

Revision FAT-Bericht Nr. 476
Mindestabstände von Tierhaltungsanlagen

Vernehmlassungs-Entwurf vom 7. März 2005

Autoren Kapitel A: Rechtslage

Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), 3003 Bern

Autoren Kapitel B und C: Berechnung und Bemessung der Abstände
Agroscope FAT Tänikon, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrar-
wirtschaft und Landtechnik, CH-8356 Ettenhausen

Vernehmlassung:

BUWAL, Abteilung Luftreinhalte und NIS, 3003 Bern

Mindestabstände von Tierhaltungsanlagen

In ländlichen Gebieten treffen Betriebe mit Tierhaltung und Wohnbevölkerung aufeinander. Die Bauweise wurde dichter und die Haltungssysteme haben sich verändert. Behörden und Gerichte müssen sich vermehrt mit Klagen über Geruchsbelästigung aus der Landwirtschaft befassen. Baubehörden sind vor allem bei Einsprachen gegen geplante Neu- und Umbauten für die Tierhaltung mit diesen Problemen konfrontiert. Mit Hilfe der Empfehlungen kann der erforderliche Mindestabstand zur Wohnbebauung für geplante Anlagen gemäss Anhang 2 Ziffer 512 LRV berechnet werden. Mit der Überarbeitung des FAT Berichtes Nr. 476 «Mindestabstände von Tierhaltungsanlagen» wurde das Papier aktualisiert und mit einigen wichtigen Ergänzungen versehen.

Die wesentlichen Änderungen und Neuerungen in dieser Empfehlung betreffen Korrekturfaktoren für Geländeform, Aufstallungssystem und die Art der Lüftung. Diese basieren vor allem auf den Ergebnissen zahlreicher Felduntersuchungen. Mit der Methode der Geruchsbegehungen wurden 40 Betriebe mit Schweinehaltung unterschiedlicher Stallssysteme auf ihre Geruchsimmissionen untersucht. Für die arbeitsteilige Ferkelproduktion wurde ein Geruchsbelastungsfaktor für die Schweinekatgorie Ferkelaufzucht eingeführt. Zusätzliche Erklärungen sollen die Anwendung dieses Dokuments erleichtern.

Inhalt:

Kapitel A: Rechtslage	5
1. Anwendungsbereich	5
2. Umsetzung der Mindestabstände	5
2.1 Errichtung von Anlagen.....	5
2.2. Erneuerung und Umbau von bestehenden Anlagen	5
3. Geruchsbelästigungen von bestehenden Anlagen	6
Kapitel B: Berechnung und Bemessung der Abstände	7
4. Berechnungsschema für den Mindestabstand.....	7
4.1 Bestimmen der Geruchsbelastung (GB) nach Tierart.....	8
4.2 Berechnung des Normabstandes (NA)	9
4.3 Berechnung des Mindestabstandes (MA)	9
5. Bemessung der Abstände.....	12
5.1 Abstand von einem einzelnen Stallgebäude.....	12
5.2 Abstand von Anlagen mit mehreren Stallgebäuden.....	14
Kapitel C: Sonderbeurteilung	17
6 Berücksichtigung von Windeinflüssen.....	17
7 Einfluss der Geländeform auf die Geruchsausbreitung, Windkanalisierung und Kaltluftabfluss.....	17
7.1 Hang- und Talstandorte	18
7.2 Lokale Kaltluftabflüsse	19
7.3 Stufenweises Vorgehen bei Standortwahl mit Verdacht auf Kaltluftabfluss.....	20
7.4 Klärung der Standorteignung	21
Anhang	22
A. Berechnungsbeispiele.....	22
B. Begriffe und Abkürzungen	31
C. Literatur.....	33



Abb. 1: Tierfreundliche Stallsysteme erfordern für die Tiere mehr Fläche und Aufenthaltsmöglichkeiten im Freien (Auslauf). Dies führt zu zusätzlich verschmutzten Flächen und zu bodennaher, diffuser Geruchsfreisetzung.

Kapitel A: Rechtslage

Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL)

1 Anwendungsbereich

Das vorliegende Kapitel A zeigt auf, wie der FAT-Bericht Nr. 476 der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik Agroscope FAT in Tänikon (Kapitel B und C) im Sinne einer Empfehlung zu Anhang 2 Ziffer 512 der Luftreinhalte-Verordnung (LRV) vom 16. Dezember 1985 umzusetzen ist.

Kapitel B und C gelten für Anlagen der bäuerlichen Tierhaltung¹⁾ und Intensivtierhaltung (Anh. 2 Ziff. 511 LRV). Sie geben an, welche Mindestabstände zu bewohnten Zonen nach den anerkannten Regeln der Tierhaltung erforderlich sind.

Werden die Mindestabstände nach Kapitel B eingehalten, sind in den angrenzenden Wohnzonen in der Regel keine übermässigen Geruchsimmissionen (Art. 2 Abs. 5 LRV) zu erwarten. Vorbehalten bleibt eine Sonderbeurteilung nach Kapitel C.

2 Umsetzung der Mindestabstände

2.1 Errichtung von Anlagen

Bei der Errichtung von (neuen) Anlagen gelten die Mindestabstände (MA) nach Kapitel B wie folgt:

- | | |
|---|------------------|
| a. zu reinen Wohnzonen: | 100 % (1,0 x MA) |
| b. zu gemischten Zonen mit Wohnnutzung
und mässig störendem Gewerbe: | 70 % (0,7 x MA) |
| c. innerhalb landwirtschaftlicher Zonen: ²⁾ | 50 % (0,5 x MA) |

Als Mindestabstand gilt:

- gegenüber anderen Zonen der Abstand bis zur Zonengrenze;
- innerhalb der Zone der Abstand bis zum nächsten Gebäude mit Wohnnutzung

2.2 Erneuerung und Umbau von bestehenden Anlagen

Wird eine Anlage umgebaut, erweitert oder instand gestellt und sind dadurch höhere oder andere Emissionen zu erwarten oder werden dafür mehr als die Hälfte der Kosten aufgewendet, die eine neue Anlagen verursachen würde, gilt diese Anlage nach Artikel 2 Absatz 4 LRV als eine neue Anlage.

Neue Anlagen müssen grundsätzlich alle vorsorglichen Emissionsbegrenzungen der LRV und somit auch die Mindestabstände einhalten. Können die Mindestabstände nach Ziffer 2.1

¹ Diese Empfehlung gilt für die bäuerliche Tierhaltung ab 0.25 Standardarbeitskräfte nach Artikel 3 der Verordnung über landwirtschaftliche Begriffe und die Anerkennung von Betriebsformen vom 7. Dezember 1998 (SR 910.91). Für die Hobby-Tierhaltung muss im Einzelfall geprüft werden, wie weit eine Anwendung dieser Empfehlung sinnvoll bzw. gerechtfertigt ist.

² In der Landwirtschaftszone kommt die Mindestabstandsregelung nicht unmittelbar zur Anwendung. Trotzdem muss nach der Praxis auch in diesen Gebieten ein ausreichender Schutz gewährleistet sein, da das Vorsorgeprinzip (Art. 11 USG bzw. Art. 4 und 5 LRV) auch in der Landwirtschaftszone gilt (BGE 126 II 43).

nicht eingehalten werden, muss die Behörde im Einzelfall prüfen, welche zusätzlichen technischen und betrieblichen Massnahmen notwendig sind, damit die Mindestabstände wieder eingehalten werden.

3 Geruchsbelästigungen von bestehenden Anlagen

Übermässige Geruchsimmissionen treten in der Regel auf, wenn:

- a. die Mindestabstände nach Kapitel B unterschritten werden;
- b. die Standortsituation problematisch ist;
- c. die Anlage gegenüber vergleichbaren Anlagen sonst wie erhöhte Emissionen aufweist.

Trifft Buchstabe a, b oder c zu, können übermässige Geruchsimmissionen nach Artikel 2 Absatz 5 LRV in der Regel nicht ausgeschlossen werden. Im Einzelfall können ergänzende Abklärungen wie Umfragen, Modellberechnungen oder Begehungen erforderlich sein.

Das allgemeine Vorgehen bei Geruchsbeschwerden wird in der BUWAL Empfehlung zur Beurteilung von Gerüchen (Geruchsempfehlung) beschrieben. Diese Empfehlung ist in Vorbereitung.

Nötigenfalls erlässt die Behörde verschärfte Emissionsbegrenzungen nach Artikel 5 bzw. 9 LRV.

Kapitel B: Berechnung und Bemessung der Abstände

Wesentliche Änderungen der Berechnungsgrundlagen gegenüber FAT-Bericht Nr. 476 sind grau hinterlegt.

Alfons Schmidlin, Ladislav Koutny, Margret Keck, Richard Hilty, Robert Kaufmann, Agroscope FAT Tänikon, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik, CH-8356 Ettenhausen

In den letzten Jahren hat sich in der Schweiz der Anteil der verschiedenen Haltungssysteme stark verändert. Verschiedene Tierhaltungsprogramme werden auch durch die schweizerische Agrarpolitik gefördert. Die Beteiligung an den Tierhaltungsprogrammen besonders tierfreundliche Stallhaltungssysteme BTS (BTS-Verordnung vom 7.12.1998) und regelmässiger Auslauf von Nutztieren ins Freie RAUS (RAUS-Verordnung vom 7.12.1998) sowie verschiedene Labelvorgaben erfordern grössere Flächen als traditionelle Stallsysteme ohne Auslauf. Während früher bei den geschlossenen Stallsystemen Zwangsentlüftung mit punktförmigen Emissionsquellen vorherrschte, handelt es sich heute bei den offenen Mehrflächenstallsystemen und Ausläufen um bodennahe, diffuse Emissionsquellen.

Das vorliegende Berechnungsschema des Mindestabstandes soll in der Planungsphase den Entscheid für eine geeignete Standortwahl unterstützen. Diese Empfehlung stellt aufgrund von Geruchsfahnenbegehungen auf Praxisbetrieben neu erarbeitete Korrekturfaktoren und die Art der Abstandsbestimmung vor (Keck et al. 1999, Koutny 2002, Keck et al. 2004). Andere Kriterien wie die Wirtschaftlichkeit, die langfristige Betriebsentwicklung wie auch raumplanerische Aspekte sind für die Standortwahl von Tierhaltungsanlagen ebenfalls in Betracht zu ziehen.

4 Berechnungsschema für den Mindestabstand

Für Geruchsstoffe aus der Tierhaltung können noch keine Emissions- oder Immissionsgrenzwerte angegeben werden. Auf der Grundlage von betrieblichen Merkmalen wurde ein Berechnungsverfahren für die Ermittlung des Mindestabstandes entwickelt, das auf Geruchsschwellenwerten von Praxiserhebungen aufbaut. Wo systematische Erhebungen noch nicht vorlagen, wurden empirische Annahmen getroffen.

Die Formel zur Mindestabstandsberechnung gilt für Tierbestände mit einer Geruchsbelastung von 4 GB bis 200 GB (siehe Ziffer 4.1).

- Bei Tierbeständen unter 4 GB werden bei Einhaltung eines Mindestabstandes von 20 m keine übermässigen Immissionen erwartet. Der Mindestabstand von 10 m darf jedoch bei der bäuerlichen Tierhaltung (min. 0.25 SAK aus der Tierhaltung) nicht unterschritten werden. Bei kleineren Tierbeständen (z.B. Hobby-Tierhaltung) ist im Einzelfall zu prüfen, ob sich eine analoge Anwendung rechtfertigt. Es liegt dabei im Ermessen der Behörden, den Mindestabstand zu bestimmen.
- Betriebe mit mehr als 200 GB, sind durch Aufteilung mit der gegenseitigen Beeinflussung zu berechnen.

Der Mindestabstand wird in einem dreistufigen Verfahren berechnet:

1. Bestimmen der Geruchsbelastung (GB) nach Tierart
2. Berechnen des Normabstandes (NA)
3. Berechnen des Mindestabstandes (MA)

4.1 Bestimmen der Geruchsbelastung (GB) nach Tierart

Die Geruchsbelastung (GB) errechnet sich aus der Anzahl Plätze flächenbezogen (Z), maximale Tierzahl gemäss Baubewilligung, multipliziert mit dem Geruchsbelastungsfaktor (fg) der entsprechenden Tierart (i) (Tabelle 1).

Die Festlegung der Faktoren fg erfolgte unter Berücksichtigung des tierartspezifischen Geruches, der vom Menschen unterschiedlich empfunden wird. Dabei wurde berücksichtigt einerseits die Lebendmasse der Einzeltiere, die anfallenden Mengen an Stoffwechselprodukten wie Ausscheidungen von Kot und Harn, die Wärme-, Wasserdampf- und CO₂-Produktion, die über die Hautoberfläche und durch die Atmung abgegeben werden und auch die Geruchsemissionsdaten aus der Tierhaltung anhand Literaturangaben.

Solche Erhebungen und Daten liegen für Rinder, Schweine und Geflügel vor. Für andere Tierarten wurden die Geruchsbelastungsfaktoren empirisch ermittelt.

Tabelle 1. Geruchsbelastungsfaktoren (fg)

Tierart (i), Tiergruppe	Tiereinheit	Geruchsbelastungsfaktor (fg)
Kälber, Rinder, Kühe, Pferde	GVE ¹	0.15*
Milchkälbermast (ab 10 Tiere)		
- Mastkälber bis 100 kg (bis 2,5 Monate)	Tier	0.20
- Mastkälber über 100 kg (über 2,5 Monate)	Tier	0.25
Schafe		
- geschlechtsreife männliche Tiere	Tier	0.20*
- weibliche Schafe inkl. deren Jungschafe unter 1 Jahr	Tier	0.08*
Ziegen		
- geschlechtsreife männliche Tiere	Tier	0.30*
- weibliche Ziegen inkl. deren Jungziegen unter 1 Jahr	Tier	0.10*
*Bei Aufenthalt auf der Weide kann der "fg" im Verhältnis zur Aufenthaltsdauer auf der Weide um bis zu 50 % reduziert werden. Aufenthalt im befestigten Auslauf zählt nicht dazu.		
Beispiele:		
Bis 60 Tage Weide	keine Reduktion	
Mehr als 60 Tage Ganztagesweide	25 % Reduktion	
Mehr als 60 Tage Vollweide (Tag und Nacht Weide)	50 % Reduktion	
Alpung	50 % Reduktion	
Schweine		
- Abgesetzte Ferkel 9 - 25 kg	Tier	0.06
- Vormast und Aufzucht 25 - 60 kg	Tier	0.15
- Vor-, Endmast und Aufzucht 25 - 110 kg	Tier	0.20
- Endmast und Aufzucht 60 - 110 kg	Tier	0.25
- Galtssauen, tragende Sauen, Eber	Tier	0.25
- Muttersauen inkl. deren säugende Ferkel bis 9 kg	Tier	0.30
Geflügel		
- Hühner, Aufzucht oder Mast	Tier	0.007
- Legehennen, Elterntiere,	Tier	0.010
- Trutenaufzucht	Tier	0.010
- Trutenelterniere, Trutenmast	Tier	0.015
Kaninchen	Tier	0.005

¹ Berechnung der Grossvieh-Einheiten (GVE) gemäss landwirtschaftlicher Begriffsverordnung LBV (1998) des Bundes

Bei verschiedenen Tiergruppen derselben Tierart und unterschiedlichen Tierarten sind die ermittelten GB-Werte zu addieren:

$$GB = \sum_{i=1}^n Z_i \cdot fg_i \quad (\text{Formel 1})$$

Verschiedene Berechnungsbeispiele dazu befinden sich im Anhang A.

4.2 Berechnung des Normabstandes (NA)

Aus der Geruchsbelastung (GB) wird der Normabstand (NA) entweder durch Ablesen aus der Abbildung 2 oder nach der Formel 2 berechnet.

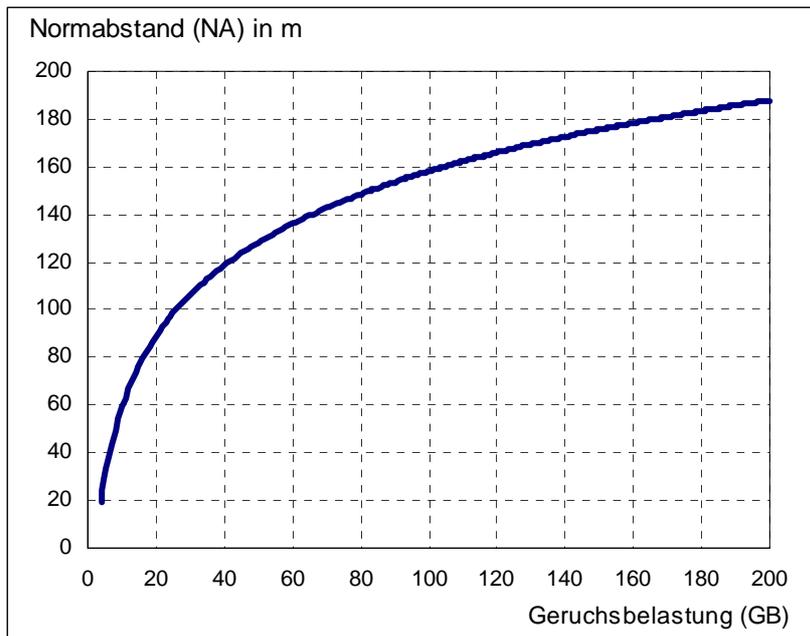


Abb. 2. Normabstand in Abhängigkeit der Geruchsbelastung von 4 bis 200 GB

$$NA = 43 \cdot \ln(GB) - 40 \quad (\text{Formel 2})$$

(ln = natürlicher Logarithmus)

4.3 Berechnung des Mindestabstandes (MA)

Zur Bewertung der betrieblichen, baulichen und Standortfaktoren, welche die Geruchsbildung und Ausbreitung beeinflussen, werden die in Tabelle 2 aufgelisteten Korrekturfaktoren «fk» herangezogen.

Die Berechnung des Mindestabstandes (MA) erfolgt durch die Multiplikation des Normabstandes (NA) mit den Korrekturfaktoren (fk1 bis fk9):

$$MA = NA \cdot fk1 \cdot fk2 \cdot \dots \cdot fk9 \quad (\text{Formel 3})$$

Berechnungsbeispiele 1-6 für den Mindestabstand befinden sich im Anhang A.

Tabelle 2. Korrekturfaktoren f_k für Standort, Anlagen und Betrieb

Kriterium	f_k^1
1. Geländeform Standort des Betriebes: - in relativ ebenem Terrain - am Hang oder am Rand eines Hanges, in engem Tal oder in Talkessel - Für die Beurteilung von allfälligen Kaltluftabflüssen siehe Kapitel C Seite 17 ff.	 1.00 1.20
2. Höhenlage Betrieb liegt: - unter 600 m ü.M. - zwischen 600 und 1000 m ü.M. - über 1000 m ü.M.	 1.00 0.90 0.80
3. Stallsystem Rindvieh inkl. Mastkälber, Pferde, Ziegen, Schafe (mit oder ohne Laufhof) Schweine - Stall mit Zwangsentlüftung - ohne Auslauf - mit Auslauf (Mehrfächensystem) - Stall mit freier Lüftung - ohne Auslauf mit Tiefstreu (Einraum) - ohne Auslauf (Mehrfächensystem) - mit Auslauf (Mehrfächensystem) Geflügel - geschlossener Stall - Stall mit: - Haltung auf der Weide (mindestens 1m ² /Tier) - Wintergarten (Aussenklimabereich)	 1.00 1.00 1.15 0.60 1.00 1.15 1.00 0.80 1.10
4. Lüftung H = Abluftaustrittshöhe über dem Erdboden h = effektive Quellhöhe Δh = Abluffahnenüberhöhung ² $h = H + \Delta h$ kH = Kaminhöhe über dem Dachfirst Zwangsentlüftung - Kaminlüftung senkrecht über Dach - $kH > 1,5$ m und $h > 3$ m über höchstem Dachpunkt von Gebäuden in 30 m Umkreis und $H > 10$ m - $kH < 1,5$ m oder $h < 3$ m über höchstem Dachpunkt oder $H < 10$ m - Seitlicher Abluftaustritt oder Kamin mit Hut Freie Lüftung - Rindvieh und andere Raufutterverzehrter - übrige Tierarten	 0.80 1.00 1.10 1.00 1.10
5. Hofdüngerproduktion und -lagerung - Vorwiegend Festmist (Geflügelmist abgedeckte Lagerung) - Offene Lagerung von Geflügelmist - Vorwiegend Flüssigmist - Lagerung in geschlossenem Behälter oder bei abgedeckter Gülle - mit Umspülsystem bzw. regelmässigem Rühren (mehrmals pro Woche) - Lagerung in offenem Behälter - mit Umspülsystem bzw. regelmässigem Rühren (mehrmals pro Woche)	 0.90 1.00 1.00 1.05 1.05 1.10
6. Sauberkeit (Tier, Stall, Futterzubereitung, -lagerung) - gut bis zufriedenstellend - mangelhaft bis schlecht	 1.00 1.20

7. Fütterung	
- vorwiegend Getreide jeder Art, Kartoffeln, Gras, Milch usw.	1.00
- Schotte 20 % der Futtermenge in Trockensubstanz ³	1.20
- Restaurationsnebenprodukte und Fett 20 % der Futtermenge in Trockensubstanz ³	1.30
- Schlachtnebenprodukte	1.50
8. Geruchsreduzierung im Bereich der Stallabluft	
Korrekturfaktor = $1 - [(Wirkungsgrad \text{ in } \% - 10) / 100]$, Mindestwert = 0,1	
- keine Geruchsreduktion	1.00
- Biowäscher z.B. bei 80 % Wirkungsgrad	0.30
- Biofilter z.B. bei 90 % Wirkungsgrad	0.20
9. Geruchsreduzierung bei der Flüssigmistlagerung	
- Keine	1.00
- Biogasanlage	0.90
¹ Die Faktoren f_k können mit der entsprechenden Begründung interpoliert werden. ² Berechnungsformel im Anhang B ³ Bei anderer Futterzusammensetzung wird der Faktor entsprechend dem Prozentanteil interpoliert z.B. 14 % Schotte = 1.14 oder 12 % Restaurationsnebenprodukte = 1.18.	

Erklärungen zu den Korrekturfaktoren (f_k)

zu 1: Geländeform

Die Beurteilung der Geländeform und Kaltluftabflüsse werden im Kapitel C behandelt.

zu 2: Höhenlage

Mit der steigenden Meereshöhe sinkt die Lufttemperatur. Dies ist mit einer verminderten Empfindlichkeit der menschlichen Geruchswahrnehmung verbunden. Dementsprechend werden auch die Korrekturfaktoren angepasst.

zu 3: Stallsystem

Unterschiedliche Stallsysteme (je nach Tierart) beeinflussen das Mass der Geruchsfreisetzung und damit auch die Geruchsimmissionen wesentlich. Vor allem Stallsysteme in der Schweinehaltung ohne Abluftführung über Dach und mit grösserem Flächenangebot für die Tiere durch Ausläufe führen zu zusätzlich verschmutzter Fläche und sind als diffuse Geruchsquellen zu bezeichnen.

zu 4: Lüftung

Die Angaben beziehen sich auf die maximale Lüftung (Sommerlufttrate).

Die Art der Lüftung hat einen wesentlichen Einfluss auf die Geruchsausbreitung. Die Zwangsentlüftung mit einer Abluftführung senkrecht über das Dach wird durch eine hohe Austrittsgeschwindigkeit und hohe Abluftaustrittshöhe gekennzeichnet, was zu einer besseren Verdünnung der Geruchsstoffe führt. Seitlicher Abluftaustritt und freie Lüftung sind charakteristisch für eine bodennahe Geruchsfreisetzung, was zu einer verminderten Geruchsverdünnung führt und werden dadurch ungünstiger bewertet.

zu 5: Hofdüngerproduktion

Geflügelmist, der nicht trocken gelagert wird, setzt durch den biologischen Abbau dauernd Geruchsemissionen frei. Ein offener Güllebehälter stellt eine windinduzierte Geruchsquelle dar. Das Umspülen oder regelmässige Rühren der Gülle führt zu einer zusätzlichen Geruchsfreisetzung.

zu 6: Sauberkeit

Gerüche entstehen vor allem durch:

- den Abbau organischer Substanzen von Kot und Harn im Stall und in den Ausläufen

- bei der Hofdüngerlagerung und
- bei der Lagerung und Verfütterung von Silage oder anderen geruchsintensiven Futtermitteln.

Eine ausreichende Reinigung und möglichst kleine emissionsaktive Oberflächen sind wichtig.

zu 7: Fütterung

Bei der Verfütterung von Schotte und Küchenabfällen können die Korrekturfaktoren je nach %-Anteil der gesamten Futtermenge angepasst werden.

zu 8: Geruchsreduzierung im Bereich der Stallabluft

Die Reinigungsanlage muss sorgfältig unterhalten und gewartet werden, damit die Geruchsminderung dauerhaft gewährleistet bleibt.

5 Bemessung der Abstände

Mindestabstände sind vom Emissionspunkt beziehungsweise von der Emissionslinie der Stallgebäude aus zu messen.

5.1 Abstand von einem einzelnen Stallgebäude

Der Emissionspunkt des Stalles entspricht der nächstliegenden Austrittsöffnung der Abluft. Bei zwangsbelüfteten Ställen sind das die Abluftkamme (Emissionspunkte), bei freibelüfteten Ställen die Fassaden (Emissionslinie). Der Auslauf in der Schweinehaltung wird zu 100 % berücksichtigt, d.h. die Emissionslinie ist die Auslaufbegrenzung. Bei der Rindviehhaltung wird der am Rand angeordnete Auslauf zu 50 % berücksichtigt, d.h. die Emissionslinie wird in der Mitte des Auslaufs angesetzt.

Nicht emittierende Gebäudeteile (z.B. Remise, Heustock, Traktorengarage) können bei der Bemessung ausgeschlossen werden (Abbildung 3).

Als zusätzliche Emissionsquellen können Mist- und Güllelager sowie Hoch- und Flachsilos einbezogen werden.

Bei der Geflügelhaltung werden Wintergärten auch zu 100 % mit einbezogen. Weideausläufe, die mindestens 1 m² pro Tier haben und eine durchgehende Grasnarbe aufweisen, werden nicht berücksichtigt.

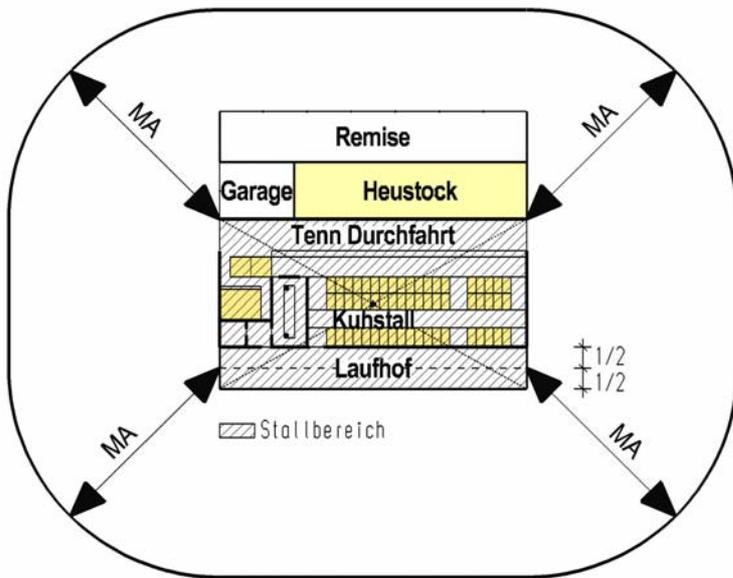


Abb. 3: Mindestabstand (=Hüllkurve) um ein Stallgebäude für Rindvieh mit nicht emittierenden Gebäudeteilen.

Die Mindestabstandskurve entspricht einem Kreis um den jeweiligen Emissionspunkt oder einer Parallelen zu der Emissionslinie. Der Kreisradius um diese Bemessungspunkte und der Parallelenabstand zu den Bemessungslinien entsprechen dem berechneten Mindestabstand (Abbildung 4).

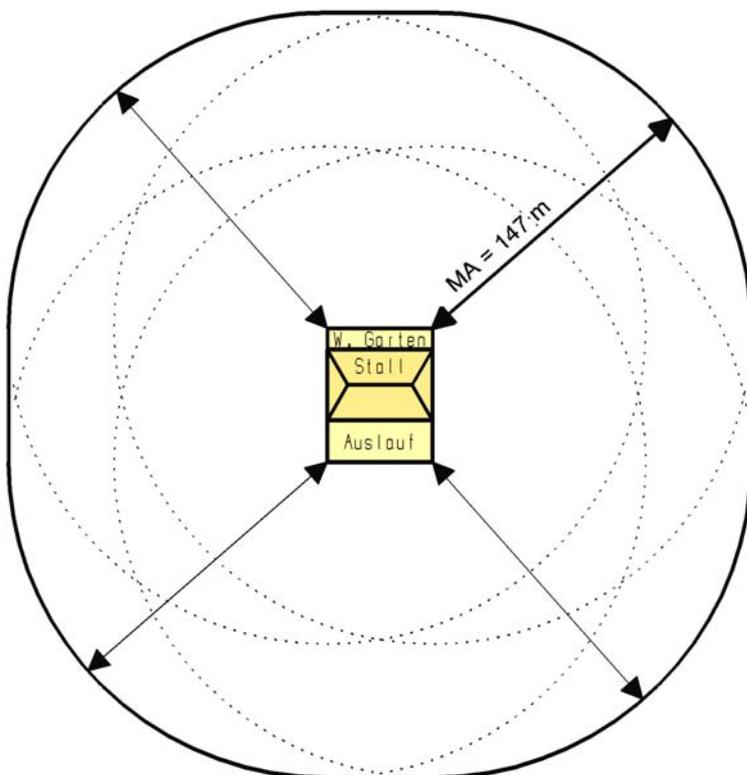


Abb. 4: Mindestabstand um ein Stallgebäude (Berechnungsbeispiel 1, Anhang A)

5.2 Abstand von Anlagen mit mehreren Stallgebäuden

Die äusseren Anlageteile bestimmen die Abstände zu bewohnten Zonen oder Wohnbauten bei mehreren Gebäuden (oder auch bei getrennt zu berechnenden Anlageteilen). Dabei werden die Emissionen der inneren Anlageteile nach Formel 4 gewichtet.

(Formel 4)

Für den relativen Mindestabstand $MA_{rel,i}$ der äusseren Gebäude $_i$ gilt:

$$MA_{rel,i} = 43 \cdot \ln(GB_{rel,i}) - 40$$

mit

$$GB_{rel,i} = \sum_{j=1}^n GB_{rel,ij}$$

Summe der gewichteten Geruchsbelastungen aller Gebäude

$$GB_{rel,ij} = e^{(MA_j + 40 - r_{ij})/43}$$

Gewichtete Geruchsbelastungen des einzelnen Gebäudes

$$r_{ij} = 0 \text{ für } i = j$$

Entfernung in Meter zwischen den Emissionsmittelpunkten eines Aussengebäudes $_i$ und eines anlageinneren Gebäudes $_j$

MA_j = Mindestabstand der einzelnen Gebäude

N_j = Normalabstand der einzelnen Gebäude

f_{kji} = Korrekturfaktor 1 – 9 für Gebäude

Falls der Ausdruck « $MA_j + 40 - r_{ij}$ » negativ ist, das heisst, wenn der um 40 m erweiterte Mindestabstandskreis der anlageinneren Quelle den Emissionspunkt des betrachteten Aussengebäudes nicht erreicht, kann die Geruchswirkung der anlageinneren Quelle in Richtung Aussengebäude vernachlässigt werden.

Die Mindestabstandskurve der gesamten Anlage bildet eine Hüllkurve um die korrigierten Abstandskreise der einzelnen Aussengebäude (Abbildung 6).

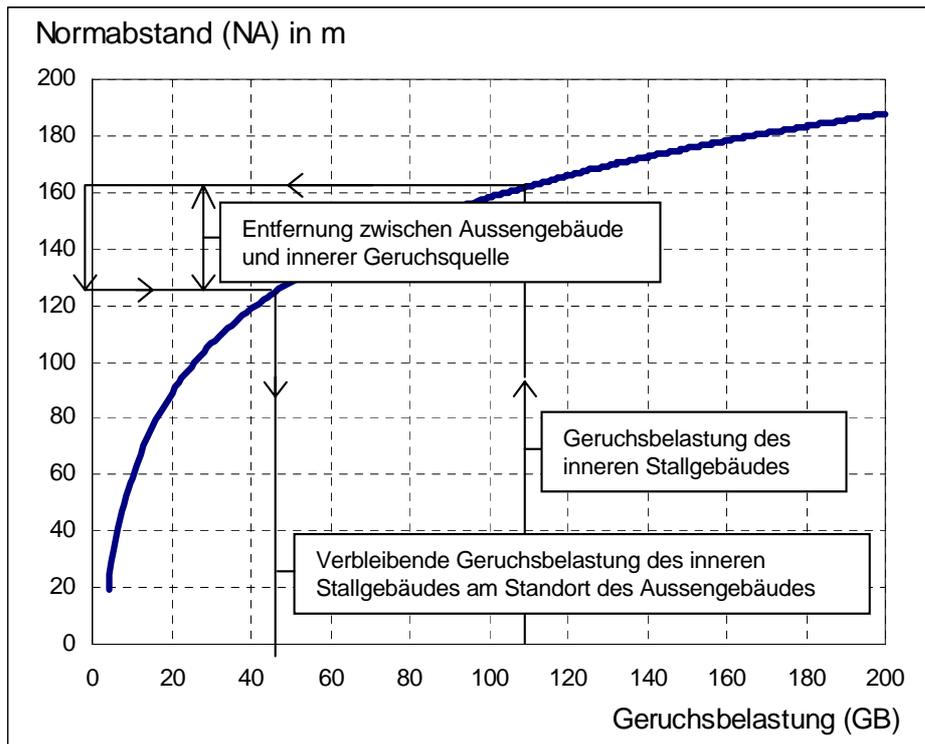


Abb. 5: Schema der Gewichtung, wenn sich zwei Ställe gegenseitig beeinflussen

Vorgehensweise: Zuerst wird von jedem einzelnen Gebäude der Mindestabstand berechnet. Wenn die Mindestabstände jedes einzelnen Gebäudes eingehalten sind, wird mit der gegenseitigen Beeinflussung geprüft, ob auch die gesamte Anlage die Mindestabstands-Anforderungen erfüllt. Dazu werden die Abstände der geometrischen Schwerpunkte zwischen den Ställen benötigt (Abbildung 6).

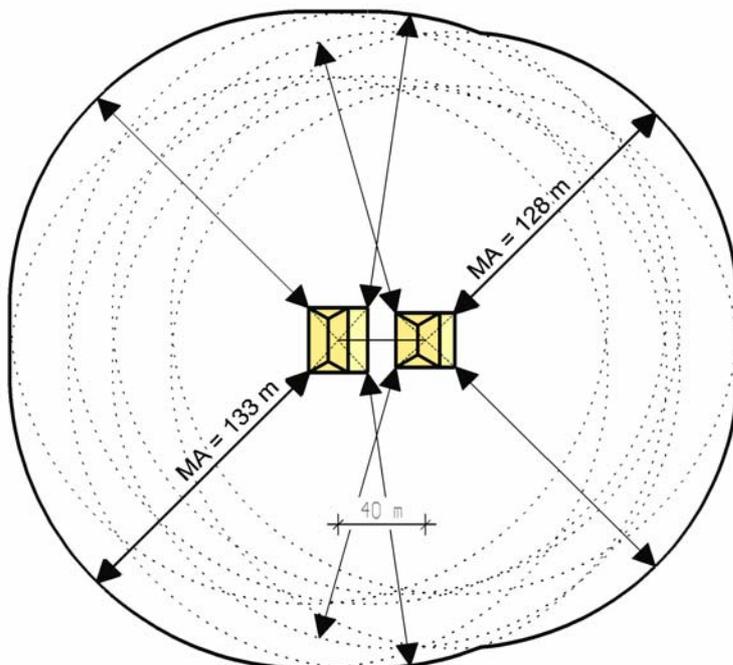


Abb. 6: Mindestabstand (=Hüllkurve) um eine Anlage mit zwei Stallgebäuden (Berechnungsbeispiel 3, Anhang A)

Mindestabstandsberechnungen zu den Abbildungen 4 und 6 befinden sich im Anhang A (Berechnungsbeispiele 1 und 3).

Die Methode der gegenseitigen Beeinflussung ist auch bei Ställen über 100 m Länge mit einem Verhältnis Länge : Breite, das grösser als 4 : 1 ist, anwendbar. Ein Berechnungsbeispiel dazu befindet sich im Anhang A (Beispiel 5). Ställe mit mehr als 200 GB werden aufgeteilt und mit der gegenseitigen Beeinflussung berechnet.

Anbieterliste für die Beratung und Hilfsmittel

Eine Liste von Beratungsbüros und öffentlichen Anlaufstellen ist bei der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik Tänikon (FAT), CH-8356 Ettenhausen, erhältlich. Die FAT verfügt ebenfalls über eine Excel-Tabelle zur Berechnung des Mindestabstandes und Fragebogen für Geruchsumfragen.

Die neueste Fassung des FAT-Bericht ist in elektronischer Form unter www.fat.ch vorhanden. *(Das gilt erst ab der Drucklegung des FAT-Berichtes).*

Kapitel C: Sonderbeurteilung

Ein Sonderbeurteilung ist angezeigt für Betriebe, die von der Geruchsbelastung her gesehen eine gewisse Grösse überschreiten („Nicht-Rauhfuttermesser“ wie Schweine und Geflügel mit mehr als 8 GB), welche sich an Standorten mit ausgeprägten Windeinflüssen oder mit Kaltluftabfluss befinden.

6 Berücksichtigung von Windeinflüssen

Bei der Berechnung von Mindestabständen werden die Häufigkeiten von Windrichtungen nicht mit einbezogen. Denn meist fehlen die kleinräumigen, über längere Zeiträume erhobenen standortspezifischen Daten über die Windhäufigkeitsverteilung.

Liegt allerdings im Rahmen einer Sonderbeurteilung eine standortrepräsentative Windrose vor, können die vorherrschenden Windrichtungen bei der Berechnung berücksichtigt werden. Diese Daten müssen genügend abgesichert sein und sind mit einer standortbezogenen Windstatistik von Wetterstationen der MeteoSchweiz zu überprüfen.

Aus der Windhäufigkeitsverteilung kann hervorgehen, dass:

- Wohnhäuser innerhalb des Mindestabstandes nicht oder nur sporadisch von Geruchsimmissionen betroffen werden, weil der Wind nur sehr selten aus der Richtung des betreffenden Stalles weht, oder dass
- Wohnhäuser ausserhalb des Mindestabstandes häufig von Geruchsimmissionen betroffen werden, weil der Wind häufig aus der Richtung des Stalles weht (Hauptwindrichtung).

Grundsätzlich gilt: Je länger Winddaten erhoben werden und je kürzer die Distanz zur Messstation, umso aussagekräftiger sind die Messwerte.

Bei besonderen Windverhältnissen, die sich auf meteorologische Messungen oder eine fachliche Standortbeurteilung abstützen, kann der vorläufig errechnete Mindestabstand entsprechend der Sonderbeurteilung angepasst werden.

7 Einfluss der Geländeform auf die Geruchsausbreitung, Windkanalisierung und Kaltluftabfluss

Der ganze Abschnitt 7 wurde neu eingefügt.

Standorte in relativ ebenem Terrain werden im allgemeinen durch grossräumige Wetterlagen (Windsysteme) beeinflusst, gut durchlüftet und dadurch auch günstiger bewertet als Standorte *am Hang* und *im Tal*, die mehrheitlich durch die Ausprägung von lokalen Windsystemen gekennzeichnet sind (Tabelle 3). Solche Standorte werden *richtungsbezogen* bewertet (Abschnitt 7.1 und 7.3).

Tabelle 3. Eigenschaften und Bewertung lokaler Windsysteme

Windsystem	Eigenschaften	Bewertung
<i>Hangaufwind</i>	meist sehr gute Ausbreitungsverhältnisse durch hohe Turbulenz	nicht richtungsabhängig
<i>Talauf- und abwind</i>	meist sehr gute Ausbreitungsverhältnisse durch hohe Turbulenz, allerdings in engen Tälern Gefahr von Windkanalisierungen	richtungsabhängig
<i>Hangab- und Talabwind</i>	meist ungünstige Ausbreitungsverhältnisse durch stabile Schichtung	richtungsabhängig

7.1 Hang- und Talstandorte

Hang- und Talstandorte sind durch thermisch angetriebene Hang- und Talwindssysteme geprägt (Abbildung 7). Die tagsüber auftretenden Hang- und Talaufwinde sind meist sehr turbulent, sodass die Verdünnung von Geruchsstoffen hoch ist. Der nächtlich auftretende Hangabwind ist durch den bodennahen Kaltluftabfluss bedingt, der sich während einer wolkenarmen und windschwachen Nacht bilden kann. Die in den Abend- und Nachtstunden auftretenden Kaltluftabflüsse sind durch eine stabile thermische Schichtung und niedrige Windgeschwindigkeiten charakterisiert, sodass die bodennah freigesetzten Gerüche nur wenig verdünnt werden und sich somit schlierenförmig auch über grössere Distanzen ausbreiten können. Die von Hängen abfließende Kaltluft füllt Mulden und Senken auf, sammelt sich in Tälern und fließt als Talabwind (bei entsprechendem Gefälle) talparallel ab. Durch die Ansammlung der Kaltluft in geschlossenen konkaven Geländeformen (z.B. Becken, Mulden) können sich Kaltluftseen ausbilden. In diesen unterschiedlich mächtigen Bodeninversionen ist der vertikale Luftaustausch deutlich reduziert, sodass höhere Geruchswahrnehmungen die Folge sein können.

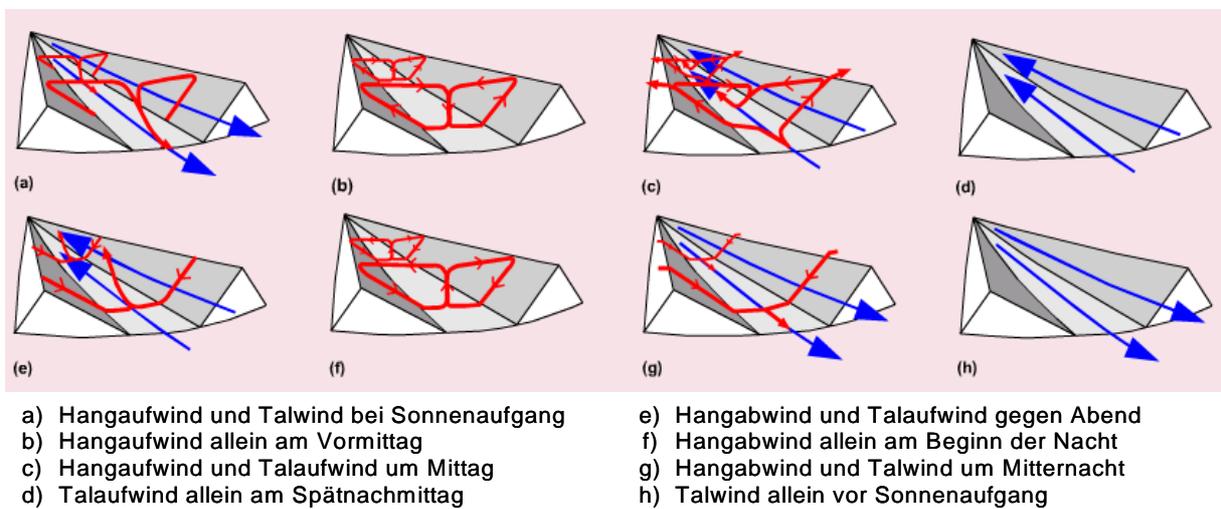


Abb. 7: Entwicklung der Hang- und Talwinde im Laufe eines Tages (Liljequist u. Cehak, 1979).

Neben den windschwachen Wetterlagen (Kaltluftsituationen) beeinflusst die Geländeform auch die lokale Windrichtung bei Wetterlagen mit höheren Windgeschwindigkeiten (grossräumige Windverhältnisse). Das Geländere relief wirkt sich dabei sowohl auf die Windgeschwindigkeit als auch auf die Windrichtung aus. In Tälern wird die Strömung in Richtung der Talachse kanalisiert, was Windrichtungsänderungen im bodennahen Bereich gegenüber der übergeordneten Hauptwindrichtung zur Folge hat. Der Kanalisierungseffekt ist um so deutlicher, je tiefer das Tal eingeschnitten ist. Somit kann es aus den beiden Hauptwindrichtungen besonders in engen Tälern zu häufigeren Geruchswahrnehmungen kommen.

Wenn in einem engen Tal (Talbreite höchstens dreifache Taltiefe) durch Kanalisierung Talauf- und -abwind entsteht, wird der Faktor 1 für die Geländeform von 1.20 auf 1.40 erhöht. Damit entsteht der richtungsabhängige Mindestabstand. Die seitliche Begrenzung wird in den meisten Fällen parallel zur Talachse verlaufen (Berechnungsbeispiel 2, Anhang A).

7.2 Lokale Kaltluftabflüsse

Lokal entstehende und abfliessende Kaltluft macht sich als Hangabwind bzw. Talabwind bemerkbar. Diese kann sich auf Siedlungsflächen durch die nächtliche Abkühlung im Sommer sowie ganzjährig durch Frischluftzufuhr auswirken.

Kaltluftentstehung und -abfluss hängen ab von:

- Meteorologischen Verhältnissen - besonders windschwache Hochdruckwetterlagen mit ausgeprägten Temperaturunterschieden zwischen Tag und Nacht
- Exposition, Hangneigung, Geländeform, Grösse der Kaltluftbildungsflächen und Länge des Hanges
- Art der Flächennutzung mit Blick auf Abkühlung der Oberfläche
 - Gewässer weisen geringe nächtliche Abkühlung auf.
 - Im Wald (Stammbereich je nach Baumdichte) ist die Abkühlung klein und verzögert.
 - Ackerboden und Wiese weisen die stärkste nächtliche Abkühlung auf.

Einzelne Hindernisse, wie Gebäude oder Dämme, werden über- und umströmt, wenn es nicht zu einem Kaltluftstau kommt. Andere Hindernisse, wie Büsche und Baumgruppen (je nach Grösse und Form) können in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit der abfliessenden Kaltluft eine unterschiedlich starke Brems- oder Umlenkung ausbilden.

Untersuchungen

Auf Einzelbetrieben wurde die Situation mit und ohne Kaltluftabfluss auf die Geruchsausbreitung und -wahrnehmung untersucht (Koutny 2002). Luftströmungen wurden mit Rauchproben sichtbar gemacht und somit das Ausbreitungsverhalten des Rauches beobachtet. Während Geruchsbegehungen mit Testpersonen wurde die immissionsseitige Geruchswahrnehmung untersucht. Die Geruchsimmissionen wurden kurzzeitig teils noch im 2-3-fachen des berechneten Mindestabstandes als deutlicher Geruch durch die Probanden wahrgenommen. Die Häufigkeit der Geruchswahrnehmung nimmt mit der Distanz zur Geruchsquelle ebenfalls exponentiell ab.

Mit Rauchproben wurde weiter auch der Einfluss der Lüftungsart untersucht. Bei Ablufführung über Dach in ausreichender Höhe konnte die Kaltluftschicht überströmt werden (Abbildung 8).

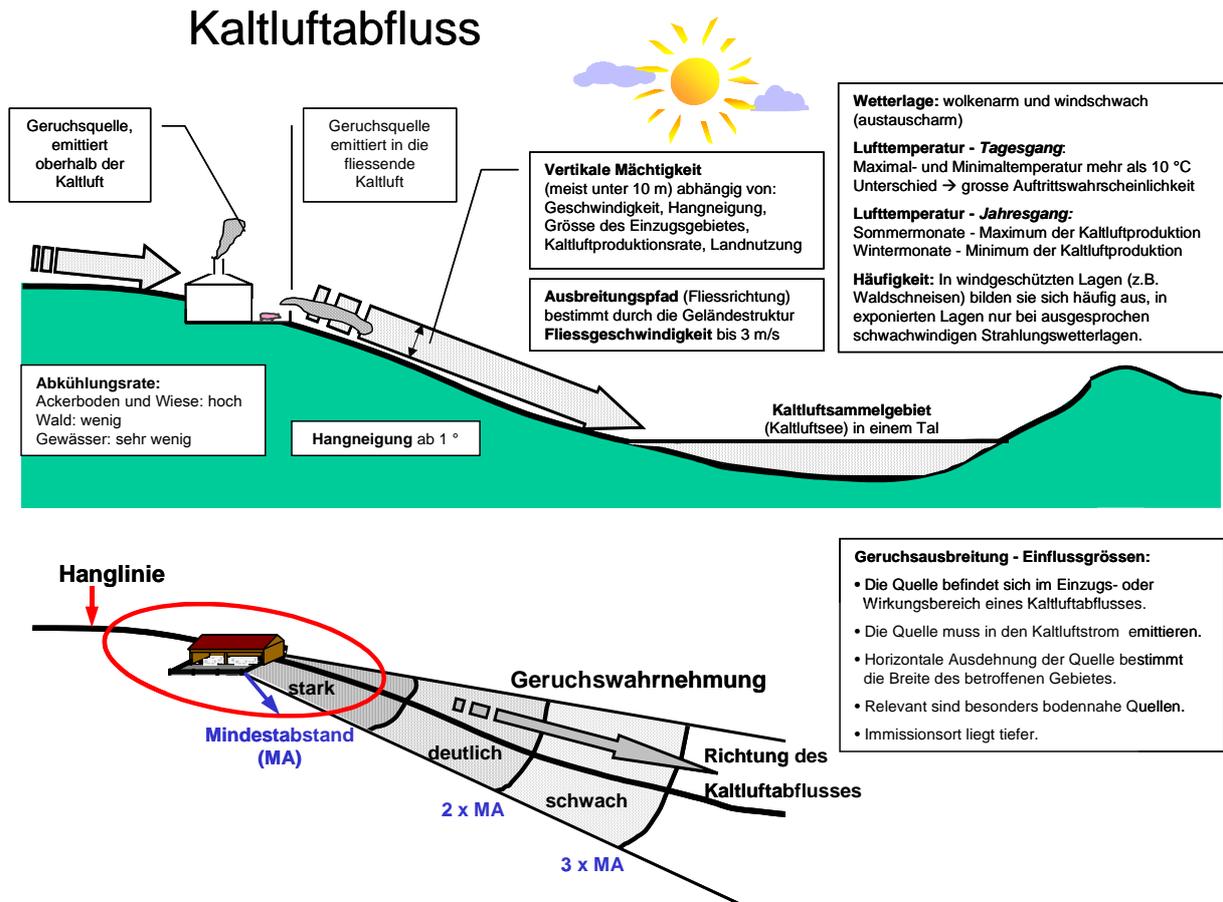


Abb. 8: Schema eines Kaltluftabflusses und durch Probanden wahrgenommene Geruchsin- tensität während einer Geruchsbegehung.

7.3 Stufenweises Vorgehen bei Standortwahl mit Verdacht auf Kaltluftab- fluss

Das Beurteilungsgebiet wird in der Regel in einem Radius von 0,5-2 km um die Geruchsquel- le festgelegt. Dies erfolgt in Abhängigkeit von dem am Standort zu erwartenden Mikroklima und der Topographie des betroffenen und des angrenzenden Geländes. Gerichteter Wind vom Land in Richtung See ist sogar über eine noch grössere Distanz zu berücksichtigen.

Die Abschätzung der Relevanz von Kaltluftabfluss und der Kaltluftabflussbahn kann nur durch erfahrene Personen erfolgen:

- Einbezug von topographischen Karten, Geländedenutzungsdaten
- Relevant sind vor allem bodennahe Geruchsquellen (vor allem Ausläufe, Offenställe, seitliche Abluftführung)
- Ortstermin zu einer Zeit, zu der die Bedingungen für Kaltluftproduktion gegeben sind: wolkenarm, windschwach, austauscharm, bei Sonnenuntergang, vor Einsetzen der Dämmerung. Bei Kaltluftabfluss überwiegen in Bodennähe tiefe Windgeschwindigkeiten; diese stellen grössere Anforderungen an eine Messausstattung.
- Durchführung von Rauchproben.

Für eine Geruchsausbreitung im Kaltluftabfluss muss

- Die Geruchsquelle im Einzugs- oder Wirkungsbereich eines Kaltluftabflusses liegen.
- Der Ort der Geruchswahrnehmung muss in der Regel stromab, d.h. tiefer als die Quelle gelegen sein.

Eine Erhöhung der Korrekturfaktoren unter Punkt 1. Geländeform ist um jeweils 0,3 nötig, wenn folgende Kriterien erfüllt sind (Tabelle 2):

- Neigung $\geq 3,5\%$,
das bedeutet auf eine Distanz von 500 m ein Höhenunterschied von 17,5 m oder auf eine Distanz von 1000 m ein Höhenunterschied von 35 m.
- Wald innerhalb Beurteilungsgebiet (mindestens 1/5 der Beurteilungsfläche) im Kaltluftentstehungsgebiet.
- Bach/Fluss/Wasseroberfläche (mindestens 1/10 des Beurteilungsgebiets) unterhalb der Geruchsquelle.

Beispiel: Der Faktor 1 Geländeform wird von 1.20 auf 1.80 erhöht wenn zwei der obgenannten Kriterien erfüllt sind.

Der Kaltluftabfluss fliesst mit der Hangneigung oder talabwärts sowie vom Wald in Richtung zu nicht bewachsenem Boden oder zu Flächen mit geringer Vegetationsdecke (Wiesen, Weiden, Äcker).

Je homogener die Landnutzung (z.B. nur Wiesen und Weiden), umso weniger ist der Kaltluftabfluss ausgeprägt; je vielfältiger die Landnutzung (Gebäude, Wald, Gebüsch, Acker, Wiesen), umso stärker ausgeprägt.

In Richtung des Kaltluftabflusses ist ein Bereich mit verlängertem Mindestabstand zu berücksichtigen. Die seitliche Begrenzung des richtungsabhängigen Mindestabstandes kann radial, parallel zur Hanglinie oder durch die Topographie bestimmt sein.

7.4 Klärung der Standorteignung

Für Hang- und Talstandorte empfiehlt sich eine standortspezifische Abklärung. Grundsätzlich gilt, dass jeder erhöht liegende Stall sich in der darunter liegenden Siedlung bei verhältnismässig ruhiger Windsituation (*besonders* bei Hochdruckwetterlagen) abends und nachts mit Geruchsimmissionen bemerkbar machen kann. Laut MeteoSchweiz ist allerdings eine eindeutige Zuordnung zu einzelnen Wetterlagen nicht zu erwarten, da die jeweilige topographische Situation des geplanten Stalles im Vergleich zur betroffenen Wohnsiedlung für die lokale nächtliche Abkühlung dominant ist. Für die Bestimmung von Kaltluftabflusspfaden stehen folgende zwei Möglichkeiten zur Verfügung:

- *Visualisierung durch Rauchproben*

Kaltluftabflüsse können im Feld mittels Rauchproben untersucht werden. Somit lässt sich direkt vor Ort das Auftreten, Verhalten und die räumliche Verteilung des Kaltluftabflusses feststellen. Damit können auch die Auswirkungen durch mögliche Geruchsimmissionen frühzeitig prognostiziert werden (z.B. in der Planungsphase eines Bauvorhabens). Direkt oder unterstützt durch Videoaufnahmen können durch mehrere Experimente die Strömungsbahnen der Kaltluftflüsse und die Kaltluftseen kartiert werden. Diese Untersuchungen sollten in Abhängigkeit von der Wetterlage und Tageszeit, vor allem im Sommerhalbjahr bei einem Maximum von Kaltluftbildung, vorgenommen werden.

- *Klimaanalyse- und Planungshinweiskarten*

Dieses Instrument ist in einigen Kantonen in der Raumplanung bereits im Einsatz. Die Karten können als Entscheidungsgrundlage bei Bauvorhaben dienen. Klimaanalysekarten liefern wertvolle Hinweise zur Durchlüftungssituation. Die Kombinationen von relief- und landnutzungsabhängigen Grössen beeinflussen das bodennahe Windfeld. Aus solchen Karten können Informationen über die reliefbedingte Durchlüftung an Hängen (Kaltluftabflüsse), reliefbedingte Durchlüftungsbahnen (kanalisierte Ableitung von Kaltluft), aber auch über Kaltluftakkumulationsgebiete direkt abgelesen werden.

Anhang

A. Berechnungsbeispiele

Beispiel 1:

Mindestabstandsberechnung eines Stalles mit 150 Mastschweinen von 25-100 kg und 5000 Masthühnern (Poulets).

1. Berechnung der Geruchsbelastung (GB)

Tierart (i), Tiergruppe	Tiereinheit	Geruchsbelastungsfaktor (fg)	Anzahl Tiere
Schweine - Vor-, Endmast und Aufzucht 25 - 110 kg	Tier	0.20	150
Geflügel - Hühner, Aufzucht oder Mast	Tier	0.007	5000

$$\text{Geruchsbelastung GB} = (150 \times 0.20) + (5000 \times 0.007) = 65$$

Die gesamte Geruchsbelastung (GB) beträgt 65 Einheiten.

2. Berechnung des Normabstandes (NA):

$$NA = 43 \cdot \ln(65) - 40 = 139 \text{ m}$$

3. Berechnung des Mindestabstandes (MA):

Zur Berechnung des Mindestabstandes müssen die Korrekturfaktoren f_k herangezogen werden.

Korrekturfaktoren im Beispiel:

Kriterium	f_k
1. Geländeform: in relativ ebenem Terrain	1.00
2. Höhenlage: 700 m über Meer	0.90
3. Stallsystem: Schweine - Stall mit Zwangsentlüftung - mit Auslauf	1.15
Geflügel - Wintergarten	1.10
Interpolation: $(30 \times 1.15 + 35 \times 1,10) / 65$	1.12
4. Lüftung: -Seitlicher Luftaustritt	1.10
5. Hofdüngerproduktion: Mastschweine - Lagerung in geschlossenem Behälter	1.00
Mastpoulets – Geflügelmist abgedeckte Lagerung	0.90
Interpolation: $(30 \times 1.00 + 35 \times 0.90) / 65$	0.95
6. Sauberkeit: gut bis zufriedenstellend	1.00

7. Fütterung:	
Getreide	1.00
8. Geruchsreduzierung Stallabluf:	
Keine	1.00
9. Geruchsreduzierung Flüssigmist:	
Keine	1.00

$$\begin{aligned} \text{Mindestabstand: } MA &= NA \cdot fk1 \cdot fk2 \cdot \dots \cdot fk9 \\ &= 139 \times 1.0 \times 0.9 \times 1.12 \times 1.1 \times 0.95 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.0 = \mathbf{147 \text{ m}} \end{aligned}$$

Der Mindestabstand zu bewohnten Zonen beträgt demnach 147 m (grafische Darstellung der Hüllkurve zu dieser Berechnung siehe Abbildung 6, Abschnitt 6.1).

Diese Berechnung stimmt nur, wenn der Schweine- und Geflügelstall eine einzige Geruchsquelle darstellen. Meist werden es getrennte Geruchsquellen und damit die Berechnung mit der gegenseitigen Beeinflussung notwendig sein (Siehe Beispiel 3).

Beispiel 2: (analog Beispiel 1, jedoch in einem engen Tal mit Windkanalisierung)

Faktor 1, Geländeform = 1.20 kreisförmig und 1.40 richtungsabhängig.

Alle anderen Faktoren bleiben gleich wie im Beispiel 1.

Berechnung des Mindestabstandes:

Geruchsbelastung und Normabstand gleich wie bei Beispiel 1

$$\mathbf{MA = 139 \times 1.2 \times 0.9 \times 1.12 \times 1.1 \times 0.95 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.0 = 176 \text{ m}}$$

$$\mathbf{RMA = 139 \times 1.4 \times 0.9 \times 1.12 \times 1.1 \times 0.95 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.0 = 206 \text{ m}}$$

Der Mindestabstand beträgt 176 Meter. Der richtungsabhängige Mindestabstand in Richtung der Talachse beträgt 206 Meter.

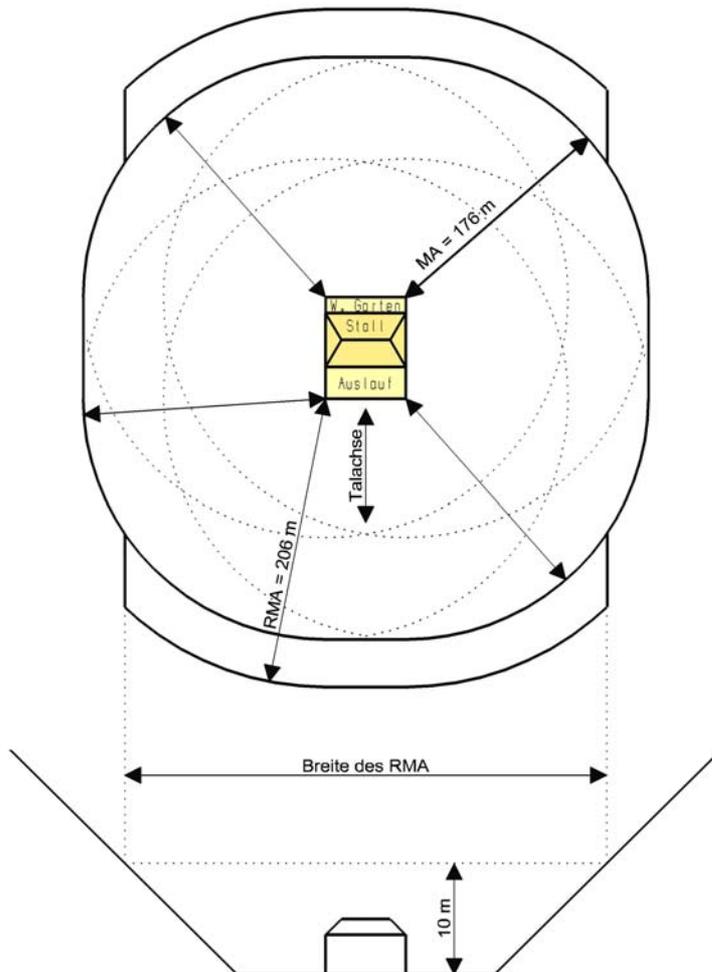


Abb. 9: Richtungsabhängiger Mindestabstand in einem engen windkanalisierten Tal, je nach Windsituation kann die Vergrößerung des Mindestabstandes in die eine oder andere oder sogar in beide Richtungen gegeben sein. Die Breite des Tales in 10 Metern Höhe begrenzt die Breite des richtungsabhängigen Mindestabstandes.

Beispiel 3: (analog Beispiel 1, jedoch als 2 separate Ställe berechnet)

Die 150 Mastschweine (Stall 1) und 5000 Masthühner (Stall 2) werden als getrennte Geruchsquellen mit gegenseitiger Beeinflussung berechnet.

Stall 1: 150 Mastschweine = 30 GB
 Normabstand (NA) = 106 m

Stall 2: 5000 Masthühner = 35 GB
 Normabstand (NA) = 113 m

Korrekturfaktoren im Beispiel:

Kriterium	f_k Stall 1	f_k Stall 2
1. Geländeform in relativ ebenem Terrain	1.00	1.00
2. Höhenlage 700 m über Meer	0.90	0.90
3. Stallsystem - Stall mit Zwangsentlüftung mit Auslauf	1.15	
3. Stallsystem - Wintergarten		1.10

4. Lüftung: seitlicher Abluftaustritt	1.10	1.10
5. Hofdüngerproduktion - Lagerung in geschlossenem Behälter	1.00	
5. Hofdüngerproduktion – Geflügelmist abgedeckte Lagerung		0.90
6. Sauberkeit gut bis zufriedenstellend	1.00	1.00
7. Fütterung Getreide	1.00	1.00
8. Keine Geruchsreduzierung Stallabluft	1.00	1.00
9. Keine Geruchsreduzierung Flüssigmist	1.00	1.00

Berechnete Mindestabstände (MA) der Einzelställe: Stall 1 = 121 m
 Stall 2 = 111 m

Diese Mindestabstände von den einzelnen Geruchsquellen müssen gegenüber den Wohnzonen eingehalten werden.

Als nächster Schritt wird die gegenseitige Beeinflussung gerechnet. Dazu ist der Abstand zwischen den beiden Geruchsquellen notwendig. Dieser beträgt 40 m.

Formel: $MA_{rel,i} = 43 \cdot \ln(GB_{rel,i}) - 40$

$$\text{mit } GB_{rel,i} = \sum_{j=1}^n GB_{rel,ij} \quad , \text{ wo } GB_{rel,ij} = e^{(MA_j + 40 - rij)/43}$$

Gebäude	Mindestabstand MA	Gewichtete Geruchsbelastung (GB)	
		als Aussengebäude ($r = 0$ für $i = j$)	als inneres Gebäude _i ($r_{1,2} = 40$)
1	121 m	42.3	16.7
2	111 m	33.5	13.2

Aussengebäude	Geruchbelastung der gesamten Anlage $GB_{rel,i} = \sum_{j=1}^n GB_{rel,ij}$	Gewichteter Mindestabstand (m) $MA_{rel,i} = 43 \cdot \ln(GB_{rel,i}) - 40$
1	42.3 + 13.2 = 55.5	43 x ln (55.5) - 40 = 132.7 m
2	33.5 + 16.7 = 50.2	43 x ln (50.2) - 40 = 128.4 m

Wenn der Schweinestall näher bei einer Wohnzone liegt, ist ein Mindestabstand von 133 Meter erforderlich. Wenn der Hühnerstall näher bei einer Wohnzone liegt, ist ein Mindestabstand von 128 Meter erforderlich. Wenn diese Mindestabstände auf den Situationsplan übertragen werden, kann die Hüllkurve gezeichnet werden (Abb. 8, Abschnitt 6.2).

Beispiel 4:

Mindestabstandsberechnung einer Anlage mit 3 Ställen (Abbildung 10). Dabei wird die Anlage mit zwei Ställe aus dem Beispiel 3 übernommen und durch einen zusätzlichen Stall mit 440 Mastschweinen (25 - 110 kg) ergänzt.

Stall 1: 150 Mastschweine = 30 GB
 Normabstand (NA) = 106 m

Stall 2: 5000 Masthühner = 35 GB
 Normabstand (NA) = 113 m

Stall 3: 440 Mastschweine = 88 GB
 Normabstand (NA) = 153 m

Korrekturfaktoren im Beispiel:

Kriterium	f _k Stall 1	f _k Stall 2	f _k Stall 3
1. Geländeform in relativ ebenem Terrain	1.00	1.00	1.00
2. Höhenlage 700 m über Meer	0.90	0.90	0.90
3. Stallsystem - Stall mit Zwangsentlüftung mit Auslauf	1.15		
3. Stallsystem - Stall mit Zwangsentlüftung ohne Auslauf			1.00
3. Stallsystem - Kot mit Einstreu und Wintergarten		1.10	
4. Lüftung: seitlicher Abluftaustritt	1.10	1.10	
4. Lüftung: kH > 1,5 m und h > 3 m, H > 10 m			0.80
5. Hofdüngerproduktion - Lagerung in geschlossenem Behälter	1.00		1.00
5. Hofdüngerproduktion - Festmist		0.90	
6. Sauberkeit gut bis zufriedenstellend	1.00	1.00	1.00
7. Fütterung Getreide	1.00	1.00	1.00
8. Keine Geruchsreduzierung Stallabluft	1.00	1.00	1.00
9. Keine Geruchsreduzierung Flüssigmist	1.00	1.00	1.00

Berechnete Mindestabstände (MA) der Einzelställe:		Entfernungen r _{ij} der Emissionspunkte der drei Gebäude (m):			
		Gebäude	1	2	3
Stallgebäude 1	121 m	1	0	40	45
Stallgebäude 2	111 m	2	40	0	50
Stallgebäude 3	110 m	3	45	50	0

Gewichtung der Geruchsbelastung der einzelnen Gebäude (gegenseitige Beeinflussung):

Gebäude	Mindestabstand MA	Gewichtete Geruchsbelastung (GB)			
		$GB_{rel,ij} = e^{(MA+40-r)/43}$			
		als Aussengebäude (r = 0 für i = j)	als inneres Gebäude		
		1	2	3	
1	121 m	42.3		r _{2,1} = 13.2	r _{3,1} = 11.5
2	111 m	33.5	r _{1,2} = 16.7		r _{3,2} = 10.2
3	110 m	32.7	r _{1,3} = 14.9	r _{2,3} = 10.5	

Berechnung des Mindestabstandes der gesamten Anlage:

Aussengebäude	Geruchbelastung der gesamten Anlage $GB_{rel,i} = \sum_{j=1}^n GB_{rel,i,j}$	Gewichteter Mindestabstand (m) $MA_{rel,i} = 43 \cdot \ln(GB_{rel,i}) - 40$
1	42.3 + 13.2 + 11.5 = 67.0	43 x ln (67.0) - 40 = 140.8 m

2	$33.5 + 16.7 + 10.2 = 60.4$	$43 \times \ln(60.4) - 40 = 136.4 \text{ m}$
3	$32.7 + 14.9 + 10.5 = 58.1$	$43 \times \ln(58.1) - 40 = 134.7 \text{ m}$

Berechneter Mindestabstand (MA) der gesamten Anlage mit der gegenseitigen Beeinflussung:

- Stall 1 = 141 m
- Stall 2 = 136 m
- Stall 3 = 135 m

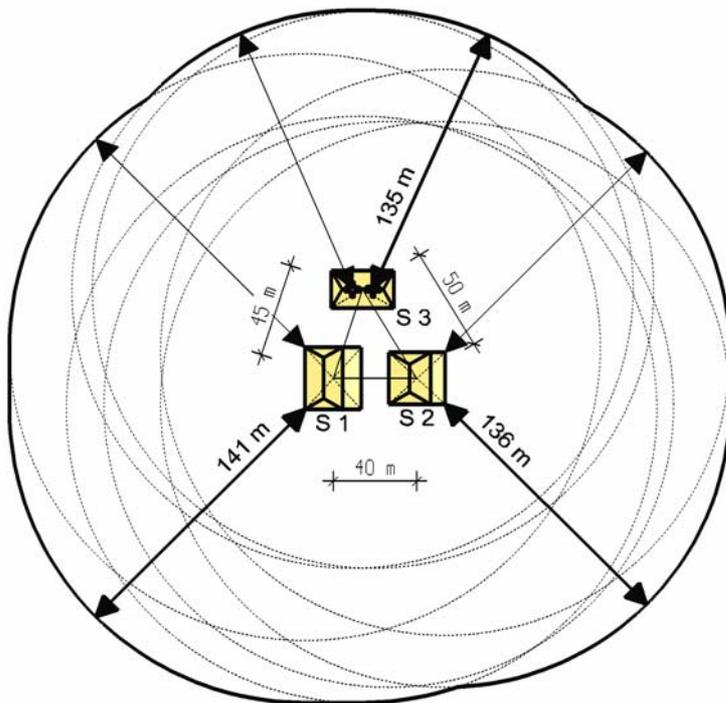


Abb. 10: Mindestabstand (=Hüllkurve) um eine Anlage mit drei Stallgebäuden

Beispiel 5:

Die Methode der gegenseitigen Beeinflussung ist auch bei Ställen über 100 m Länge mit einem Verhältnis Länge : Breite > 4 : 1 anwendbar. Ein lang ausgedehnter Stall (Länge = 102 m, Breite 25 m) mit 120 Milchkühen wird in zwei Segmente von je 51 m und 60 Kühe geteilt (Abbildung 11).

Stallsegment 1: 60 Kühe = 9 GB
Normabstand (NA) = 54 m

Stallsegment 2: 60 Kühe = 9 GB
Normabstand (NA) = 54 m

Alle Korrekturfaktoren (f_k) in diesem Beispiel = 1.00

Berechnete Mindestabstände (MA) der Einzelstallsegmente:		Entfernungen r_{ij} der Emissionspunkte der zwei Stallsegmente (m):		
		Segment	1	2
Stallsegment 1	54 m	1	0	51
Stallsegment 2	54 m	2	51	0

Gewichtung der Geruchsbelastung der einzelnen Segmente (gegenseitige Beeinflussung):

Stallsegment	Mindestabstand MA	Gewichtete Geruchsbelastung (GB)	
		als Aussengebäude ($r = 0$ für $i = j$)	als inneres Gebäude _i ($r_{1,2} = 40$)
1	54 m	9.0	2.7
2	54 m	9.0	2.7

Berechnung des Mindestabstandes der gesamten Anlage:

Aussengebäude	Geruchbelastung der gesamten Anlage $GB_{rel,i} = \sum_{j=1}^n GB_{rel,i,j}$	Gewichteter Mindestabstand (m) $MA_{rel,i} = 43 \cdot \ln(GB_{rel,i}) - 40$
1	$9.0 + 2.7 = 11.7$	$43 \times \ln(11.7) - 40 = 66 \text{ m}$
2	$9.0 + 2.7 = 11.7$	$43 \times \ln(11.7) - 40 = 66 \text{ m}$

Berechneter Mindestabstand (MA) der gesamten Anlage mit der gegenseitigen Beeinflussung:
 Stallsegment 1 = 66 m
 Stallsegment 2 = 66 m

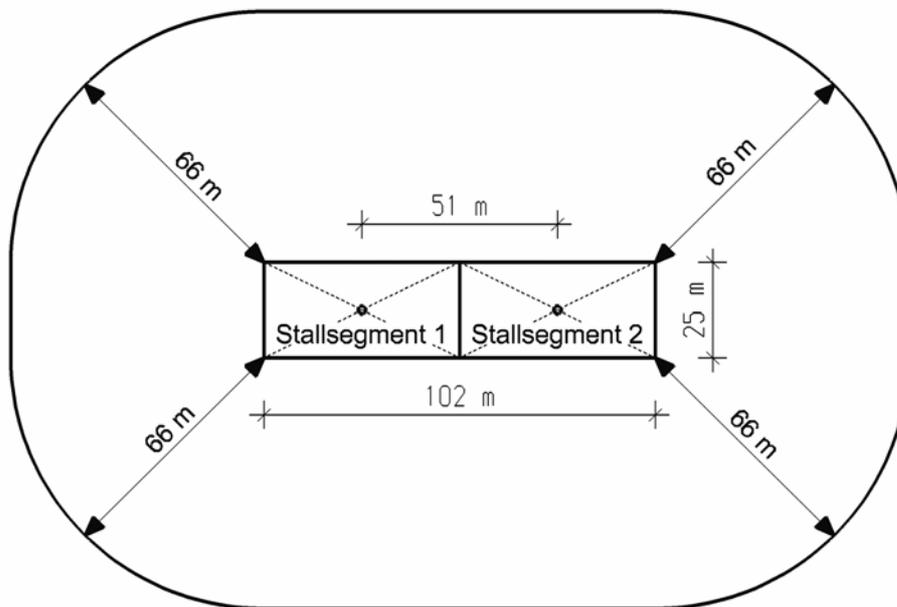


Abb.11: Mindestabstand (=Hüllkurve) um einen lang ausgedehnten Stall

Beispiel 6:

Beurteilung eines Güllebehälters:

Die folgenden Beispiele erläutern mögliche Berechnungsverfahren für den Mindestabstand. Diese beruhen ausschliesslich auf Erfahrungen aus der Praxis.

Der Emissionspunkt eines Behälters entspricht der dem Schutzobjekt am nächsten liegenden Austrittsöffnung der Abluft:

- Geschlossene Behälter. Die nächst liegende Lüftungsöffnung

- Offene Behälter: Rand des Behälters

Befindet sich ein Güllebehälter unmittelbar neben einem Stall wird der Emissionspunkt und die Bemessung des Mindestabstandes eines Stalles in Richtung dieser Anlage verschoben.

Bei einem einzelstehenden Güllebehälter wird dieser als eine eigenständige Anlage betrachtet. Für die Beurteilung bestehen grundsätzlich zwei Varianten:

Variante 1:

Bei einem Güllebehälter, der im Bereich des Mindestabstandes des zugehörigen Stalles liegt, wird der Mindestabstand mit der unter 6.2 beschriebenen Methode der gegenseitigen Beeinflussung berechnet, allerdings wird dabei nur der Einfluss des Stalles auf den Güllebehälter berücksichtigt (Beispiel 6.1).

Variante 2:

Bei einem einzelstehenden Güllebehälter (ohne Einfluss des zugehörigen Stalles) wird dieser als eine eigenständige Anlage betrachtet (Beispiel 6.2).

Für die Mindestabstandsbestimmung wird der berechnete Abstand zu 20 % berücksichtigt:

Der Mindestabstand von 20 m soll dabei bei jeder Berechnungsvariante nicht unterschritten werden. Mit diesem Abstand kann davon ausgegangen werden, dass keine übermäßige Immissionen zu erwarten sind.

Beispiel 6.1:

Ein Milchviehstall mit 60 Kühen. Der Abstand zwischen Stall und gedecktem Güllebehälter beträgt 50 m.

Geruchsbelastung (GB) 60 Kühe = 9 GB

Normabstand (NA) = 54 m

Alle Korrekturfaktoren (f_k) in diesem Beispiel = 1.00

Mindestabstand (MA) des Stalles = **54 m**

Bei einem Güllebehälter wird der Mindestabstand des zugehörigen Stalles zu 20 % berücksichtigt:

Mindestabstand (MA) des offenen Güllebehälters = $54 \times 0.20 = 11 \text{ m}$

Der Einfluss des Stalles auf den Güllebehälter wird nach der Formel 4 (Abschnitt 6.2) berechnet:

Geruchsbelastung (GB) des Güllebehälters als Aussenanlage

$$GB_{rel,ij} = e^{(MA_{Güllebehälter} + 40 - r) / 43} = GB_{rel,ij} = e^{(11 + 40 - 0) / 43} = 3.3 \text{ GB}$$

Verbleibende Geruchsbelastung des inneren Stalles am Standort des Güllebehälters:

$$GB_{rel,ij} = e^{(MA_{Stall} + 40 - r) / 43} = GB_{rel,ij} = e^{(54 + 40 - 50) / 43} = 2.8 \text{ GB}$$

Teilanlage	Mindestabstand MA	Gewichtete Geruchsbelastung (GB)	
		$GB_{rel,ij} = e^{(MA+40-r)/43}$	
		als Aussenanlage ($r = 0$ für $i = j$)	als innere Gebäude _i ($r_{1,2} = 40$)
Güllebehälter	11 m	3.3	2.8

Aus der Summe der Geruchsbelastungen wird anschliessend der gewichtete Mindestabstand berechnet:

Teilanlage	Geruchbelastung der gesamten Anlage $GB_{rel,i} = \sum_{j=1}^n GB_{rel,i,j}$	Gewichteter Mindestabstand (m) $MA_{rel,i} = 43 \cdot \ln(GB_{rel,i}) - 40$
Güllebehälter	$3.3 + 2.8 = 6.1$	$43 \times \ln(6.1) - 40 = 38 \text{ m}$

Der Mindestabstand des offenen Güllebehälters beträgt 38 m (Abbildung 12).

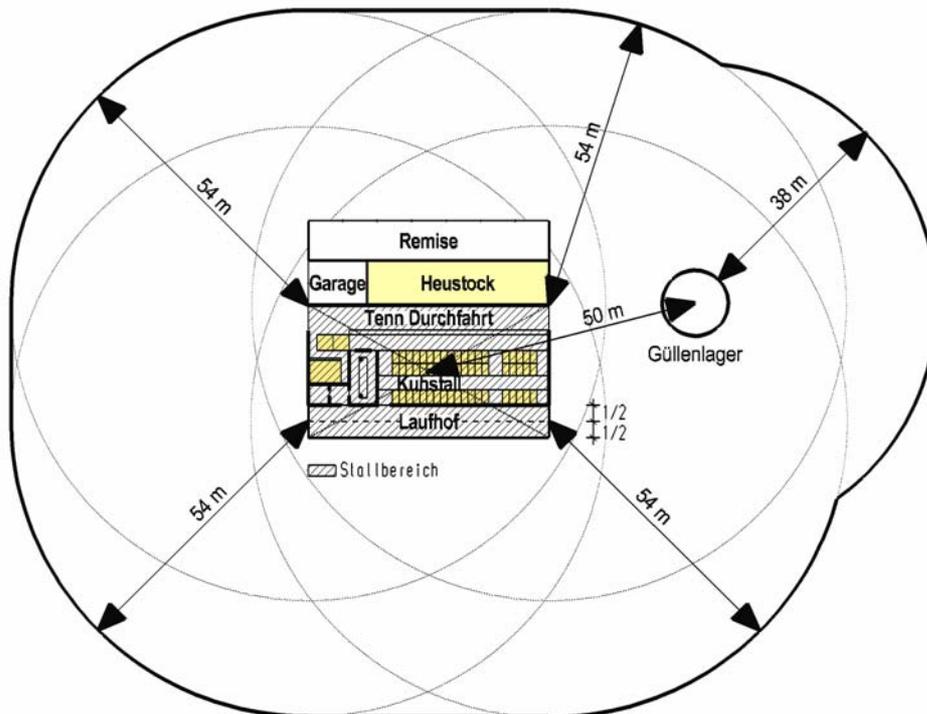


Abb. 12: Mindestabstand (=Hüllkurve) um einen Stall mit einem gedeckten Güllelager, Milchviehstall mit 60 GVE.

Beispiel 6.2:

Beurteilung eines separat stehenden Güllebehälter für drei Ställe:

Stall 1: 60 Milchkühe	= 9 GB
Stall 2: 150 Mastschweine:	= 30 GB
Stall 3: 440 Mastschweine:	= <u>88 GB</u>
Summe GB	127 GB

Normabstand (NA): $NA = 43 \cdot \ln(127) - 40 = 168 \text{ m}$

Zur Berechnung des Mindestabstandes (MA) werden folgende Korrekturfaktoren f_k herangezogen:

Korrekturfaktoren im Beispiel:

Kriterium	f_k
1. Geländeform in relativ ebenem Terrain	1.00
2. Höhenlage 700 m über Meer	0.90
6. Sauberkeit gut bis zufriedenstellend	1.00
7. Fütterung Stall 1: Getreide	1.00
7. Fütterung Stall 2: Schotte 15 % der Futtermenge	1.15
7. Fütterung Stall 3: Schotte über 20 % der Futtermenge	1.20
7. <i>Interpolation: $(9 \times 1.00 + 30 \times 1.15 + 88 \times 1.20) / 127$</i>	1.17
9. Keine Geruchsreduzierung	1.00

Mindestabstand (MA): $MA = 168 \times 1.00 \times 0.90 \times 1.00 \times 1.17 \times 1.00 = 177 \text{ m}$

Bei einem Güllebehälter wird dieser Mindestabstand zu 20 % berücksichtigt:

Mindestabstand (MA) des Güllebehälters = $177 \times 0.20 = 35 \text{ m}$

Der Mindestabstand des Güllebehälters beträgt 35 m.

B. Begriffe und Abkürzungen

Begriffe

Errichtung von Anlagen, Neuanlagen

Die nach den vorliegenden Empfehlungen berechneten Mindestabstände gelten für neu errichtete Anlagen. Als Errichtung von Anlagen gelten Anlagen, die umgebaut, erweitert oder instand gestellt werden, wenn:

- dadurch höhere oder andere Emissionen zu erwarten sind, oder
- mehr als die Hälfte der Kosten aufgewendet wird, die eine neue Anlage verursachen würde (Art. 2 Abs. 4 LRV).

Bewohnte Zonen

Als bewohnte Zonen gelten Bauzonen nach Art. 15 des Bundesgesetzes über die Raumplanung, welche vorwiegend der Wohnnutzung dienen. Dazu zählen etwa Wohn-, Kern- und Mischzonen, nicht aber Gewerbe-, Industrie- und Landwirtschaftszonen.

Mindestabstand

Der Mindestabstand ist der von der Geruchsquelle einer Anlage zu den bewohnten Zonen einzuhaltende Abstand. Wenn die Tierhaltungsanlage innerhalb einer Zone liegt, gilt der Mindestabstand a: bis zur Grundstücksgrenze bei bewohnter Zone (Wohnzone und Wohn-Gewerbezone) und b: bis zum nächstgelegenen bewohnten Gebäude. In Zonen die nicht für die Wohnnutzung bestimmt sind (Landw. Zone).

Effektive Quellhöhe

Effektive Quellhöhe (h) = Höhe Abluftaustritt über Erdboden (H) + Abluftfahnenüberhöhung. (Δh) - Abbildung 11.

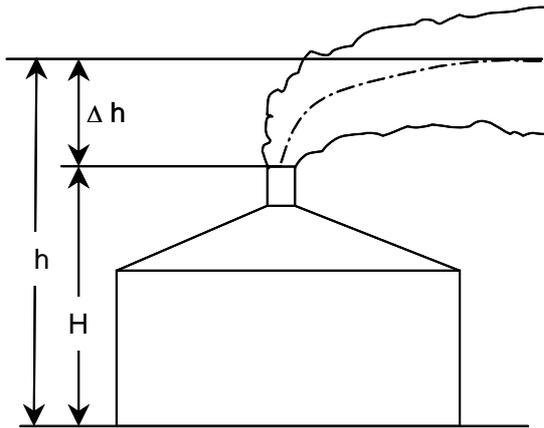


Abb. 12: Schema effektive Quellhöhe h , Höhe Abluftaustritt über Erdboden H , Abluffahnenüberhöhung Δh

Die Abluffahnenüberhöhung (Δh) wird wie folgt berechnet:

$$\Delta h = \frac{c \cdot V}{u \cdot d} \quad (\text{Formel 5})$$

mit

c = Höhengichtenabhängiger Faktor, der bei 10 m über Boden mit 1,5 angenommen werden kann

V = Abluftvolumenstrom (m^3/s) = $\pi \cdot (d/2)^2 \cdot v$

d = Schachtdurchmesser (m)

v = Abluftgeschwindigkeit (m/s)

u = Windgeschwindigkeit am Abluftaustritt (m/s)

Als kritische Geschwindigkeit wird im allgemeinen 1.5 m/s angenommen (Schirz, 1989)



Abb. 13: Schematische Darstellung der verschiedenen Stallsysteme in der Schweinehaltung

Abkürzungen

e	Natürliche Zahl (Eulersche Zahl)
fg	Geruchsbelastungsfaktor
fk	Korrekturfaktor des Normabstandes für Standort, Anlage und Betrieb
GB	Geruchsbelastung
H	Abluftkaminhöhe in m
Δh	Abluffahrenüberhöhung in m basierend auf Abluftvolumenstrom
h	Effektive Quellhöhe
ln	Natürlicher Logarithmus
MA	Mindestabstand in m
NA	Normabstand in m
RMA	Richtungsabhängiger Mindestabstand in m
SAK	Standard-Arbeits-Kraft (gem. Landwirtschaftliche Begriffsverordnung, LBV)

C. Literatur

Keck M., Koutny L., Schmidlin A. und Hilty R., 2004. Minimum distances in Switzerland for pig housing systems with exercise yards and natural ventilation. VDI Report 1850, in Vorbereitung.

Keck M., Schmidlin A. und Sager A., 1999. Mehr Geruch von Milchviehställen mit Laufhöfen? Agrarforschung 6 (1), S. 5-7.

Koutny L., 2002. Geruchsausbreitung aus der Tierhaltung: Standorteinfluss. Agrarforschung 9 (8), S. 346-351.

Liljequist G. und Cihak K., 1979. Allgemeine Meteorologie. Vieweg, Braunschweig.

Richner B. und Schmidlin A., 1995. Mindestabstände von Tierhaltungsanlagen - Empfehlungen für neue und bestehende Betriebe. FAT-Bericht 476.

Schirz S., 1989. Handhabung der VDI-Richtlinien 3471 Schweine und 3472 Hühner. KTBL-Arbeitspapier 126.

Gesetzgebung:

Bundesgesetz über den Umweltschutz (Umweltschutzgesetz, USG) vom 7. Oktober 1983. SR 814.01.

Luftreinhalte-Verordnung (LRV) vom 16. Dezember 1985. SR 814.318.142.1.

Bundesgesetz über die Raumplanung (Raumplanungsgesetz, RPG) vom 22. Juni 1979. SR 700.

Verordnung über landwirtschaftliche Begriffe und die Anerkennung von Betriebsformen (Landwirtschaftliche Begriffsverordnung, LBV) vom 7. Dezember 1998. SR 910.91.

Verordnung des EVD über besonders tierfreundliche Stallhaltungssysteme (BTS-Verordnung) vom 7.12.1998. SR 910.132.4.

Verordnung des EVD über den regelmässigen Auslauf von Nutztieren im Freien (RAUS-Verordnung) vom 7.12.1998. SR 910.132.5.