



Validierung von MEPOD: Fahnenbegehungen des LUA NRW im Jahr 1992

L. Janicke, Juni 1999

Die vom Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen im August und November 1992 durchgeführten Fahnenbegehungen (siehe Dokument `luanrw-92dat.pdf`) wurden mit dem Geruchs-Ausbreitungsmodell MEPOD (Programm *IBJmepod* Version 1.6.d) nachgerechnet. Zwischen dem 24. und dem 28. August wurden 50 Fahnenbegehungen (Dauer jeweils 10 Minuten) mit im Schnitt mehr als 12 Probanden durchgeführt, zwischen dem 2. und dem 6. November 29 Fahnenbegehungen mit im Schnitt 9 bis 10 Probanden. 4 Begehungen (04.11.1992 nach 10 Uhr) sind nicht verwertbar, da zu ihnen die meteorologischen Daten fehlen. Damit stehen 75 Fahnenbegehungen mit im Schnitt 11 Meßpunkten pro Begehung für einen Vergleich zur Verfügung.

Darstellung der Quelle

Die Quelle besteht aus zwei baugleichen Ställen von jeweils 58 m Länge und 38 m Breite, die mit einem Abstand von 24 m nebeneinander liegen. Die Richtung der Längsseite ist 15 Grad gegen Nord im Uhrzeigersinn. Der Mittelpunkt der Anlage hat den Rechtswert 47575 und den Hochwert 30075. Er wird bei den Ausbreitungsrechnungen als neuer Nullpunkt des Koordinatensystems verwendet.

Da die Abluft über viele Dachreiter (24 pro Stall, Freisetzungshöhe 7 bis 8 m über Grund) abgeführt wird, die auf dem relativ flachen Satteldach verstreut angebracht sind, kann nicht von einer freien Abströmung der Abluft ausgegangen werden. Um die Vermischung mit dem Nachlauf der Gebäudeumströmung und die Verringerung der effektiven Quellhöhe durch die Abwärtsbewegung der Strömung im Lee (*downwash*) zu modellieren, wird jeder Stall als Volumenquelle angesetzt, die gleichmäßig zwischen 0 und 5 m Höhe emittiert.

Meteorologische Daten

Meteorologische Parameter wurden mit einem Ultraschall-Anemometer (USAT3) als 10-Minuten-Mittelwerte gemessen. Aus den Turbulenzdaten wurde mit Hilfe des Grenzschichtmodells in MEPOD auf eine Rauigkeitslänge $z_0 = 0.033$ m geschlossen. Dieser Wert wurde für alle Rechnungen verwendet. Für die Ausbreitungsrechnung wurden folgende Meßgrößen verwendet:

- Windrichtung
- Windgeschwindigkeit u
- Monin-Obukhov-Länge L_M
- Windfluktuation σ_v
- Windfluktuation σ_w



Falls das Zeitintervall der Begehung Daten aus zwei Mittelungsintervallen des USAT enthält, wurden die Daten aus beiden Intervallen anteilmäßig verwendet.

Die Monin-Obukhov-Länge L_M ist der Reziprokwert des Meßwertes MO_s . Gelegentlich fehlt dieser Wert jedoch im Meßprotokoll. In diesen Fällen wurde ein per Hand interpolierter Wert eingesetzt und eine entsprechende Anmerkung im Protokoll-File eingefügt. Als Mischungsschichthöhe wurde bei labiler Schichtung der Wert 800 m verwendet, bei stabiler Schichtung wurde sie vom Grenzschichtmodell berechnet.

Festlegung der Feldgeruchsschwelle

Das LUA weist darauf hin, daß für die Emissionsbestimmung ein anderes Probandenkollektiv verwendet wurde als für die Fahnenbegehungen, bei dem man auch von einer anderen mittleren Geruchsempfindlichkeit ausgehen muß. Dies wurde durch eine empirische Anpassung der Feldgeruchsschwelle $c_{F;0}$ (Parameter **Gs**) berücksichtigt. Hierzu wurde durch Testrechnungen für beide Begehungszeiträume separat derjenige Wert von **Gs** bestimmt, der im Mittel bei den Rechnungen zur gleichen mittleren Geruchshäufigkeit führt, wie sie bei den Begehungen beobachtet wurde. Dies nimmt der Validierungsrechnung zwar einen Teil ihrer Aussagekraft, aber es bleiben noch die Korrelationen zwischen beobachteten und berechneten Häufigkeiten als Basis für eine Beurteilung.

Untersucht man die beobachteten Geruchshäufigkeiten, dann erkennt man, daß benachbart stehende Probanden oft sehr unterschiedliche Geruchshäufigkeiten protokollieren. Auch wenn alle Probanden in einer Reihe quer zur Fahne stehen, ist ein glatter Verlauf der Häufigkeit über die einzelnen Positionen hinweg nach Art einer Gaußschen Glockenkurve in der Regel nicht zu erkennen. Das liegt einmal an den Unterschieden zwischen den Probanden. Zum anderen bewirkt die Grobstruktur der Luftturbulenz, daß der Geruchsstoff ungleichmäßig verteilt wird, und bei einer Mittelungszeit von nur 10 Minuten ist mit relativ großen Abweichungen vom Erwartungswert zu rechnen.

Eine bessere Basis für einen Vergleich bietet die quer zur Fahne gemittelte Geruchshäufigkeit. Sie ist näherungsweise durch den Mittelwert über alle Probanden gegeben, aber nur, wenn die Positionen der Probanden die Fahne auch einigermaßen überdecken. Dies wurde bei denjenigen Begehungen als gegeben angenommen, bei denen links und rechts von der gemessenen Windrichtung mindestens drei Probanden standen (Auswahl A). Bei den anderen Begehungen (Auswahl B) wurde die Gruppe der Probanden von der Fahne nur gestreift, so daß ein Mittelwert nicht zuverlässig bestimmbar ist. Zur Bestimmung der Feldgeruchsschwelle wurde nur die Auswahl A verwendet.

Bei der beschriebenen Mittelung geht auch Information verloren, beispielsweise über die Fahnenbreite. Es kann passieren, daß eine schmale Fahne mit entsprechend höherer Geruchshäufigkeit in der Fahnenmitte zum gleichen Mittelwert führt wie eine breite, flache Fahne. Um die Fahnenbreite zu kontrollieren, wurde untersucht, wieviele Probanden eine Geruchshäufigkeit größer oder gleich 0.1, also Geruchsbelästigung nach der Definition der Geruchsstunde, festgestellt haben, und diese Anzahl mit dem von MEPOD prognostizierten Wert verglichen.



Ergebnisse

In den folgenden Tabellen sind die Ergebnisse dargestellt. Es bedeuten:

- Fr Berechnete mittlere Geruchshäufigkeit (%)
- Fb Beobachtete mittlere Geruchshäufigkeit (%)
- Nr Berechnete Anzahl von Positionen mit Geruchsbelästigung
- Nb Beobachtete Anzahl von Positionen mit Geruchsbelästigung

Auswahl A:

| Datum | Zeit | Fr | Fb | Nr | Nb |
|----------|-------|----|----|----|----|
| 24.08.92 | 10:00 | 22 | 33 | 7 | 6 |
| 24.08.92 | 12:27 | 15 | 18 | 8 | 8 |
| 24.08.92 | 16:00 | 24 | 30 | 7 | 9 |
| 24.08.92 | 16:20 | 27 | 32 | 7 | 7 |
| 25.08.92 | 11:20 | 35 | 38 | 8 | 7 |
| 25.08.92 | 14:15 | 13 | 18 | 6 | 9 |
| 25.08.92 | 15:53 | 22 | 22 | 6 | 8 |
| 25.08.92 | 16:10 | 32 | 31 | 7 | 9 |
| 26.08.92 | 10:30 | 10 | 14 | 3 | 6 |
| 26.08.92 | 10:47 | 10 | 8 | 3 | 5 |
| 26.08.92 | 11:16 | 6 | 8 | 5 | 7 |
| 26.08.92 | 13:53 | 5 | 8 | 3 | 4 |
| 26.08.92 | 14:24 | 6 | 10 | 3 | 6 |
| 26.08.92 | 14:47 | 9 | 12 | 5 | 4 |
| 26.08.92 | 15:28 | 24 | 29 | 8 | 9 |
| 27.08.92 | 09:17 | 22 | 23 | 5 | 7 |
| 27.08.92 | 09:40 | 21 | 21 | 5 | 7 |
| 27.08.92 | 10:13 | 16 | 16 | 7 | 5 |
| 27.08.92 | 10:37 | 19 | 13 | 7 | 6 |
| 27.08.92 | 11:50 | 7 | 10 | 3 | 4 |
| 27.08.92 | 14:18 | 33 | 34 | 8 | 10 |
| 27.08.92 | 14:37 | 31 | 25 | 8 | 8 |
| 27.08.92 | 15:05 | 15 | 8 | 5 | 6 |
| 27.08.92 | 15:28 | 29 | 18 | 10 | 7 |
| 28.08.92 | 09:05 | 26 | 21 | 8 | 5 |
| 28.08.92 | 10:06 | 18 | 19 | 6 | 6 |
| 28.08.92 | 10:42 | 15 | 4 | 7 | 2 |
| 28.08.92 | 14:07 | 36 | 22 | 9 | 8 |



Auswahl B:

| Datum | Zeit | Fr | Fb | Nr | Nb |
|----------|-------|----|----|----|----|
| 24.08.92 | 10:40 | 2 | 9 | 1 | 3 |
| 24.08.92 | 11:10 | 1 | 6 | 0 | 4 |
| 24.08.92 | 11:45 | 8 | 15 | 5 | 7 |
| 24.08.92 | 14:36 | 10 | 10 | 6 | 3 |
| 24.08.92 | 14:57 | 11 | 9 | 6 | 6 |
| 24.08.92 | 15:28 | 14 | 18 | 6 | 9 |
| 25.08.92 | 09:10 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 25.08.92 | 09:38 | 23 | 25 | 7 | 7 |
| 25.08.92 | 10:10 | 1 | 12 | 0 | 5 |
| 25.08.92 | 11:00 | 21 | 28 | 5 | 9 |
| 25.08.92 | 11:47 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 25.08.92 | 13:50 | 5 | 4 | 3 | 2 |
| 25.08.92 | 14:45 | 5 | 4 | 2 | 1 |
| 25.08.92 | 15:15 | 10 | 9 | 4 | 3 |
| 26.08.92 | 09:30 | 11 | 13 | 3 | 7 |
| 26.08.92 | 09:55 | 2 | 10 | 1 | 4 |
| 26.08.92 | 11:40 | 4 | 10 | 2 | 7 |
| 27.08.92 | 11:26 | 7 | 9 | 3 | 4 |
| 28.08.92 | 09:32 | 11 | 15 | 3 | 5 |
| 28.08.92 | 11:34 | 20 | 5 | 7 | 3 |
| 28.08.92 | 14:28 | 29 | 9 | 7 | 4 |
| 28.08.92 | 14:52 | 21 | 15 | 5 | 5 |

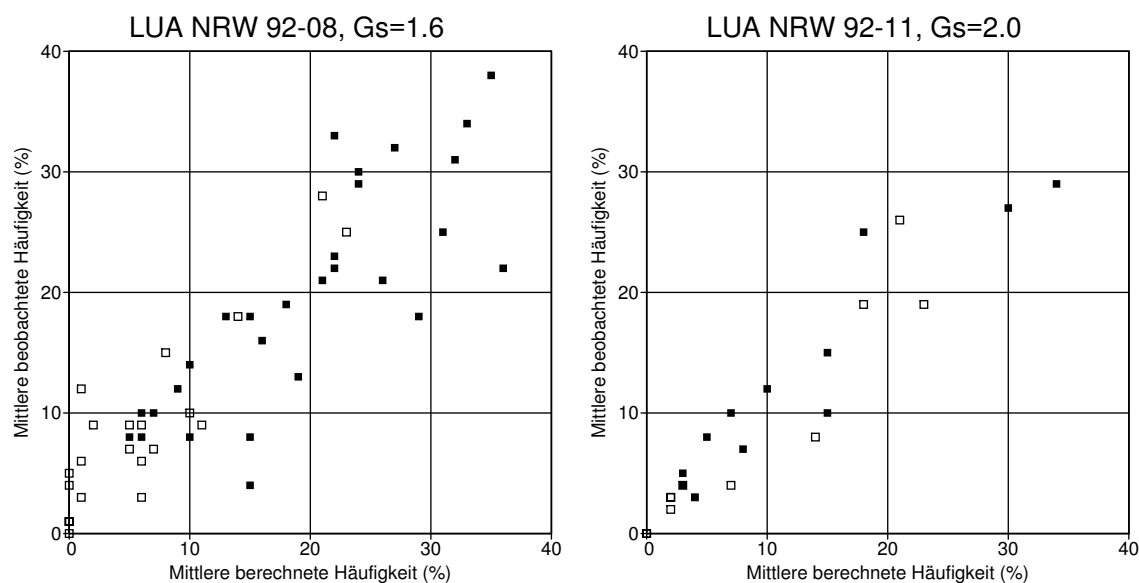
Auswahl A:

| Datum | Zeit | Fr | Fb | Nr | Nb |
|----------|-------|----|----|----|----|
| 02.11.92 | 08:18 | 34 | 29 | 5 | 8 |
| 02.11.92 | 08:38 | 30 | 27 | 7 | 10 |
| 02.11.92 | 09:45 | 15 | 15 | 4 | 3 |
| 03.11.92 | 08:46 | 18 | 25 | 3 | 5 |
| 03.11.92 | 09:46 | 15 | 10 | 4 | 3 |
| 03.11.92 | 10:47 | 8 | 7 | 3 | 4 |
| 03.11.92 | 11:15 | 10 | 12 | 4 | 3 |
| 03.11.92 | 11:42 | 23 | 23 | 6 | 6 |
| 03.11.92 | 12:05 | 11 | 11 | 4 | 4 |
| 04.11.92 | 08:16 | 25 | 25 | 5 | 5 |
| 04.11.92 | 08:43 | 15 | 12 | 3 | 2 |
| 04.11.92 | 09:03 | 14 | 20 | 3 | 3 |
| 04.11.92 | 09:37 | 14 | 15 | 4 | 4 |

Auswahl B:

| Datum | Zeit | Fr | Fb | Nr | Nb |
|----------|-------|----|----|----|----|
| 02.11.92 | 09:08 | 14 | 8 | 2 | 2 |
| 03.11.92 | 08:24 | 21 | 26 | 2 | 3 |
| 03.11.92 | 09:15 | 18 | 19 | 3 | 4 |
| 06.11.92 | 08:00 | 58 | 19 | 7 | 4 |
| 06.11.92 | 08:14 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 06.11.92 | 08:42 | 23 | 19 | 2 | 3 |
| 06.11.92 | 09:10 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 06.11.92 | 09:27 | 2 | 0 | 1 | 0 |
| 06.11.92 | 10:30 | 2 | 10 | 1 | 2 |
| 06.11.92 | 10:50 | 7 | 9 | 2 | 1 |
| 06.11.92 | 11:10 | 11 | 15 | 2 | 4 |
| 06.11.92 | 11:30 | 11 | 7 | 3 | 1 |

Der Korrelation von berechneten und beobachteten mittleren Geruchshäufigkeiten ist in den folgenden Bildern noch einmal dargestellt:



Die ausgefüllten Quadrate gehören zur Auswahl A, die offenen zur Auswahl B. Die Werte der August-Begehungen (linkes Bild) streuen deutlich stärker als die vom November. Das liegt sicher an den meteorologischen Bedingungen, denn bei labiler Schichtung im Sommer sind die Ausbreitungsbedingungen sehr viel unsicherer als bei neutraler bis stabiler Schichtung im Herbst. Insbesondere ist bei konvektiven Ablösungen zu erwarten, daß in Bodennähe nur noch geringe Geruchsstoffmengen verbleiben. Da das Modell diesen Effekt höchstens im statistischen Mittel wiedergeben kann, kommt es öfter vor, daß Geruchshäufigkeiten deutlich überschätzt werden. Kommt es zu keiner Ablösung, dann ist die modellierte Dispersion zu hoch und die Geruchshäufigkeit wird unterschätzt. Daher sind im linken Bild die Abweichungen von der Diagonalen nach unten zwar weniger zahlreich als nach oben, aber dafür umso stärker.

Validierungsrechnungen dienen nicht dazu, die Korrektheit eines Modells nachzuweisen. Sie sollen vielmehr zeigen, in welchem Maße das Modellierungsziel erreicht wird, also wie groß die Unsicherheit der Aussage ist. Dies ist durch Vergleich mit Begehungen nur bedingt feststellbar, denn Begehungen bringen ihre eigenen Unsicherheiten mit sich und stellen auch nur eine Momentaufnahme, eine von vielen möglichen Realisierungen eines Situationstyps dar.

Es soll hier keine quantitative Ermittlung des Modellierungsfehlers versucht werden. Dazu fehlen auch die Kriterien. Die gute Übereinstimmung mit den Behebungsergebnissen in weiten Bereichen deutet aber darauf hin, daß in dem Modellansatz keine schwerwiegenden systematischen Fehler existieren und die Modellierungsqualität vergleichbar mit der von aufwendigen Fahnenbegehungen ist.



Zugehörige Dateien

Die für die Validierungsrechnungen verwendeten Dateien stehen in den Verzeichnissen

valid/luanrw-9208 Begehungen August 1992
valid/luanrw-9211 Begehungen November 1992

Jedes dieser Verzeichnisse enthält die Dateien

| | |
|-----------------|--|
| begehung.txt | Beobachtete Geruchshäufigkeiten mit Kategorisierung nach Auswahl A oder B |
| usat.txt | Meteorologische Daten des USAT3 |
| odrcmd.txt | Eingabe-File für <i>IBJmepod</i> |
| odrlog.txt | Ausgabe-File von <i>IBJmepod</i> |
| ananoer_a01.txt | Vergleich zwischen beobachteten und berechneten Geruchshäufigkeiten, Auswahl A |
| ananoer_b01.txt | Vergleich zwischen beobachteten und berechneten Geruchshäufigkeiten, Auswahl B |

Zur besseren Handhabung sind alle Dateien auch im Archiv `valid.zip` zusammengefaßt.
