleine und die Winterluftrate zu einer Luftrate zusammengefaßt wurden.

Luftrate	Jahresstunden [%]
Sommerluftrate (100 % = Maximum)	10
Hohe Luftrate (80 % vom Maximum)	20
Mittlere Luftrate (40 % vom Maximum)	40
Kleine Luftrate (20 % vom Maximum)	20
Winterluftrate (10 % vom Maximum)	10

Tab. 5.1: Verteilung der Luftraten entsprechend KTBL-Arbeitspapier (1989).

Luftrate	Anteil an Sommerluftrate [%]	Anteil von Jahresstunden [%]
Hohe Luftrate	80	30
Mittlere Luftrate	40	40
Niedrige Luftrate	10	30

Tab. 5.2: Verteilung der Luftraten für die Ausbreitungsrechnung bei den Fällen 4, 5 und 7.

Abgasfahnenüberhöhungen wurden entsprechend VDI 3471 („Emissionsminderung Tierhaltung - Schweine“, 1986) berechnet. Die Emissionen wurden entsprechend den Vorgaben des Auftraggebers nicht variiert, sondern als mittlere Emission angenommen. Am Ende der Ausbreitungsrechnung wurden die 3 Ergebnisse entsprechend dem jeweiligen Zeitanteil gewichtet gemittelt.

zu IV:

Die zeitliche Verteilung der Lüftungsraten erfolgte ebenfalls wie in **Tab. 5.2** beschrieben, die Berechnung der Abgasfahnenüberhöhung wurde ebenso mit Hilfe der Vorschrift der Richtlinie VDI 3471 („Emissionsminderung Tierhaltung - Schweine“, 1986) durchgeführt. Für die mittlere Ammoniakemission wurde aus dem Angaben des Auftraggebers ein Betrag von 28.75 mg NH₃/s errechnet.

Die **Tab. 5.3** zeigt eine zusammenfassende Übersicht über die angesetzte Emission sowie Emissionsbedingungen.

5.3 Vorgehensweise

Die Ausbreitungsrechnungen erfolgten für alle zu betrachtenden Fälle mit der Kombination der Modelle MISKAM und LASAT. Zunächst wurden dreidimensionale Strömungsfelder

Tab.5.3

(Windrichtung und Windgeschwindigkeit) für den Fall der neutral geschichteten Atmosphäre mit dem mikroskaligen Strömungsmodell MISKAM berechnet. Hierbei wurden die einzelnen Gebäude und Quellen mit ihren Abmessungen (Höhe, Grundriß) und Positionen im Gelände explizit berücksichtigt. Bei Fall 6 wurde eine horizontale Auflösung des Rechengitters von 3 m, bei den anderen Fällen um 2 m gewählt. Als Rauigkeitslängen wurden auch in Absprache mit dem Auftraggeber folgende Werte als Standardwerte angesetzt:

Rauhigkeitslänge für Initialwindfeld: $z_o = 15 \text{ cm}$

Rauhigkeitslänge für Erdboden innerhalb des Gebietes: $z_o = 15 \text{ cm}$

Rauhigkeitslänge für Dächer und Wände: $z_o = 5 \text{ cm}$.

Bei den Fällen 5 und 6 sollten Waldgebiete mitbetrachtet werden. Diese nehmen bei Strömungsbetrachtungen eine Sonderstellung ein, da sie teilweise durchströmbar sind. In der zur Zeit aktuellen MISKAM-Version (Version 3.6) ist die explizite Implementierung solcher Strömungshindernisse jedoch noch nicht vorgesehen. Es besteht aber die Möglichkeit, räumlich veränderliche Rauigkeitslängen (z_o) einzugeben. Eine Erhöhung von z_o im Bereich des Waldes würde dabei eine Reduktion der Windgeschwindigkeit sowie eine Erhöhung der Turbulenz innerhalb des Waldgebietes und an den angrenzenden Flächen mit sich bringen. Dies allein beschreibt jedoch die Strömung innerhalb von Waldgebieten nicht vollständig, da das Strömungsfeld in einem solchen Gebiet sich von Erdboden abhebt (Nullpunktsverschiebung), was im MISKAM nicht explizit modelliert werden kann. Dies führt vor allem bei Betrachtungen im Nahbereich des Waldes zu Fehlern bei der Ausbreitungsrechnung. Aus diesem Grund wurde folgendermaßen vorgegangen:

Die Waldgebiete ($H = 10 \text{ m}$) wurden in den unteren 6 m als undurchlässige Hindernisse simuliert. Gleichzeitig wurde innerhalb der Rechengebiete mit Wald die Rauigkeitslänge für die Wände und Dächer von standardmäßig 5 cm auf 20 cm erhöht. Dies trägt der erhöhten Rauigkeit sowie dem Abheben des Windprofils innerhalb der Waldgebiete Rechnung, wobei die so simulierten Waldgebiete einen sehr dichten Wald mit viel Unterholz darstellen.

Topographische Einflüsse können mit MISKAM standardmäßig nicht berücksichtigt werden. Um dennoch für den Fall 7 (mikroskalige Gebäudeumströmung inklusive topographische Einflüsse) Aussagen abzuleiten, wurden die topographischen Verhältnisse als undurchlässige Hindernisse in das Modell integriert. Dies hat jedoch den Nachteil, daß die Neigung des Geländes nicht allmählich erfolgen kann, sondern das „künstliche“ Stufen im Modell

entstehen, die natürlich von der jeweiligen horizontalen und vertikalen Auflösung abhängig sind.

Die mit MISKAM berechneten Strömungsfelder wurden von dem LASAT-Ausbreitungsmodell, welches die Turbulenz- und Ausbreitungsrechnung für alle Stabilitätszustände der Atmosphäre durchführte übernommen.

Unter Einbeziehung der meteorologischen Zeitreihen der DWD-Station Dresden-Klotzsche erfolgte flächendeckend für jede meteorologische Situation die Bestimmung der Geruchsstoffkonzentrationen sowie deren Häufigkeitsverteilung (bzw. für Fall 6 Ammoniakkonzentrationen).

Bei der Untersuchung von Geruch wurden danach die Geruchswahrnehmungshäufigkeiten mit Hilfe des Faktor 4-Modells (entsprechend Lohmeyer et al., 1998) bestimmt.

Zum Aufzeigen der Einflüsse einzelner Gebäude auf das Strömungsfeld und damit auch auf die Verteilung der Geruchsüberschreitungshäufigkeiten wurde für ein Beispiel (Fall 4) zusätzlich zum Fall mit 3 Gebäuden in Hauptwindrichtung ein Fall berechnet, bei dem das nächstgelegene Gebäude weggelassen wurde.

5.4 Ergebnisse

Die Ergebnisse der Ausbreitungsrechnungen sind in den **Abb. 5.5** bis **5.12** zu entnehmen.

Die im Fall 1 unter Berücksichtigung der entsprechend der Windgeschwindigkeit variierenden Emissionen berechneten Geruchsüberschreitungshäufigkeiten (GÜH) in Nahbereich des betrachteten Güllelagers sind in **Abb. 5.5a** dargestellt. Im Nahbereich des Güllelagers sind die berechneten Geruchsüberschreitungshäufigkeiten deutlich größer als der Immissionswert für Wohnbebauung entsprechend GIRL (10 % des Jahres). In Hauptwindrichtung, in der sich auch die zu betrachtenden Wohngebäude befinden, reicht die 10 %-Isolinie außerhalb des Einflußbereiches der Gebäude bis in eine Entfernung von ca. 120 m von der Quelle. Die einzelnen Wohngebäude bewirken in Lee zur Hauptwindrichtung eine bessere Verdünnung der Geruchsstoffe, so daß im direkten Bereich der Gebäude die 10 %-Marke bereits ab einer Entfernung von ca. 100 m von der Quelle erreicht wird. Der Verdünnungseffekt der Gebäude in Lee zeigt sich auch deutlich am der Quelle nächstgelegenen Wohnhaus. Die Isolinien für die GÜH werden aufgrund dieses Gebäudes hinter demselben in Richtung Quelle „umgebogen“ (**Abb. 5.5a**), was einer verringerten GÜH in Gebäudenähe im

5

13

Vergleich zur Umgebung entspricht. Das Verhalten am quellnächsten Gebäude in Luv zur Hauptwindrichtung wird unter Fall 4 diskutiert, wo Rechnungen mit und ohne nächstgelegenen Wohnhaus durchgeführt wurden. Der **Abb. 5.5a** läßt sich weiterhin entnehmen, daß die GÜH in anderen Bereichen z. T. bereits in deutlich geringerer Entfernung von der Quelle unter den Immissionswert von 10 % sinken. Dies ist vor allem in dem Bereich süd-südwestlich der Quelle der Fall, wo die 10 %-Isolinie einen Abstand von nur ca. 20 m vom Güllelager hat. Dies ist durch die sehr geringe Auftretenshäufigkeit von Nord-Nordostwinden in Klotzsche bedingt (siehe auch **Abb. 5.1**).

Bei dem im Fall 1 zu betrachtenden Güllelager handelte es sich um eine windinduzierte Geruchsquelle. Dies bedeutet folgendes:

Bei hohen Windgeschwindigkeiten ($v > 2.99$ m/s) sind die Emissionen größer als der Mittelwert, während bei niedrigeren Windgeschwindigkeiten ($v < 2.99$ m/s) in der Realität niedrigere Emissionen auftreten. In welche Richtung dieser Effekt in Bezug auf das Gesamtergebnis wirkt, ist stark von der Quellkonfiguration, der Stärke der Emission sowie von der Umgebung abhängig. Um diesen Effekt zu untersuchen, wurde der hier betrachtete Fall 1 nochmals gerechnet, in dem die o. g. mittleren Emissionen berücksichtigt wurden. Die Ergebnisse dazu sind in **Abb. 5.5b** dargestellt. Der Unterschied in den GÜH war für dieses Beispiel gering (vergleiche **Abb. 5.5a** und **5.5b**). Dies läßt sich jedoch nicht verallgemeinern.

Die Ergebnisse für den Fall 2 (Miete) sind in **Abb. 5.6** dargestellt. Die Geruchsstoffemissionen sind für diesen Fall deutlich höher als bei Fall 1. Aus diesem Grund reicht die 10 %-Isolinie in Hauptwindrichtung weit über das Untersuchungsgebiet hinaus. Selbst am weitesten entfernten Wohnhaus werden Geruchsüberschreitungshäufigkeiten von mehr als 25 % errechnet. Der verdünnende Einfluß der Gebäude in Lee zur Hauptwindrichtung wirkt sich im Fall 2 nicht bzw. geringer auf die GÜH aus. Dies ist dadurch bedingt, daß die Geruchsstoffemissionen aus der Anlage so groß sind, daß eine stärkere Verdünnung der Geruchsstoffe durch die Gebäude keine Unterschreitung des Geruchsschwellenwertes bewirkt. Auch beim Fall 2 treten süd-südöstlich der Quelle Bereiche auf, in denen die 10 %-Isolinie sehr nah an die Quelle heranreicht. Die Ursache hierfür ist erneut in der Windstatistik von Dresden-Klotzsche zu suchen.

Die **Abb. 5.7** und **5.8** zeigen die GÜH für die Fälle 3 und 4. Bei Fall 3 macht sich am 2. und 3. Haus der verdünnende Effekt der Gebäude in Lee zur Hauptwindrichtung bemerkbar. Die 10 %-Isolinie reicht auch bei diesem Fall in Hauptwindrichtung bis zum 3. Wohnhaus in 100 m Entfernung zur Quelle heran (**Abb. 5.7**). Bei dem Fall 4 werden im Vergleich zu Fall 3

geringere GÜH berechnet. Der Einfluß der Wohnhäuser macht sich hier bei allen 3 Gebäuden bemerkbar. Um dies genauer zu verdeutlichen, wurde eine weitere Ausbreitungsrechnung analog zu Fall 4 durchgeführt, bei der das 1. Wohnhaus in 10 m Entfernung zur Quelle bei der Strömungsrechnung nicht berücksichtigt wurde (Fall 4_2H). Ansonsten wurden die Eingangsdaten von Fall 4 unverändert übernommen. Die Ergebnisse dieser Berechnung sind in **Abb. 5.9** dargestellt.

Ein Vergleich dieser Abbildung mit **Abb. 5.8** zeigt, daß für den hier betrachteten Fall die GÜH bis in eine Entfernung von ca. 50 m von der Quelle in Hauptwindrichtung von dem 1. Gebäude im unmittelbaren Nahbereich der Quelle beeinflusst wird. So treten am weitesten entfernten Wohnhaus bei beiden Berechnungen etwa die selben Geruchshäufigkeiten auf. Im Nahbereich des 1. und 2. Hauses sind jedoch Unterschiede zu erkennen. Zwischen Quelle und dem 1. Wohnhaus sowie ober- und unterhalb dieses Wohnhauses werden im Fall 4_2H niedrigere GÜH berechnet als im Fall 4. Umgekehrt werden im Nachlauf des 1. Hauses im Fall 4_2H etwas höhere GÜH berechnet. Am 2. Wohnhaus beträgt dieser Unterschied etwa +2 % GÜH.

Im allgemeinen wird der Einfluß solcher nahegelegenen Gebäude sehr von der Größe und Orientierung dieses Gebäudes sowie von der Quellkonfiguration abhängig sein.

Die Ergebnisse für den Fall 5 sind der **Abb. 5.10** zu entnehmen. Am 2. und 3. Wohnhaus (Entfernung 50 m bzw. 100 m von der Geruchsquelle) werden bei Fall 5 ähnliche Belastungen wie bei Fall 4 berechnet. Im Nahbereich der Quelle sind Unterschiede zu erkennen. Oberhalb und unterhalb des 1. Wohnhauses treten im Fall 5 höhere GÜH auf als im Fall 4. Die Unterschiede belaufen sich auf bis zu 10 % GÜH. Westlich der Quelle werden beim Fall mit Wald (Fall 5) lokal geringere GÜH berechnet als beim Fall ohne denselben.

Die für den Fall 6 berechneten jahresmittleren Ammoniakkonzentrationen für den Bereich der Baumkronen sind in **Abb. 5.11** dargestellt. In Höhe der Baumkronen (in ca. 9 m über Grund) werden im betrachteten Fall direkt über den Ausblasöffnungen mit ca. $90 \mu\text{g NH}_3/\text{m}^3$ sehr hohe Ammoniakbelastungen berechnet. Davon ist jedoch kein Wald betroffen. Im Bereich des Waldes werden aber auch z. T. Belastungen erwartet, die größer als der Orientierungswert für empfindliche Ökosysteme ($10 \mu\text{g NH}_3/\text{m}^3$) sind. Dies betrifft insbesondere einen ca. 20 m breiten Waldstreifen östlich sowie einen kleineren Bereich nordwestlich der Stallanlage.

Da bei Ammoniak mittlere Konzentrationen und keine Überschreitungshäufigkeiten oder Perzentile betrachtet werden, können die berechneten Belastungen (= Zusatzbelastungen) bei sonst gleichen Bedingungen der Emission mit Hilfe eines Dreisatzes aus den Emissionen ermittelt werden, da die Zusatzbelastungen proportional zu den Emissionen ansteigen.

Die Ergebnisse für den Fall 7 sind in **Abb. 5.12** dargestellt. Im Vergleich zum Fall 4 treten an den ersten beiden Gebäuden höhere GÜH auf, am 3. Gebäude sind die Belastungen ähnlich. Die Unterschiede sind plausibel: Im Fall 7, in dem sich die Wohnhäuser in Richtung Osten auf einer nach oben geneigten Ebene befinden (Längsneigung +10 %), trifft die Abluffahne des westlich gelegenen Stallgebäudes bei westlichen Windrichtungen direkt auf das erste Wohngebäude auf. Der Bereich, in denen die Geruchsbelastungen berechnet werden (ca. 1.5 m über Grund), befindet sich am Gebäude 1 im Fall 7 ca. 2 m höher als im Fall 4, also näher am Zentrum der Abgasfahne, dran. Somit werden dort im Fall 7 höhere Geruchsstoffkonzentrationen als im Fall 4 berechnet, was im betrachteten Fall auch eine Erhöhung der GÜHen bewirkt.

Aus ähnlichen Gründen sind auch die GÜHen am Haus 2 bei Fall 7 größer als bei Fall 4. Zwischen 2. und 3. Haus kehrt sich der Effekt um. Dort werden im Fall mit Längsneigung gleiche bis niedrigere GÜHen berechnet. In diesem Bereich liegt die Geländeoberkante im Vergleich zum Bereich, wo sich der betrachtete Stall befindet, etwa 8 - 10 m höher und somit oberhalb der geometrischen Emissionshöhe der Anlage. Dies bewirkt dort eine bessere Durchmischung der Schadstoffe im Vergleich ohne Längsneigung.

Zwischen Haus 2 und 3 wird der erstgenannte Effekt, der eher eine Erhöhung der GÜHen im Vergleich zum ebenen Fall bewirkt, durch den 2. Effekt kompensiert bzw. leicht überkompensiert.

6 LITERATUR

- Bliss, P. J., Jiang, K., Schulz, T. J. (1995): The Development of a Sampling System for the Determination of Odor Emission Rates from Areal Surfaces: Part II. Mathematical Model. Air & Waste Manage. Assoc. Vol. 45, 989 - 994.
- Both, R., Essers, K.-H., Gliwa, H., Külske, S. (1995): Untersuchungen zur Geruchsausbreitung und Geruchserhebung an einem großen Schweinemastbetrieb. Jahresbericht 1995. Hrsg.: Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen (LUA NRW).
- De Haan, Peter Jan (1999): Predicting concentration fluctuations with a puff-particle model, and its evaluation using draft ASTM practice Z6849Z. Sixth International Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion - Modelling für Regulatory Purposes. Organised by Coria - UMR 6614, CNRS-Universite & Insa de Rouen, France, 11-14 October 1999 (<http://www.coria.fr>).
- Eichhorn, J. (1998): MISKAM Handbuch Version 3.6. Giese-Eichhorn Umweltmeteorologische Software. Wackersheim, Oktober 1998.
- Enderle, Dr. K.-H., Richter, C.-J. (1998): Vergleich einzelner Rechenmodelle in der Praxis. Vortrag auf Veranstaltung des VDI-Bildungswerkes im Oktober 1998 in Mannheim.
- Fackrell J.E., Robins A.G. (1982): The effects of source size on concentration fluctuations in plumes. Boundary-Layer Meteorology 22, pp 335-350.
- IFU GmbH (1998a): Anforderungen an die Datenerhebung zur Bestimmung der Geruchsausbreitungen in der Umgebung einer Anlage / Konzept der Auswertung von Mehrfach-Fahnenbegehungen, Gutachten im Auftrag der TLU Jena.
- IFU GmbH (1998b): Projekt Gommla - Originaldaten (CD-ROM).
- IFU GmbH (1999): Persönliche Information zu den Begehungsdaten.
- Janicke, L. (1985): Particle simulation of dust transport and deposition and comparison with conventional models. In: Air pollution modeling and its application IV (Hrsg.: De Wispelaere). Plenum Press, New York.
- Janicke, L. (1998): Ausbreitungsmodell LASAT. Handbuch zu Version 2.8. Ingenieurbüro Dr. Lutz Janicke, Alter Postweg 21, 26427 Dunum.

Janicke, L. (1999): Website, www.janicke.de.

KTBL (1989): Handbuch der VDI-Richtlinien 3471 Schweine und 3472 Hühner, Emissionsminderung Tierhaltung, KTBL-Arbeitspapier 126. Hrsg. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V., Darmstadt.

LAI (1999): Feststellung und Beurteilung von Geruchsimmissionen (Geruchsimmissions-Richtlinie) mit Begründung und Auslegungshinweisen vom 07.05.1999.

Lohmeyer, A., Rühling, A. (1998): FuE-Vorhaben „Modellierung des Ausbreitungsverhaltens von luftfremden Schadstoffen/Gerüchen bei niedrigen Quellen im Nahbereich“. Auftraggeber: Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie. Dezember 1998.

Plate, E J. (1982): Engineering meteorology. Elsevier, Amsterdam. ISBN 0-444-41972-1.

Sawford B.L., Frost C.C., Allan T.C. (1985): Atmospheric Boundary-Layer measurements of concentration statistics from isolated and multiple sources. Boundary-Layer Meteorology 31, pp 249-268.

Sächs. Geruchsimmissionsrichtlinie GIRL (1993): Verwaltungsvorschrift des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landesentwicklung zur Feststellung und Beurteilung von Geruchsimmissionen. Sächs. Amtsblatt Nr. 17, S. 514-521.

Thomson D.J. (1990): A stochastic model for the motion of particle pairs in isotropic high-Reynolds-number turbulence, and its application to the problem of concentration variance. J. Fluid Mech. Vol.210, pp. 113-153.

VDI 3782 Blatt 3 (1985): Berechnung der Abgasfahnenüberhöhung. VDI-Handbuch Reinhaltung der Luft, Band 1. Düsseldorf, Verein Deutscher Ingenieure.

VDI 3882 Blatt 1 (1992): Olfaktometrie, Bestimmung der Geruchsintensität. Beuth Verlag, Berlin, Oktober 1992.

VDI 3471 (1986): Emissionsminderung Tierhaltung - Schweine. VDI-Handbuch Reinhaltung der Luft, Band 3. Düsseldorf, Verein Deutscher Ingenieure.

Wieringa, J. (1993): Representative roughness parameters for homogeneous terrain. Bound.-Layer Met., 63, pp. 323-363.

A N H A N G A 1:
BEGEHUNGSDATEN GOMMLA

**A N H A N G A 2:
BESCHREIBUNG LASAT**

**A N H A N G A3:
BESCHREIBUNG MISKAM**

A N H A N G A4:
BESCHREIBUNG DES BEILIEGENDEN DATENMATERIALS

A4 BESCHREIBUNG DES BEILIEGENDEN DATENMATERIALS

Dem Bericht liegen insgesamt 3 CD's mit Datenmaterial bei. Dabei handelt es sich um Eingangs-, Zwischenergebnis- und Endergebnisdateien zum Themenkomplex „Berechnung definierter Einzelfälle entsprechend GIRL“ aus Kapitel 5.

Die ersten beiden CD's enthalten die MISKAM-Eingangsdaten der betrachteten Fälle und die jeweils berechneten Strömungsfelder in 10°-Schritten. Für jeden Fall wurde ein abgetrenntes direktory erstellt, unter dem alle zugehörigen Informationen zu finden sind. Die MISKAM-Werte für Fall 4 sind mit denen von Fall 3 identisch (gleiche Strömungsbedingungen), so daß dieser Fall bei den MISKAM-Daten nicht extra ausgewiesen wird.

Für Fall 3 wurden 2 verschiedene Strömungsrechnungen durchgeführt, zum einem mit 3 und zum anderen mit nur 2 Wohnhäusern. Die Ergebnisse und Eingangsdaten dazu sind unter „Fall 3“ jeweils in Extra-direktories zu finden („Fall3_3Haus“ und „Fall3_2Haus“). Die Eingangsdaten sind jeweils in einem direktory „ein“ und die berechneten Strömungsfelder in einem direktory „aus“ eingeordnet. Zur Beschreibung der Dateien siehe Eichhorn (1998).

Die LASAT-Eingangs- und Ergebnisdateien sind auf der dritten CD zu finden. Auch hier erfolgte eine Einteilung in die einzelnen betrachteten Fälle 1 bis 7. Die LASAT-kompatiblen Windfelder, die aus den Strömungswindfeldern der MISKAM-Rechnung ermittelt wurden, sind jeweils in einem Unterdirectory „wnd“ eingeordnet. Die restlichen Eingangs- und Ergebnisdateien befinden sich für die Fälle 2, 3, 5, 6 und 7 direkt im Verzeichnis für den jeweiligen Fall. Bei Fall 1 wurden 2 verschiedene LASAT-Rechnungen durchgeführt (siehe Text in Kapitel 5), für die die Windfelder jeweils gleich waren.

Unter „Fall1_EINH“ stehen die Eingangs- und Ergebnisfiles für die Rechnung mit einer mittleren Emission, unter „Fall1_VARI“ die entsprechenden Files für die Rechnung mit variablen Emissionen in Abhängigkeit von der anliegenden Windgeschwindigkeit (windinduzierte Quelle).

Fall 4 wurde unterteilt in ein direktory „Fall4_3HAUS“ (Windfelder sind denen von Fall3 gleich und nicht explizit nochmals ausgewiesen) und ein direktory „Fall4_2HAUS“. Zur Dateibeschriftung der LASAT-Eingangs- und Ergebnisfiles siehe Janicke (1998).