



## **Abschlussbericht**

# **Immissionsschutzanforderungen bei der Umsetzung von Tierwohlställen in Bayern – Schwerpunkt Schweinehaltung**



**luft**





## **Abschlussbericht**

# **Immissionsschutzanforderungen bei der Umsetzung von Tierwohlställen in Bayern – Schwerpunkt Schweinehaltung**

Projektlaufzeit:  
15.11.2020–31.03.2024

UmweltSpezial

## Impressum

Immissionsschutzanforderungen bei der Umsetzung von Tierwohlställen in Bayern – Schwerpunkt Schweinehaltung

### Herausgeber:

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)  
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160  
86179 Augsburg  
Tel.: 0821 9071-0  
E-Mail: [poststelle@lfu.bayern.de](mailto:poststelle@lfu.bayern.de)  
Internet: [www.lfu.bayern.de/](http://www.lfu.bayern.de/)

### Angaben zum Auftragnehmer:

Müller-BBM Industry Solutions GmbH, Helmut-A.-Müller-Straße 1–5, 82152 Planegg, Christine Seuffert, Mira Kersten

### Im Falle der Bearbeitung am LfU:

LfU: Fabian Krischke, Gerald Ebertsch

### Bildnachweis:

LfU

### Karten:

#### Geobasisdaten:

© Bayerische Vermessungsverwaltung:

- DOP20, 2023
- Höhenlinien basierend auf dem DGM25, [www.geodaten.bayern.de](http://www.geodaten.bayern.de), Lizenz: [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), 2023
- Schummerung basierend auf dem DGM1, [www.geodaten.bayern.de](http://www.geodaten.bayern.de), Lizenz: [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), 2023

S. 20, S. 22, S. 24, S. 26, S. 31, S. 32, S. 104, S. 105, S. 106, S. 107, S. 108, S. 109, S. 110, S. 111, S. 112, S. 113, S. 114, S. 115, S. 116, S. 117, S. 118, S. 119

### Stand:

06 2024

Diese Publikation wird kostenlos im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Bayerischen Staatsregierung herausgegeben. Jede entgeltliche Weitergabe ist untersagt. Sie darf weder von den Parteien noch von Wahlwerbenden oder Wahlhelfern im Zeitraum von fünf Monaten vor einer Wahl zum Zweck der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags-, Kommunal- und Europawahlen. Missbräuchlich ist während dieser Zeit insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken und Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zweck der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Publikation nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Staatsregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Den Parteien ist es gestattet, die Publikation zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden.

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte sind vorbehalten. Die publizistische Verwertung der Veröffentlichung – auch von Teilen – wird jedoch ausdrücklich begrüßt. Bitte nehmen Sie Kontakt mit dem Herausgeber auf, der Sie – wenn möglich – mit digitalen Daten der Inhalte und bei der Beschaffung der Wiedergaberechte unterstützt.

Diese Publikation wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Für die Inhalte fremder Internetangebote sind wir nicht verantwortlich.



BAYERN | DIREKT ist Ihr direkter Draht zur Bayerischen Staatsregierung. Unter Tel. 089 12 22 20 oder per E-Mail unter [direkt@bayern.de](mailto:direkt@bayern.de) erhalten Sie Informationsmaterial und Broschüren, Auskunft zu aktuellen Themen und Internetquellen sowie Hinweise zu Behörden, zuständigen Stellen und Ansprechpartnern bei der Bayerischen Staatsregierung.

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>Kurzfassung</b>	<b>5</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>10</b>
1.1 Motivation	10
1.2 Ziele des Projektes	12
<b>2 Stand des Wissens</b>	<b>13</b>
2.1 Emissions- und Immissionsverhalten tiergerechter Außenklimaställe	13
2.2 Rechtlicher Rahmen	16
<b>3 Untersuchungsprogramm und Methodik</b>	<b>18</b>
3.1 Beschreibung der Anlagen	18
3.2 Betriebsdaten	27
3.3 Messpunkte	30
3.4 Untersuchungsprogramm	32
3.5 Mess-, Probennahme- und Analyseverfahren	33
3.6 Vergleich der Messergebnisse mit Immissionsprognosen	34
<b>4 Ergebnisse der Immissionsmessungen</b>	<b>37</b>
4.1 Geruch	37
4.2 Ammoniakkonzentration und Stickstoffdeposition	53
<b>5 Vergleich der Messergebnisse mit Immissionsprognosen</b>	<b>58</b>
5.1 Geruch	58
5.2 Ammoniak	67
<b>6 Diskussion der Ergebnisse</b>	<b>71</b>
6.1 Geruch	71
6.2 Ammoniak	75
<b>7 Handlungsempfehlungen</b>	<b>76</b>
7.1 Funktionsbereiche	77
7.2 Geruch	78
7.3 Ammoniak	78
7.4 Gesamtstaub	79
7.5 Auflagenvorschläge	80

<b>8</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>81</b>
8.1	Zusammenfassung	81
8.2	Ausblick	82

## Kurzfassung

Das Projekt „Immissionsschutzanforderungen bei der Errichtung von Tierwohlställen in Bayern – Schwerpunkt Schweinehaltung“ soll Wege zur Genehmigungsfähigkeit von Tierwohlställen aufzeigen. Das Vorhaben wurde aufgrund der oft unbekanntem Emissions- und Immissionssituation von tiergerechten Schweinehaltungen initiiert, um das Spannungsfeld zwischen „Tierwohl“ und Immissionsschutz zu minimieren. Die Finanzierung erfolgte durch das Bayerische Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz. Das Untersuchungsprogramm gliederte sich folgendermaßen:

- Vertiefte Recherche zu bereits bestehenden Tierwohlställen im Bereich Schweinehaltung in Bayern, um Kenntnisse über deren Immissionspotenzial zu erlangen
- Durchführung von Immissionsmessungen, unter anderem Geruchsfahnenbegehungen, Ermittlung von Polaritätenprofilen sowie der Ammoniakkonzentration und -deposition an drei bis vier Außenklimaställen.
- Erstellung von Immissionsprognosen und Vergleich der ermittelten maximalen Geruchsfahnenreichweite beziehungsweise der ermittelten Ammoniakimmissionskonzentrationen zur Abschätzung einer möglichst realistischen Mindestabstandsermittlung.

Durch die Zusammenführung von Recherche- und Untersuchungsergebnissen sollten Handlungsempfehlungen für den Vollzug für eine einheitliche und rechtssichere Vorgehensweise bei der Genehmigung erstellt werden. Durch zu ergänzende Auflagenvorschläge für die Genehmigung sollen die Emissionen dauerhaft minimiert und schädliche Umwelteinwirkungen vermieden werden.

### **Ergebnisse der Recherche zu bestehenden Tierwohlställen**

Eine genaue Erfassung der Tierwohlställe in Bayern ist bislang nicht möglich. Eine Abfrage bei den Kreisverwaltungsbehörden hat 87 Anlagen ergeben. Aus Sicht der haltungsbedingten Tierwohlkriterien muss Folgendes in der Schweinehaltung zumindest gewährleistet sein:

- Zugang aller Nutztiere zu verschiedenen Klimazonen, vorzugsweise Außenklima
- Angebot unterschiedlicher Funktionsbereiche mit verschiedenen Bodenbelägen
- Angebot von Einrichtungen, Stoffen und Reizen zur artgemäßen Beschäftigung, Nahrungsaufnahme und Körperpflege der Tiere
- Angebot von ausreichend Platz und keine dauerhafte Fixierung

Durch Ortsbesichtigungen konnte festgestellt werden, dass bei der Haltung in alternativen Haltungsverfahren unterschiedliche Ansätze der Landwirte verfolgt werden. Es gibt kaum einheitliche Stallbau-lösungen, meist sind die Stallbauten individuell. Die Funktionsbereiche bei Tierwohlställen in der Schweinehaltung sind in der Praxis unterteilt in Ruhebereich, Fress- und Aktivitätsbereich sowie Kot- und Harnbereich. Die Ruhebereiche sind als Mikroklimabereich gestaltet, dabei handelt es sich um Kisten, Hütten oder begehbare Hütten. Wichtig für die Ausbildung der Funktionsbereiche sind zum einen ein erhöhtes Platzangebot und zum anderen gutes Betriebsmanagement. Die Fütterung im Fress- und Aktivitätsbereich erfolgt als Trocken-, Brei- oder Flüssigfütterung. Die Futterbereitstellung erfolgt in der Regel vollautomatisch über Drucksysteme oder Kettenförderung. Futtermischungen können manuell oder vollautomatisch bereitgestellt werden.

Im Kot- und Harnbereich finden sich verschiedene Entmistungstechniken, dabei unterscheiden sich die eingesetzten Böden. Bei teilperforierten Böden mit planbefestigtem Ruhebereich und perforiertem Kotbereich erfolgt die Entmistung über einen Güllekeller oder es wird über einen stationären Unterflurschieber entmistet. Bei planbefestigten Böden im Kotbereich wird in der Regel eingestreut und mobil entmistet. Es gibt aber auch planbefestigte Systeme mit stationärer Schieberentmistung. Für eine

funktionssichere Kot-Harn-Trennung sind Schiebersysteme besonders gut geeignet, da durch verschiedene Konstruktionslösungen der Harn schnell abfließen kann und durch die hohe Reinigungsfrequenz der Schieber ein Verstopfen der Harnrinne vermieden wird. Die freie Lüftung erfolgt über offene Seitenwände mit oder ohne Ableitung über First oder über eine Offenfrontlüftung.

Als emissionsmindernde Maßnahmen haben sich bei Außenklimaställen für die Schweinehaltung folgende Techniken herausgestellt, die zum Teil mit noch unsicheren oder unbekanntem Minderungsfaktoren verbunden sind:

- Einrichtung von Funktionsbereichen zum Verringern der emissionsaktiven Oberfläche
- Zuluftkonditionierung und anpassbare Buchtengröße für eine verbesserte Einhaltung der Ruhebereiche
- Verwendung von Einstreu zur Steigerung der Attraktivität der Ruhebereiche und für eine Erhöhung der Trockenheit im Stall
- Schieberentmistung für eine hohe Reinigungsfrequenz
- Kot-Harn-Trennung zur Verringerung der Ammoniakentstehung
- Strohaufbereitungsmaßnahmen, um Staubemissionen zu mindern
- nährstoffangepasste Fütterung zur Verringerung von Stickstoffausscheidungen und für eine veränderte Darmaktivität mit positiven Auswirkungen auf die Geruchsbelastung
- Überdachung von Ausläufen, um den Feuchtigkeitseintrag zu mindern
- weitere sonstige Maßnahmen

Hinsichtlich des Belästigungspotenzials einzelner Anlagen in der Nachbarschaft muss auf eine Vielzahl von Faktoren geachtet werden. Meteorologische Bedingungen, die Ableitung der Emissionen, die Fütterung, das Betriebsmanagement, Stalltechniken, insbesondere Entmistungstechniken, aber auch die persönliche Empfindung von Gerüchen der Anwohner können Einflüsse auf eine mögliche Belästigungssituation haben.

### **Immissionsmessungen bei Außenklimaställen**

Für die immissionsschutzfachliche Beurteilung von tiergerechten Haltungsverfahren im Bereich Schweine wurde folgendes Untersuchungsprogramm durchgeführt:

- Erhebung der Geruchsbelastungen durch Fahnenbegehungen an vier verschiedenen Tierwohlställen (davon ein Stall mit Sauenhaltung) mit für Bayern typischen Betriebsgrößen zu jeweils vier verschiedenen Jahreszeiten
- Ermittlung der Fahnenreichweiten von Geruch an den Begehungstagen
- Erfassung von Polaritätenprofilen, Geruchsintensitäten und Hedonik im Zuge der Fahnenbegehungen
- Bestimmung der Ammoniakkonzentrationen an zwei Betrieben über ein Jahr mittels Diffusions-sammler (Passivsammler)
- Ermittlung der nassen Stickstoffdeposition über neun Monate an einem Betrieb mittels Wet-Only-Sammler

### Ergebnisse:

Die Geruchsimmisionsmessungen ergaben für die vier Anlagen (drei Mastschweinehaltungen, eine Sauenhaltung mit Ferkelaufzucht) mittlere Fahnenreichweiten von 250 m bis 421 m (Median: 229 m bis 434 m). Die Fahnenreichweiten hängen im Wesentlichen von den meteorologischen Bedingungen und den Emissionsniveaus der Anlagen ab.

Es wurde festgestellt, dass die Ausführung von Auslaufställen mit Offenfront im Vergleich zu Ställen ohne Auslauf und mit Trauf-/Firstlüftung keinen nachteiligen Einfluss auf Gerüche hat. Trotz des geringeren Tierbesatzes hatte die Sauenhaltung mit Auslauf vergleichbare Fahnenreichweiten (mittlere Fahnenreichweite 267 m) wie die Mastschweinehaltung mit Auslauf (mittlere Fahnenreichweiten von 250 m und 373 m). Dies könnte auf die bauliche Struktur zurückzuführen sein, die eine höhere Anzahl an potenziell emissionsrelevanten Flächen aufweist.

Die Geruchsintensität der Geruchswahrnehmungen im Rahmen der Fahnenbegehungen wurde von den Probanden einheitlich über alle Anlagen im Mittel als „schwach“ bis „deutlich“ eingestuft. Mit zunehmender Geruchswahrnehmungshäufigkeit wurde der Geruch als intensiver eingestuft. Bei der hedonischen Empfindung wurden die Gerüche auf einer Skala von „äußerst unangenehm“ bis „äußerst angenehm“ eingestuft und Polaritätenprofile erstellt. Die hedonische Wirkung wurde als „eher unangenehm“ eingestuft, wobei die Sauenhaltung im Vergleich zu den Mastschweineställen etwas besser bewertet wurde. Die Ergebnisse zur hedonischen Wirkung spiegeln sich auch in der Auswertung der Polaritätenprofile wider. Diese zeigten eine hohe Ähnlichkeit zum Konzept „Gestank“ und eine hohe Unähnlichkeit zum Konzept „Duft“.

Insgesamt war zu berücksichtigen, dass die meteorologischen Anforderungen der DIN EN 16841-2 für die Durchführung der statischen Fahnenbegehungen nicht immer eingehalten werden konnten. Aufgrund der vielfältigen Abhängigkeiten wurde deshalb ein Vergleich der Messergebnisse mit Immissionsprognosen durchgeführt.

Bei den Untersuchungen zur Stickstoffdynamik in der Umgebung eines Mastschweinestalles kann festgestellt werden, dass die trockene Deposition im Nahbereich der Anlage deutlich höher zum Stickstoffeintrag beiträgt als die nasse Deposition. Die Ammoniakkonzentration in der Umgebung der Anlage wird im Wesentlichen durch meteorologische Einflussfaktoren bestimmt. Bei der untersuchten Sauenhaltung näherte sich die gemessene Ammoniakkonzentration im Abstand von circa 300 m der Hintergrundbelastung an. Bei der Mastschweinehaltung waren dagegen auch in Entfernungen von 300 m noch deutliche Einflüsse der Anlage erkennbar. Auch hier ist aufgrund der Transmissionsverhältnisse des Luftschadstoffes ein Vergleich mit Ausbreitungsrechnungen sinnvoll. Bei der nassen Deposition liegen die Werte im Bereich der zu erwartenden Hintergrundbelastung.

### **Vergleich der Messergebnisse mit Immissionsprognosen**

Zur besseren Einordnung der Messergebnisse wurden Ausbreitungsrechnungen durchgeführt. Die Ergebnisse des Vergleiches lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Aufgrund des geringen Stichprobenumfangs ist keine genaue Rückrechnung auf eine Quellstärke für Geruch möglich, lediglich eine Tendenz ist ableitbar. Der Vergleich der Ergebnisse der Fahnenbegehung mit den Ergebnissen der Rückrechnung zeigt eine deutliche Tendenz, dass die Emissionsfaktoren nach VDI 3894 Blatt 1 für die Mastschweinehaltung zu konservativ (zu hoch) sind und deshalb eine Reduzierung empfohlen werden kann. Bei der Sauenhaltung ergibt sich dagegen, dass eine Reduzierung der geltenden Geruchsstoffemissionsfaktoren an der untersuchten Anlage nicht empfohlen werden kann.

Aus dem Vergleich der Ergebnisse der Ammoniakuntersuchung mit den Immissionsprognosen ergibt sich kein konkreter Anpassungsbedarf von Emissionsfaktoren für den Vollzug. Nach Anhang 11 der TA Luft darf bei tiergerechten Außenklimaställen im Mastbereich ein Emissionsfaktor von  $1,95 \text{ kg}/(\text{TP} \cdot \text{a})$  nicht unterschritten werden. Die Ergebnisse der Rückrechnungen zeigen, dass die Emissionen in etwa in diesem Bereich liegen.

Im Bereich der Sauenhaltung sind nach TA Luft Anhang 11 bei tiergerechten Außenklimaställen keine weiteren Minderungstechniken erforderlich. Die verwendeten Emissionsfaktoren der VDI 3894-1 für den Bereich der Ferkelerzeugung und Sauenhaltung sind nach den Ergebnissen dieser Untersuchung sehr konservativ. Nach dieser Untersuchung überschätzen die Prognoseergebnisse die Messwerte, eine Reduzierung der Emissionsfaktoren in den einzelnen Bereichen der Ferkelerzeugung um circa 20 % bis 30 % wäre denkbar. Grundsätzlich sollten hier noch weitere Untersuchungen durchgeführt werden, um die Ergebnisse abzusichern.

Aufgrund von Vergleichsberechnungen wurden die Unterschiede von AUSTAL 2000 und AUSTAL 3 im Vergleich zu der VDI-Richtlinie 3894-2 untersucht. Dabei wurde festgestellt, dass bei AUSTAL 3 in der Regel bei normalen Ausbreitungssituationen höhere Reichweiten prognostiziert werden. Aufgrund dieser Erkenntnisse sollte die VDI 3894-2 überarbeitet werden, um mit dem neuen Ausbreitungsmodell AUSTAL 3 konform zu sein. Eine Ausarbeitung einer Abstandsrichtlinie auf Basis der VDI 3894-2 wie für die bayerische Abstandskurve für Rinderhaltung ist daher noch nicht möglich.

### **Handlungsempfehlungen für den Vollzug**

Niedrigere Temperaturen und Funktionsbereiche in tiergerechten Außenklimaställen führen zu geringeren Emissionen im Vergleich zu konventionellen Haltungsformen. Maßgeblich für den emissionsreduzierten Betrieb von tiergerechten Haltungsverfahren ist die sichere Ausbildung von Funktionsbereichen. Im Kot- und Harnbereich sollten gezielt emissionsmindernde Techniken zum Einsatz kommen. Dadurch lässt sich die emissionsrelevante Fläche begrenzen. Deshalb ergibt sich ein gegenüber zwangsbelüfteten Haltungsverfahren verändertes Belästigungspotenzial.

Folgende Maßgaben für tiergerechte Haltungsverfahren werden empfohlen:

- Das Platzangebot für die Tiere muss über den gesetzlichen Mindestvorgaben liegen, so dass die Tiere Funktionsbereiche ausbilden können.
- Der Liegebereich sollte planbefestigt und eingestreut oder verformbar sein.
- Der Kotbereich sollte so weit wie möglich vom Liegebereich entfernt sein und offene Kontaktgitter zu den Nachbarbuchten sowie eine Anordnung hin zum kälteren Bereich haben. Ein perforierter Boden kann helfen, das Abkotverhalten zu steuern und die Bucht sauber zu halten. Die Buchten sollen täglich auf Verunreinigungen kontrolliert und bei Bedarf gereinigt werden. Dies gilt auch für einen verstopften perforierten Boden.
- Verwendung bodendeckender, saugfähiger und trockener Einstreu auf geschlossenen Bodenflächen im Auslauf oder im planbefestigten Kotbereich, die mindestens zweimal wöchentlich entfernt werden muss. Bei feuchter Einstreu ist eine häufigere Entmistung erforderlich. Der Kotbereich sollte möglichst ein Gefälle hin zu einer Abflussrinne aufweisen, damit Urin und gegebenenfalls Regenwasser schnell abfließen können und die Einstreu trocken bleibt. Der Kotbereich sollte möglichst vollständig überdacht werden.
- Die Kot-Harn-Trennung mit Schieberentmistung kann eine weitergehende Emissionsminderung ermöglichen. Der Unterflurschieber soll vollautomatisch gesteuert sein, um eine Reinigung ohne Tierbetreuer zu ermöglichen. Der Schieberbetrieb soll automatisch erfasst und aufgezeichnet werden.
- Für Geruch ergibt sich aufgrund der Erkenntnisse des Projektes, dass für die tierwohlorientierte Mast Schweinehaltung der Geruchsstoffemissionsfaktor für die Schweinemast (Flüssigmist-/Festmistverfahren) von 50 GE/(s\*GV) der VDI-Richtlinie 3894-1 zu hoch ist. Aufgrund des Vergleichs von Ausbreitungsrechnungen an typischen bayerischen Standorten mit den Ergebnissen der Fahnenbegehungen wird empfohlen, für die tierwohlorientierte Schweinemast einen neuen reduzier-

ten Geruchsstoffemissionsfaktor von 30 GE/(s\*GV) einzuführen und diesen bei Ausbreitungsrechnungen zu verwenden. Im Bereich der Sauenhaltung und Ferkelerzeugung kann dagegen keine Reduzierung der Geruchsstoffemissionsfaktoren der VDI 3894-1 empfohlen werden.

- Aufgrund der hedonischen Einstufung von Gerüchen hin zu weniger intensiven und weniger unangenehmen Wahrnehmungen kann der Gewichtungsfaktor von 0,65 im Anhang 7 der TA Luft (Tabelle 24) für Mastscheine auch für tiergerechte Haltungsverfahren auf den Bereich der Ferkelerzeugung bei Anlagen bis zu 90 Sauenplätzen angewendet werden.
- Tiergerechte Außenklimaställe in der Mastschweinehaltung mit einem perforierten Kotbereich haben gemäß TA Luft ein um etwa 33 % geringeres Emissionspotenzial bei Ammoniak im Vergleich zu konventionellen Haltungsformen von Mastschweinen in geschlossenen Ställen. Bei planbefestigten und eingestreuten Ausläufen können dagegen höhere Emissionen entstehen. Diese können jedoch durch ein angepasstes Management reduziert werden. Im Bereich der Sauenhaltung sind nach TA Luft Anhang 11 bei tiergerechten Außenklimaställen keine weiteren Minderungs-techniken erforderlich.
- Die vorgenommenen Messungen der Ammoniakkonzentration an einer tiergerechten Sauenhaltung mit Ferkel zeigen, dass sich die Ammoniakkonzentration bereits ab circa 300 m Entfernung der Hintergrundkonzentration annähert.
- Für Gesamtstaub ist in der Regel in Genehmigungsverfahren die Prüfung der Einhaltung des Bagatellmassenstroms für Partikel (PM<sub>10</sub>) der Tabelle 7 der TA Luft ausreichend. Bei größeren Anlagen mit Überschreitung des Bagatellmassenstroms zeigt sich, dass die zugehörigen Immissionsgrenzwerte für Staub auch dann nicht überschritten werden, wenn die Anlage zu mehr als 10 % an relativen Geruchshäufigkeiten an einem Immissionsort beiträgt.

Zur Umsetzung der Handlungsempfehlungen wurden Auflagenvorschläge für den Betrieb von tierwohlorientierten Mastschweinehaltungen ausgearbeitet (siehe Kapitel 7.5). Weiterhin steht zur Beurteilung, ob der Schutz vor erheblichen Nachteilen durch Schädigung empfindlicher Pflanzen und Ökosysteme durch Einwirkung von Ammoniak gewährleistet ist, eine EDV-Lösung bereit, die eine qualifizierte Abschätzung der Ammoniakeinträge erlaubt. Weiterhin ist eine Web-Anwendung geplant, um die schädlichen Umwelteinwirkungen durch Tierhaltungsanlagen abschätzen zu können.

# 1 Einleitung

## 1.1 Motivation

Der Fokus bei der Schweine- und Geflügelhaltung lag in den letzten Jahrzehnten hauptsächlich auf einer möglichst kosteneffizienten Produktion. Gegenwärtig steigt jedoch der gesellschaftliche Anspruch nach tiergerechteren Haltungsformen. Letzteres wird sowohl von der Politik als auch vom Handel durch gezielte Förderungsmaßnahmen für sogenannte „Tierwohlställe“ aufgegriffen. Das Kompetenznetzwerk Nutztierhaltung hat einen Umbau der Nutztierhaltung hin zu mehr Tierwohl durch Umstellungen auf Außenklimaställe bis 2040 empfohlen [1]. Diese Position wurde auch im Papier der Zukunftskommission Landwirtschaft [2] übernommen. Der Weg der Bundesregierung mit der Einführung des Tierhaltungskennzeichnungsgesetzes wird Auswirkungen auf den Transformationsprozess für die Schweinehaltung haben. Ebenso nimmt der Druck des Lebensmitteleinzelhandels zu, auf Produkte aus besonders artgerechter Tierhaltung umzusteigen [3]. Fehlende Informationen über das Emissionsverhalten und die Immissionssituation von Tierwohlställen sorgen jedoch für Verunsicherungen bei der immissionsschutzrechtlichen Genehmigungspraxis.

Eine Umstellung von Schweinehaltungsbetrieben zu mehr Tierwohl wird von vielen Anwohnern im Vorfeld häufig als sehr kritisch gesehen, vor allem, wenn diese im Istzustand bereits von Gerüchen betroffen waren. Die Wissenslücken und die Konfliktsituationen, insbesondere bei Gerüchen, sind im Bereich der Schweinehaltung am größten. Der Umbau der Nutztierhaltung wird mit dem Förderprogramm „Bayerisches Programm Tierwohl (BayProTier)“ gezielt gefördert, um die Landwirte beim Umstellungsprozess zu unterstützen [4]. Aus diesen Gründen wurde vom Bayerischen Landesamt für Umwelt (LfU) ein Projekt zur Bewertung der Immissionen typischer tierwohlorientierter Schweinehaltungen in Bayern konzipiert. Das Vorhaben wurde vom Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (StMUV) finanziert.

Die kleinstrukturierte Landwirtschaft in Bayern (siehe Abb. 1) ist im Vergleich zu anderen Ländern besonders prädestiniert, auf Tierwohlställe im Bereich der Schweinehaltungen umzustellen. Im November 2020 gab es in Bayern circa 4.600 Schweinebetriebe mit mindestens 50 Mastschweinen oder 10 Sauen. Davon waren etwa 150 Betriebe immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftig, das heißt betroffen sind Anlagen mit mehr als 1.500 Mastschweineplätzen beziehungsweise 750 Sauenplätzen oder 6.000 Ferkeln [5].

Die Haltung in Außenklimaställen wird meistens im Zuge der ökologischen Tierhaltung praktiziert. Nur rund 6,5 % der bayerischen Schweinebetriebe halten ihre Schweine ökologisch. Der Gesamtbestand an ökologisch gehaltenen Schweinen beträgt lediglich 1 % in Bayern [6]. Die ökologische Schweinehaltung ist deutlich kleinstrukturierter im Vergleich zu konventionellen Haltungsverfahren. Von 804 bayerischen Ökobetrieben hielten im Jahr 2017 17 Betriebe über 400 Schweine und nur ein Betrieb über 1.000 Schweine [7].

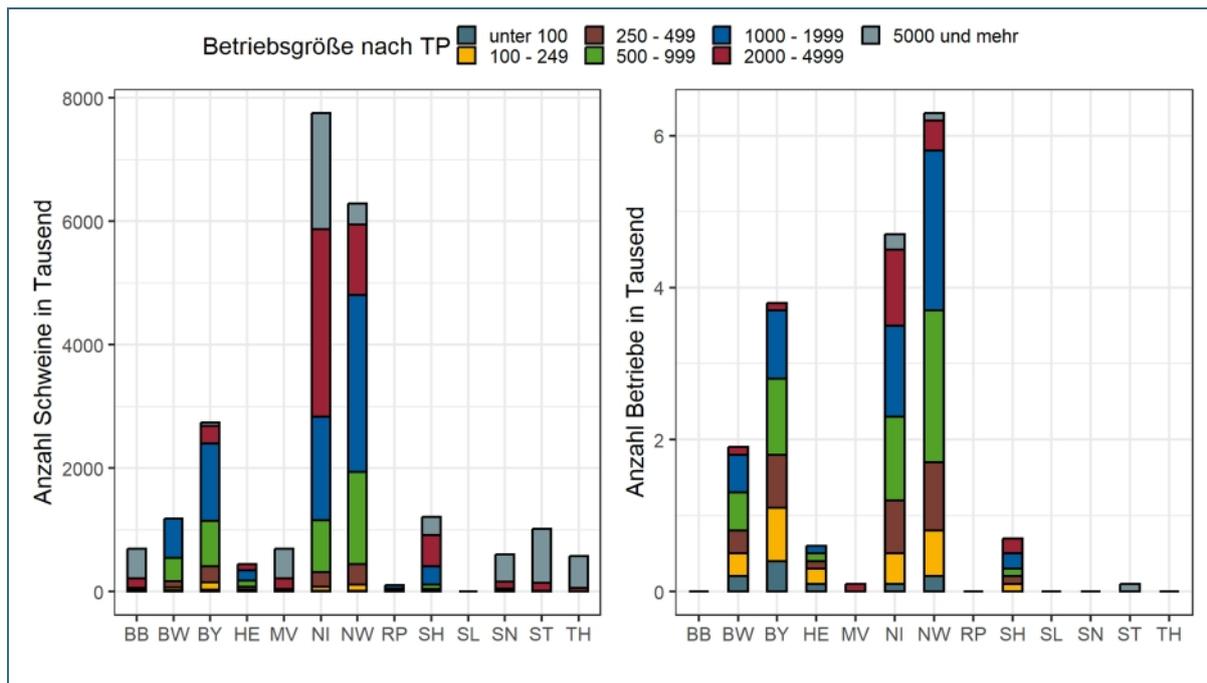


Abb. 1: Schweinebestände (links) und Schweinehalter (rechts) nach Betriebsgröße mit mehr als 50 Tierplätzen (TP) in 2021; eigene Darstellung nach Destatis, 2022 [8]

Aktuell kommen auch bei größeren Beständen Umstellungen, Erweiterungen und Neuanlagen hinzu. Selbst bei großen Anlagen, die der Industrieemissions-Richtlinie 2010/75/EU unterliegen (mindestens 2.000 Mastschweine), sollen tiergerechte Haltungsverfahren gefördert werden. Dabei sind in Bezug auf die festgelegten assoziierten Emissionswerte gemäß den Schlussfolgerungen über die besten verfügbaren Techniken (BVT) für die Intensivhaltung von Geflügel oder Schweinen der EU-Kommission Ausnahmen zulässig, wenn der Stall „nachweislich dem Tierwohl dient“. Im Immissionschutz gibt es für besonders tiergerechte Ställe oder Ökoställe kaum Vorteile – sie werden in Bezug auf die relevanten Immissionswerte oft genauso beurteilt wie konventionelle Tierhaltungsanlagen. Hier ist ein gewisser Zielkonflikt zwischen den Anforderungen zum Immissionschutz und dem Tierwohl bereits ersichtlich.

Durch den gesellschaftspolitisch gewollten Umbau der Tierhaltung hin zu mehr Tierwohl sollten zukünftig angepasste Anforderungen an die immissionsschutztechnische Beurteilung solcher Stallungen gestellt werden. Die Umstellung von zwangsbelüfteten Ställen mit gefassten Ableitbedingungen über Kamine und teilweise vorgeschalteten Abluftreinigungsmaßnahmen hin zu frei belüfteten Ställen mit bodennahen diffusen Emissionsquellen kann einerseits zu einem höheren Belästigungspotenzial bei Gerüchen in der Nachbarschaft führen. Andererseits ist denkbar, dass aufgrund niedrigerer Durchschnittstemperaturen in den Stallungen, einer windinduzierten Ableitung und der Ausbildung von Funktionsbereichen die Immissionsbelastungen von tierwohlorientierten Haltungsverfahren im Vergleich zu zwangsbelüfteten Ställen niedriger ist und deshalb andere Beurteilungsmaßstäbe notwendig sind.

Bei den Ammoniakemissionen kann nicht ausgeschlossen werden, dass das höhere Platzangebot für die Tiere zu einer Zunahme von verschmutzten Flächen und zu einer Zunahme der Emissionen führt. Dabei sind von der Europäischen Union gerade bei Ammoniak hohe Minderungsziele für Deutschland durch die NEC-Richtlinie (EU) 2016/2284 vom 14.12.2016 vorgegeben. Ebenso ist aber auch denkbar, dass die Immissionsbelastung bei Ammoniak im Vergleich zu zwangsgelüfteten Ställen in größerer Entfernung oder auch aufgrund der tieferen Durchschnittstemperaturen in den Ställen sinkt. Zudem können durch das Angebot von getrennten Funktionsbereichen – wie Fressen, Liegen, Koten – die mit

Kot verschmutzten Flächen deutlich reduziert werden. Es ist bekannt, dass Schweine, die von Natur aus sehr saubere und überaus intelligente Tiere sind, bei einer konzeptionellen Gestaltung mit genügendem Platzangebot und gutem Betreibermanagement in einem vorgesehenen Bereich koten und harnen.

Bundesweit gibt es noch keine einheitliche Vorgehensweise, wie Ställe, die dem Tierwohl dienen, aus immissionsschutzfachlicher Sicht bewertet werden sollen. Weder sind belastbare Emissionsfaktoren für Ausläufe bekannt, noch liegen belastbare Daten zum Belästigungspotenzial oder zu einzuhaltenen Mindestabständen vor. Ebenso gibt es kaum Untersuchungen, durch welche technischen Maßnahmen und Managementvorgaben die Emissionen bei solchen Stallsystemen gemindert und überwacht werden können.

## 1.2 Ziele des Projektes

Das Projekt „Immissionsschutzanforderungen bei der Umsetzung von Tierwohlställen – Schwerpunkt Schweinehaltung“ sollte Wege zur Genehmigungsfähigkeit von Tierwohlställen aufzeigen. Dazu wurden Erfahrungen aus bestehenden Praxisbetrieben genutzt und eigene Untersuchungen zum Immissionsverhalten durchgeführt. Messungen der Gerüche durch statische Fahnenbegehungen und die Erfassung der Stickstoffdynamik in der Umgebung der Anlage sollten dazu dienen, die nötigen immissionsschutztechnischen Anforderungen beziehungsweise die Auswirkungen auf die Immissionen besser einschätzen zu können. Ziel war schädliche Umwelteinwirkungen auf ein Mindestmaß zu senken und einen möglichen Zielkonflikt zwischen Umweltschutz und Tierwohl zu minimieren. Die Erkenntnisse aus den Untersuchungen sollen eine möglichst realitätsnahe und praxisgerechte immissionsschutzrechtliche Beurteilung von tierwohlorientierten Schweinehaltungen ermöglichen.

Das Untersuchungsprogramm unterteilte sich dazu wie folgt:

- Recherche zu bereits bestehenden Tierwohlställen im Bereich der Schweinehaltung in Bayern, um Kenntnisse über das Immissionspotenzial zu erlangen
- Durchführung von Immissionsmessungen an vier verschiedenen Außenklimaställen:
  - Ermittlung der Geruchsbelastungen im Umfeld der Anlage durch statische Fahnenbegehungen zu verschiedenen Jahreszeiten an den vier Anlagen
  - Bewertung der Hedonik und Intensität bei der Geruchswahrnehmung sowie Erstellung von Polaritätenprofilen, um ein eventuell verändertes Belästigungspotenzial (z. B. weniger geruchsintensiv als konventionelle Ställe) abschätzen zu können
  - Bestimmung der Fahnenreichweiten bei unterschiedlichen Stallsystemen, um auf mögliche Mindestabstände zu schließen
  - Ermittlung der Stickstoffbelastung durch Passivsammlermessungen (Ammoniak) im Umfeld von zwei Anlagen sowie Messung der nassen Stickstoffdeposition an einer Anlage
  - Dokumentation und Erhebung von meteorologischen Randparametern während der Messungen
- Vergleich der Messergebnisse mit Immissionsprognosen:
  - Vergleich von Immissionsprognosen mit den Ergebnissen von Geruchsimmissionsmessungen zur Abschätzung eines möglichen realistischen Abstandes zur Wohnbebauung
  - Vergleich mit den ermittelten Ammoniakimmissionskonzentrationen beziehungsweise Rückrechnung auf einen möglichen Emissionsfaktor
  - Diskussion von möglichen Diskrepanzen zwischen Messwerten und Prognosewerten,

- Vergleich der Ergebnisse mit der Methode nach VDI 3894 Blatt 2 – Emissionen und Immissionen aus Tierhaltungsanlagen – Methode zur Abstandsbestimmung für Geruch bei Tierhaltungsanlagen
- Zusammenführung von Recherche- und Untersuchungsergebnissen für die Ableitung von Handlungsempfehlungen für den Vollzug im Hinblick auf
  - Einheitlichkeit und rechtssichere Vorgehensweise bei der Genehmigung und im Beschwerdefall trotz noch vorhandener Wissenslücken
  - Auflagenvorschläge für die Genehmigung, um schädliche Umwelteinwirkungen zu verhindern,
  - Kontrolle/Überwachung von geeigneten Betriebsparametern, um im Beschwerdefall den bestimmungsgemäßen Betrieb zu überprüfen
  - Möglichst Erstellung einer vereinfachten Abstandsregelung für kleinere Betriebe in Anlehnung an die Rinderabstandsregelung in Bayern

Aus den Untersuchungsergebnissen wurden für die Kreisverwaltungsbehörden Handlungsempfehlungen für eine sachgerechte Beurteilung von Tierwohlställen im Genehmigungsverfahren ausgearbeitet. Die Erkenntnisse aus dem Projekt sollen in bundesweite Gremien einfließen, um eine praxismgerechte Beurteilung von tierwohlorientierten Schweinehaltungen zu ermöglichen. Es sollen außerdem Möglichkeiten zur Überprüfung eines ordnungsgemäßen Betriebs von Tierwohlställen ermittelt werden.

## 2 Stand des Wissens

### 2.1 Emissions- und Immissionsverhalten tiergerechter Außenklimaställe

Die immissionsschutzrechtliche Bewertung von tiergerechten Außenklimaställen erfolgt derzeit nicht bundeseinheitlich. Oftmals liegen nur veraltete Emissionsfaktoren vor, die auf neue tiergerechte Ställe nur ggf. bedingt anwendbar sind. Derzeit können keine eindeutigen Aussagen über das Emissions- und Immissionsverhalten von Tierwohlställen getätigt werden. Häufig wird vermutet, dass mit dem deutlich höheren Platzbedarf der Tiere die Emissionen aufgrund verschmutzter Flächen ansteigen. Andererseits können durch die Bildung von Funktionsbereichen die verschmutzten Flächen geringgehalten werden, ferner wird durch die niedrigere Durchschnittstemperatur in den Ställen die Ammoniakbildung gehemmt. Die Bereitstellung von Einstreu kann aufgrund der schnellen Harnbindung sowohl emissionsmindernd, aber auch durch die größere verschmutzte Oberfläche emissionsfördernd wirken [9].

#### Emissionen, Emissionsfaktoren und Minderungsmaßnahmen

Für Ammoniak liegen in der Richtlinie VDI 3894 Blatt 1 [10] zwei Emissionsfaktoren für Außenklimaställe bei der Schweinemast vor. Beim Außenklimastall mit Schrägboden ( $2,43 \text{ kg}/(\text{TP}^*\text{a})$ ) sind im Vergleich zum konventionellen zwangsgelüfteten Stall ( $3,64 \text{ kg}/(\text{TP}^*\text{a})$ ) die Emissionen deutlich geringer, beim Außenklimastall mit Tiefstreu dagegen höher ( $4,2 \text{ kg}/(\text{TP}^*\text{a})$ ). Die Richtlinie VDI 3894 Blatt 1 befindet sich derzeit in Überarbeitung. Das Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. (KTBL) führt Vorhaben durch, um neue Emissionsfaktoren insbesondere von Außenklimaställen beziehungsweise von Ausläufen zu ermitteln. Bei den Emissionsmessungen an Ausläufen von Masthaltungen haben Wolf et al. [11] im Projekt „EmiDat“ ermittelt, dass die Ammoniakemissionen von Mastschweineställen mit Ausläufen nicht schlechter zu bewerten sind als die von konventionellen Ställen. Die mittlere gemessene Ammoniakemissionsrate der Ställe mit Auslauf betrug  $3,1 \text{ kg}/(\text{TP}^*\text{a})$  und liegt damit über denen für Außenklimaställe mit Schrägboden nach VDI 3894 Blatt 1. Emissionsmindernden Maßnahmen wurden im Projekt „EmiMin“ des KTBL untersucht [12].

In einem Projekt der Landwirtschaftlichen Untersuchungs- und Forschungsanstalt (LUFA) Nord-West wurden Emissionsmessungen an verschiedenen Außenklimaställen durchgeführt. Hier zeigte sich eine breite Spanne an Emissionswerten für Ammoniak und Geruch und auch, dass das Betriebsmanagement solcher Ställe eine wichtige Rolle im Emissionsverhalten einnimmt [13].

Insbesondere durch funktionsfähige Kot-Harn-Trennung können Ammoniakemissionen deutlich reduziert werden. Es ist entscheidend, ob der Harn schnell getrennt vom Kot abfließen kann. In einer französischen Studie [14] wurde ein ammoniakmindernder Effekt von bis zu 40 % durch die Kot-Harn-Trennung festgestellt. In der Studie wurde ein System mit Unterflurschieber eingesetzt. Durch das Gefälle im V-förmigen Schieberkanal fließt der Harn schnell in die mittige Harnrinne ab. Durch regelmäßiges Abschieben des Festmistes wird der Kotkanal sauber gehalten. Aussagen über die Änderung der Geruchsemissionen durch beispielsweise die erhöhte Reinigungsfrequenz der Schieberentmischung liegen für solche Systeme jedoch nicht vor. Die KTBL gibt eine Minderung von 49% durch die Kot-Harn-Trennung mittels Unterflurschieber an [12].

Die Fütterung der Schweine spielt eine wesentliche Rolle bei der Bildung von Ammoniak und Geruchsstoffen. Durch eine bedarfsgerechte Fütterung lassen sich Ammoniakemissionen durch verringerte Stickstoffausscheidungen deutlich reduzieren [15]. Eine faserreiche Ernährung der Schweine kann eine Verminderung der Geruchs- und Ammoniakemissionen bewirken [16]. Weitere Untersuchungen ergaben, dass durch eine ideale Proteinzuführung die Futterumsetzung im Tier verbessert wird und dadurch weniger beziehungsweise hedonisch veränderte Geruchsemissionen entstehen können [17, 18, 19]. Auch die Art der Proteinquelle kann Auswirkungen auf die Geruchsemissionen haben [20].

Die Stallluft in Nutztierställen enthält eine Vielzahl von Komponenten, die meist als Aerosol, Bioaerosol oder Staub bekannt sind. Generell wird die Belastung der Stallluft mit Staub und Mikroorganismen von der Tieraktivität, dem Alter der Tiere, der Haltungsform mit oder ohne Einstreu, der Fütterungsart und Futterstruktur, dem Management und anderen stalltypischen Faktoren, wie Lüftung und Stallklima, bestimmt. Die wesentlichen Staubquellen in der Tierhaltung sind Futtermittel. Nur ein geringerer Anteil geht von den Tieren und von Fäkalien aus. Je nach Tierart ist eine weitere wesentliche Quelle die Einstreu. Untersuchungen haben gezeigt, dass die Einstreu bei Schweinehaltungen die Partikelemissionen nicht wesentlich steigert, weshalb die Fütterung und die Futtermittel als wesentliche Staubquellen anzusehen sind. Als wesentliche Minderungsmaßnahme ist der Einsatz von nicht staubendem Futtermittel und staubarmem Futtermittel möglich. Technische Möglichkeiten zur Staubreduzierung mittels Zusatzstoffen wie Wasser und Rapsöl als Aerosol sind ebenfalls vorhanden. Die Einstreu kann vor dem Einbringen in den Stall entstaubt und aufbereitet werden [21].

In der Richtlinie VDI 4255 Blatt 4 [22] wird für die Haltung der Schweine auf Stroh ein Emissionsfaktor von  $2 \cdot 10^4$  KBE/(TP\*s) für Bakterien angegeben, für die Haltung auf Spaltenboden einer von  $2 \cdot 10^3$  KBE/(TP\*s) beim gleichen zugrunde liegenden Messsystem. In einer australischen Untersuchung zu Konzentrationen und Emissionen von luftgetragenen Endotoxinen und Mikroorganismen wurden bei strohbasierten Haltungsverfahren höhere Werte für Gesamtbakterien und Endotoxine als bei einstreulosen Haltungsverfahren festgestellt [23]. Auch in europäischen Studien wurden höhere Endotoxinwerte bei eingestreuten Verfahren festgestellt [24]. Weitere Studien haben gezeigt, dass die Staubkonzentration bei mechanischer Belüftung niedriger ist als in frei belüfteten Ställen. Die Gesamtbakterien und Pilze sind in dieser Untersuchung jedoch in frei belüfteten Ställen niedriger als in mechanisch belüfteten Ställen [25]. Insgesamt ist durch tiergerechte Haltungsformen mit veränderter Bioaerosolbelastung zu rechnen, die durch verschiedene Faktoren beeinflusst wird, wie z. B. Lüftung, Temperatur, Platzangebot, Einstreumaterialien und Fütterungsmanagement.

## Unsicherheit von Immissionsprognosen bei Tierwohlställen

Vergleichende Berechnungen von bodennahen Volumen- oder Flächenquellen und 10 m hohen Punktquellen mit Abgasfahnenüberhöhungen, die typisch für die konventionelle Tierhaltung sind, zeigen deutliche Unterschiede bei der Immissionsbelastung im Nahbereich, aber auch bei den Abständen im Fernbereich, ab denen die Irrelevanzschwellen der Zusatzbelastung von Außenklimaställen erreicht werden [16]. Durch einen in Genehmigungsverfahren meist herangezogenen konservativen Ansatz der Offenstallhaltungen bei Immissionsprognosen ergeben sich rechnerisch höhere Belastungen im direkten Nahbereich, aber auch in deutlich weiterer Entfernung im Vergleich zu konventionellen zwangsgelüfteten Ställen. Dies entspricht derzeit nicht den Erfahrungen bei Geruchsbelastungen und Beschwerdesituationen im Umfeld von modernen, gut geführten Offenstallhaltungen. Besonders große Abstände ergeben konservative Berechnungen bei der Irrelevanzbetrachtung bei Geruch (z. B. größer 2 km), während sich bei Ammoniak die Mindestabstände zu empfindlichen Pflanzen und Ökosystemen (Gesamtzusatzbelastung kleiner  $2 \mu\text{g NH}_3/\text{m}^3$ ) aufgrund der niedrigeren Ammoniakemissionen kaum von zwangsgelüfteten Ställen unterscheiden [26].

Die detaillierten Ergebnisse von Immissionsprognosen dürfen nicht darüber hinwegtäuschen, dass die berechneten Geruchshäufigkeiten mit großen Unsicherheiten behaftet sind. Die Eingabeparameter sind daher reine Konventionen, die in vielen Fällen bei Tierwohlställen noch nicht belastbar sind. Unklar ist, ob das Prognosemodell der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft) die Irrelevanz von Geruchsbelastungen bei windinduzierten Flächenquellen plausibel abbildet.

Eine Validierung von Immissionsprognosen im Hinblick auf die Abschätzung des berechneten Irrelevanzbereichs durch Begehungen ist nicht durchführbar, da dies für eine statistische Absicherung eine nicht durchführbar hohe Anzahl an Begehungen erfordern würde [27]. Insbesondere durch die starke flächenhafte Vorverdünnung kommt es im Vergleich zur Punktquelle von Anfang an zu einer gleichmäßigeren Konzentrationsverteilung. Die Konvention im TA Luft-Modell mit Berechnung der Mittelwerte, welches die Konzentrationsschwankungen innerhalb einer Stunde durch die Multiplikation der errechneten durchschnittlichen Geruchsstundenkonzentration mit dem Faktor 4 (Peak-to-Mean) zu berücksichtigen versucht, ist für den Fernbereich, wo die Konzentration um die Geruchsschwelle von  $1 \text{ GE}/\text{m}^3$  schwankt, eher zu konservativ. Untersuchungen zeigen, dass das Peak-to-Mean-Verhältnis mit größerem Abstand zur Quelle aufgrund der turbulenten Durchmischung abnehmen kann [28]. Deutliche Unterschiede ergeben sich zwischen Modellen mit angepasstem Peak-to-Mean-Faktor und einem konstanten Faktor von 4, die Geruchsstundenhäufigkeiten werden mit dem Faktor 4 deutlich konservativer geschätzt [29, 30].

Das Mittelwertmodell der TA Luft und die Bewertung der Geruchsstunde über eine Beurteilungsschwelle ist durch verschiedene Ansätze validiert. Vergleichsberechnungen zeigen, dass eine explizite Auflösung der Wahrnehmungshäufigkeiten zur Bestimmung der Geruchshäufigkeiten in der gleichen Größenordnung liegt, wie sie sich bei einer Variation der Quellstärke um 20 % ergeben würde. Die Bestimmung der Emissionsstärke ist jedoch bei offenen Systemen mit deutlich größeren Unsicherheiten behaftet [31, 32]. Es ist ebenfalls nicht bekannt, ob Abbauprozesse bei der Transmission durch z. B. UV-Strahlung die prognostizierten Fahnenreichweiten in der Realität verkürzen. Im Labormaßstab konnte festgestellt werden, dass UV-Strahlung Geruchsemissionen in der Tierhaltung mindern kann [33]. Weiterhin können die Emissionen aus windinduzierter freier Belüftung zum Teil deutlich schwanken. So haben verschiedene Ursachen, z. B. Windrichtung, Windgeschwindigkeit, Buchtenanordnung, Tierbesatz, Öffnungen und andere Hindernisse, wesentlichen Einfluss auf die Strömungsbedingungen sowie die Emissionen, diese Einflüsse können nicht ganzheitlich in Simulationsmodellen gelöst werden [34].

## Erkenntnisse aus vorhandenen Untersuchungen bei Tierwohlställen

Untersuchungsergebnisse von Fahnenbegehungen mit anschließender Rückrechnung durch das Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) zeigen, dass bei kleinen Außenklimaställen bis 500 Mastschweine Immissionsprognosen eher zu Überschätzungen tendieren [35]. In Österreich wurden an einem alternativen Schweinestall mit einer Reihe von emissionsmindernden Maßnahmen ebenfalls Untersuchungen zur Ausbreitungsmodellierung und zu den Ergebnissen von Immissionsmessungen durchgeführt. Auch hier musste die Quellstärke gegenüber dem Konventionswert der VDI 3894-1 für Gerüche um bis zu 85 % und für Ammoniak um bis zu 70 % reduziert werden, um eine Überschätzung der Prognose zu vermeiden [36]. In der Studie wurde die Geruchsstunde über die Häufigkeit der Geruchswahrnehmung mit dem Ausbreitungsmodell GRAL konkret berechnet und nicht über den Vergleich der Stundenmittelwerte mit einem Schwellenwert wie im Modell AUSTAL (vergleiche [37]).

Ältere Praxisuntersuchungen aus Bayern in Kooperation mit Baden-Württemberg (Rinder) [38] sowie von anderen Institutionen wie TÜV Austria (Schweine) [39] und der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (Schweine) [40] zeigen, dass die maximalen Fahnenreichweiten bei Begehungen von meist kleineren Offenställen häufig nur 100 m bis 200 m betragen. Untersuchungen aus Nordrhein-Westfalen (Schweine) [41] weisen darauf hin, dass die Polaritätenprofile nach VDI 3940 Blatt 4 von gut geführten Außenställen weniger zu Gestank tendieren als Profile herkömmlicher zwangsgelüfteter Ställe. Dieser Umstand ist in der TA Luft 2021 berücksichtigt, indem der Belästigungsfaktor für Mastschweine *„bis zu einer Tierplatzzahl von 500 in qualitätsgesicherten Haltungsverfahren mit Auslauf und Einstreu, die nachweislich dem Tierwohl dienen“*, aufgrund der Ergebnisse der Untersuchung mit 0,65 festgesetzt wurde. Weiterhin wurde festgestellt, dass die Reichweite und Intensität der Abluftfahne von Offenställen in der Regel bei allen Tierarten durch die Vorverdünnung der meist gut durchlüfteten Stallsysteme geringer sind, die Belastung im Nahbereich jedoch höher und die Abgasfahne breit gefächerter ist als bei zwangsgelüfteten Ställen mit Abluftkaminen.

Untersuchungen in der Schweiz haben ergeben, dass die Intensität von frei belüfteten Ställen mit Auslauf höher ist als die von zwangsgelüfteten Schweineställen. Die Intensität von frei belüfteten Schweineställen ohne Auslauf ist in diesen Untersuchungen hingegen niedriger als bei zwangsgelüfteten Ställen [42]. Demzufolge unterscheiden sich die Intensitäten der Gerüche von frei belüfteten und zwangsgelüfteten Ställen stark.

Belastbare Fahnen-/Intensitäts- und Hedonikmessungen an vergleichbaren Ställen und die Erfahrung mit den bestehenden Ställen sind durchaus geeignete Instrumente für die Bewertung von gut geführten Anlagen. Die Erhebung von Emissionsfaktoren erscheint dagegen aufgrund der unterschiedlichen diffusen Quellsituationen von Offenställen und der derzeitigen Konventionen bei der Geruchsstundenbewertung durch das anzuwendende Prognosemodell der TA Luft nicht immer zielführend und meist kaum möglich. Diffuse Quellen lassen sich emissionsseitig nur schwer fassen. So sind schon allein für die Volumenstrombestimmung oft aufwendige Tracergasmessungen notwendig.

## 2.2 Rechtlicher Rahmen

Bei dem strukturbedingten Umbau der Landwirtschaft zu mehr Tierwohl ergeben sich Anforderungen für die Betreiber aus dem Baurecht und Immissionsschutzrecht. Weitere Anforderungen können sich gegebenenfalls aus dem Veterinärrecht, dem Wasserrecht, dem Arbeitsschutz und dem Straßenrecht ergeben, die hier nicht weiter abgehandelt werden.

In Folge einer Gesetzesänderung des Baurechts (§ 35 BauGB Bauen im Außenbereich) im Jahr 2013 verloren gewerbliche Betriebe ihre baurechtliche Privilegierung im Außenbereich. Für mehr Tierwohl

müssen Außenklimareize geschaffen werden, dies ist nur mit einer Veränderung der Bauhülle möglich. Um Umbauten oder Neubauten im Bereich Tierwohl für gewerbliche Betriebe zu realisieren, war daher ein Bebauungsplan mit Sondergebietsausweisung von der ansässigen Gemeinde bis 2023 notwendig. Durch die Verabschiedung des Tierhaltungskennzeichnungsgesetzes und eine Novellierung des BauGB (§ 245a BauGB) im Jahr 2023 ist eine baurechtliche Privilegierung für Stallumbauten hin zu tiergerechteren Haltungen für gewerbliche Betriebe möglich. Landwirtschaftliche Betriebe besitzen nach § 201 BauGB eine Privilegierung zum Bauen im Außenbereich.

Im Immissionsschutzrecht werden für Tierwohlvorhaben im Vergleich zur konventionellen Tierhaltung teilweise bereits andere Bewertungsverfahren herangezogen. Bei den Vorsorgeanforderungen unter Nr. 5.4.7.1 der TA Luft 2021 werden bei tiergerechten Haltungsverfahren im Vergleich zu zwangsgelüfteten Ställen geringere Anforderungen an Emissionsminderungsmaßnahmen gestellt, da eine Abluftreinigung technisch nicht möglich ist. Nach TA Luft 2021 gilt für „E“-Anlagen (Anlagen gemäß Artikel 10 der Industrieemissions-Richtlinie):

*„Qualitätsgesicherte Haltungsverfahren, die nachweislich dem Tierwohl dienen, können angewendet werden. Sofern aufgrund dieser Maßnahmen eine Abluftreinigungseinrichtung technisch nicht möglich ist, sollen, soweit möglich, andere emissionsmindernde Verfahren und Techniken des Anhangs 11 oder gleichwertige qualitätsgesicherte Maßnahmen zur Emissionsminderung angewendet werden, mit denen ein Emissionsminderungsgrad für Ammoniak von mindestens 40 Prozent, bei tiergerechten Außenklimaställen von mindestens 33 Prozent im Vergleich zum Referenzwert erreicht wird.“*

Zertifizierte Abluftreinigungsanlagen bei zwangsgelüfteten Ställen müssen dagegen einen Emissionsminderungsgrad von 70 % für Ammoniak einhalten.

Beim Schutzaspekt gelten für Tierwohlställe die gleichen Maßstäbe wie für konventionelle Haltungen. Der Schutz vor schädlichen Umwelteinflüssen nach § 22 Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) ist auch von nicht immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftigen Anlagen einzuhalten. Mit der TA Luft 2021 wird der Schutz vor erheblichen Belästigungen durch Geruch mit Anhang 7 konkretisiert. Im Anhang 7 werden Schweineställe *„bis zu einer Tierplatzzahl von 500 in qualitätsgesicherten Haltungsverfahren mit Auslauf und Einstreu, die nachweislich dem Tierwohl dienen“*, mit einem tierart-spezifischen Gewichtungsfaktor für die Geruchsqualität von 0,65 bewertet. Konventionelle Haltungen bis 5.000 Tiere und tiergerechte Haltungsverfahren über 500 Tiere werden hingegen mit dem Gewichtungsfaktor von 0,75 belästigungsrelevanter berücksichtigt.

Für die Bewertung der Ammoniakkonzentration und der Stickstoffdeposition sind die Anhänge 1, 8 und 9 der TA Luft 2021 zu berücksichtigen. Dort gelten für Tierwohlställe und für konventionelle Haltungsformen die gleichen Maßstäbe. Nach Anhang 8 erfolgt die Prüfung schädlicher Einwirkungen auf Gebiete von gemeinschaftsrechtlicher Bedeutung (FFH-Gebiete). Dazu verweist der Anhang 8 auf § 34 Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG). Gerade die Schutzaspekte können durch die bodennahen Ableitbedingungen der Außenklimaställe wesentliche Auswirkungen auf die Genehmigungsfähigkeit von Tierwohlställen haben.

Mit den Vollzugsschreiben des StMUV vom 17.08.2021 und vom 31.05.2023 werden für immissionsschutzrechtlich nicht genehmigungsbedürftige Anlagen Hinweise für eine vereinfachte Beurteilung für Tierhaltungsanlagen bei der Bewertung von Stickstoffeinträgen gegeben. Im Rahmen des vereinfachten Verfahrens kann das konkrete Stallbauvorhaben dahingehend geprüft werden, ob es bestimmten Fallkonstellationen entspricht. Ist dies der Fall, ist für das jeweilige Stallbauvorhaben keine weitere Prüfung im Sinne des § 34 Absatz 1 BNatSchG einschließlich der Vorlage entsprechender Gutachten erforderlich [43].

Unbefriedigend ist derzeit, dass es noch keine allgemein gültige Definition des Begriffes „Tierwohl“ gibt. Die Anforderungen an solche Anlagen gehen aber deutlich über den gesetzlichen Mindeststandard der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung (TierSchNutzTV) hinaus. In einer Ad-Hoc Arbeitsgruppe (AG) „Immissionsschutz und Tierwohl“ des Bundes und der Länder wurden zwischenzeitlich Kriterien für die unterschiedlichen tiergerechten Haltungsformen definiert. Diese wurden mit Vollzugsschreiben des StMUV vom 08.07.2022 als Vollzugsempfehlungen für tiergerechte Außenklimaställe im Bereich der Schweinehaltung für den bayerischen Vollzug als Orientierungshilfe eingeführt. Wesentliche haltungsbedingte Kriterien für „tiergerechte“ Haltungen sind [44]:

- Zugang aller Tiere zu verschiedenen Klimazonen, vorzugsweise Außenklima
- Angebot unterschiedlicher Funktionsbereiche mit verschiedenen Bodenbelägen
- Angebot von Einrichtungen, Stoffen und Reizen zur artgemäßen Beschäftigung
- Nahrungsaufnahme und Körperpflege der Tiere
- Angebot von ausreichend Platz und keine dauerhafte Fixierung

Die Vollzugshinweise definieren konkrete Punkte zu den einzelnen haltungsbedingten Kriterien. So wird für Mastschweine bis 120 kg beispielsweise ein Platzangebot von 1,3 m<sup>2</sup> im Vergleich zu den in der TierSchNutzTV vorgeschriebenen 0,75 m<sup>2</sup> empfohlen. Weiterhin werden in den Vollzugshinweisen Emissionsminderungsmaßnahmen konkretisiert, um einem emissionsreduzierten qualitätsgesicherten Haltungsverfahren nach TA Luft zu entsprechen.

### 3 Untersuchungsprogramm und Methodik

Durch Untersuchungen an Praxisbetrieben sollten Erkenntnisse über die Immissionssituation in der Umgebung von typischen bayerischen „Tierwohlställen“ gewonnen werden. Dazu wurden vier Praxisbetriebe (drei Mastschweinebetriebe und ein Betrieb mit Sauen und Ferkeln) mit Immissionsmessungen untersucht. Bei allen Betrieben handelt es sich um frei belüftete Ställe mit erhöhtem Platzangebot für die Tiere. Zusätzlich sind die Liegeflächen eingestreut. Die Anlagen unterscheiden sich hinsichtlich der Betriebsgröße, der Lüftungstechnik und der eingesetzten Entmistungstechnik. Im Umfeld der vier Anlagen wurden durch eine nach § 29b BImSchG bekannt gegebene Stelle Messkampagnen für Geruch durchgeführt. Im Umfeld von zwei Anlagen wurden von uns Untersuchungen zur Stickstoffdynamik (Ammoniakimmission und Stickstoffdeposition) durchgeführt. Eine detaillierte Beschreibung des Untersuchungsprogramms findet sich in den folgenden Kapiteln.

#### 3.1 Beschreibung der Anlagen

Im Zeitraum vom 01.04.2021 bis 01.09.2021 wurden für die Auswahl zum Messprogramm zehn Schweinehaltungsanlagen in Bayern besichtigt. Die Auswahl der zu untersuchenden Anlagen erfolgte aufgrund des Haltungsverfahrens und der örtlichen Gegebenheiten. Weitere Auswahlkriterien waren tiergerechte Haltungsformen (vergleiche Kapitel 2.2) typischer Betriebe. Weiterhin sollte das Umfeld der Anlagen in den Hauptwindrichtungen gut begehbar sein. Entsprechend wurden an vier Anlagen Untersuchungen zum Immissionsverhalten durchgeführt. Dabei wurden drei Mastschweinehaltungen mit erhöhtem Platzangebot und Außenklimakontakt sowie eine ökologische Sauenhaltung mit Ferkelaufzucht ausgewählt. Im Folgenden werden diese Anlagen näher beschrieben.

## Betrieb M1

Der Betrieb M1 ist ein Außenklimastall für die Schweinemast ohne Auslauf. Der Stallaufbau ist in Abbildung 2 dargestellt. Die Belüftung erfolgt über geöffnete Seitenwände und kann witterungsabhängig über Windschutznetze gesteuert werden. Die Entlüftung erfolgt über die geöffneten Seitenwände und über eine Firstöffnung. Der Funktionsbereich Ruhen wird in begehbaren Boxen realisiert. In diesem Warmbereich erfolgt die Belüftung über Fenster- und Türöffnungen sowie über einen Lüftungsschacht. Über eine Einstreuvorrichtung kann aufbereitetes Kurzstroh in den Liegebereich eingebracht werden. Die Liegeboxen können an die Größe der Tiere angepasst werden. Die Fütterung erfolgt über eine dem Energie- und Nährstoffbedarf angepasste Mehrphasenfütterung mit Breiautomaten am Langtrog. Der Kotbereich ist mit einer Dusche und einem Unterflurschieber ausgestattet. Kot und Harn werden über einen V-förmigen Kanal getrennt und später in einer abgedeckten Güllegrube wieder zusammengeführt. Es stehen insgesamt 1.490 Tierplätze in zwei baugleichen Stallgebäuden zur Verfügung, im Mittel befinden sich circa 1.300 Tiere in den Stallgebäuden. Die Mast erfolgt im kontinuierlichen Verfahren.

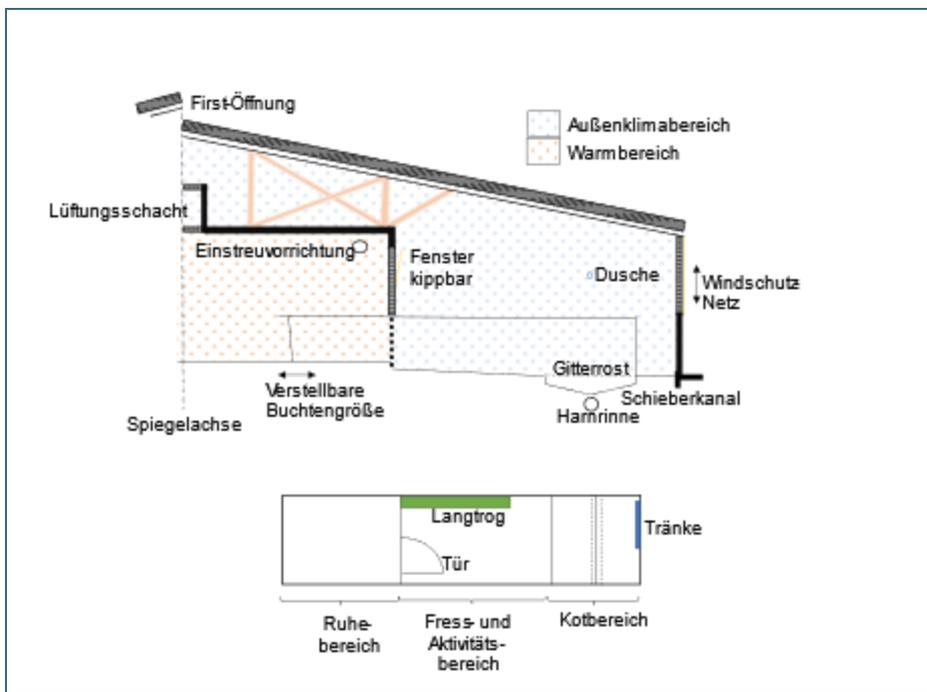


Abb. 2:  
Stallaufbau und Buchtenstruktur Betrieb M1

Das Umfeld des Mastschweinestalles M1 ist orografisch leicht gegliedert. Der Stall liegt auf einer geodätischen Höhe von 539 m über Normalnull (NN). Der Stall befindet sich auf weitgehend flachem Gelände, lediglich im Osten fällt das Gelände nach etwa 400 m ab. Im Umkreis von circa 500 m um die Anlage grenzen überwiegend landwirtschaftlich genutzte Flächen an. Im Norden befindet sich ein weiterer Schweinemastbetrieb in ungefähr 550 m Entfernung. Im Osten gibt es eine Biogasanlage und einen konventionellen Ferkelerzeugerbetrieb in circa 500 m Entfernung. Der Abstand zur östlichen Wohnbebauung beträgt etwa 680 m. (vergleiche Abb. 3).



Abb. 3: Umgebung des Betriebs M1

## Betrieb M2

Beim Betrieb M2 handelt es sich um einen Mastschweinebetrieb mit Offenfrontställen mit Auslauf. Insgesamt sind vier baugleiche Stallgebäude (vergleiche Abb. 4) am Standort errichtet. Die Bauweise entspricht einem Offenfrontstall mit der Möglichkeit zur Querlüftung. Der Luftaustausch kann über Jalousien an der Vorder- und Rückseite gesteuert werden. Der Liegebereich ist in größenverstellbaren Kisten ausgeführt. Die Entmistung im Kot- und Harnbereich erfolgt über einen stationären Oberflur-schieber ohne Kot-Harn-Trennung. Der planbefestigte Kotbereich ist mit einem beidseitigen Gefälle zur zentralen Kotrinne ausgestattet. Der anfallende Kot wird einem Festmistbehälter zugeführt und regelmäßig zu einer Biogasanlage transportiert. Der Urin wird in eine separate, abgedeckte Jauchegrube geleitet. Die Fütterung erfolgt in mehreren Phasen nährstoffangepasst über Trockenfutterautomaten. Für die Flüssigkeitsaufnahme stehen den Tieren Beckentränken zur Verfügung. Die Bewirtschaftung erfolgt im Rein-Raus-Verfahren über stallweise Aufstallung. Die genehmigte Tierplatzzahl beträgt insgesamt 1.024 Tierplätze.

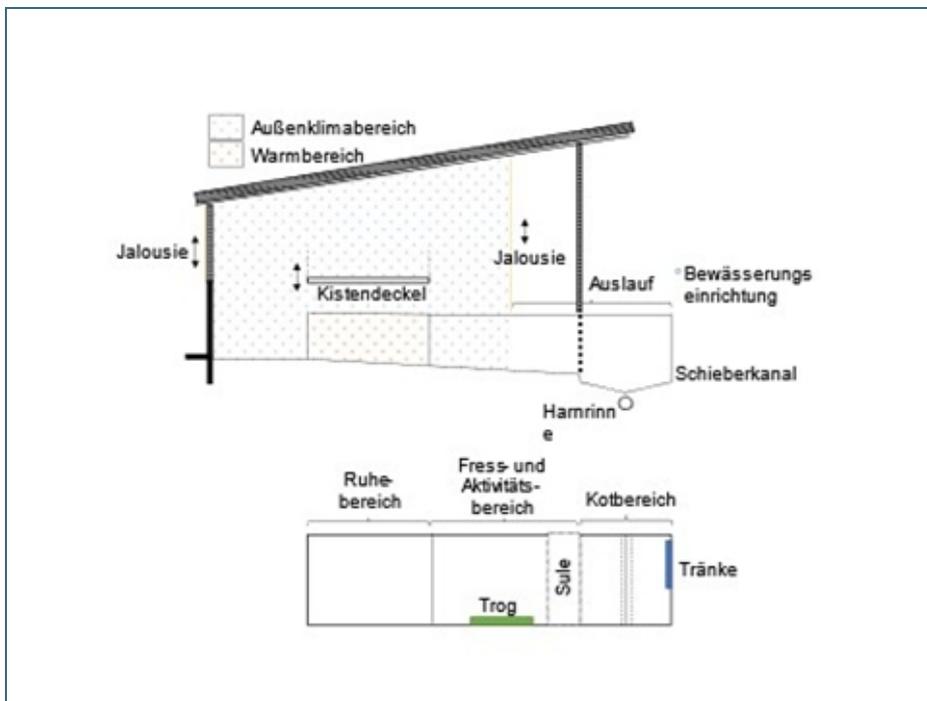


Abb. 4:  
Stallaufbau und Buchtenstruktur Betrieb M2

Die vier baugleichen Stallungen befinden sich in einem orografisch leicht gegliederten Gelände in einer geodätischen Höhe von 421 m über NN. Nördlich des Betriebes liegt eine kleine Anhöhe mit einer Höhe von 443 m ü. NN, darüber hinaus ist das Gelände weitgehend eben. Im Umfeld befinden sich weitestgehend begehbbare Agrarflächen. Im Osten grenzt in circa 300 m Entfernung ein Reiterhof an. Im Süden befinden sich Weiher. Die nächstgelegene Wohnbebauung ist direkt angrenzend an das Betriebsgelände in etwa 70 m Entfernung östlich der Stallgebäude (vergleiche Abb. 5).



Abb. 5: Umgebung des Betriebs M2

## Betrieb M3

Der Betrieb M3 ist ein Mast Schweinebetrieb mit Auslauf. Die drei baugleichen Ställe sind nach dem sogenannten PigPort 3-Konzept im Flüssigmistverfahren errichtet (siehe Abb. 6), das heißt, die Ställe sind grundsätzlich einstreulos konzipiert. Die Lüftung erfolgt als Offenfrontstall mit regulierbaren Elementen zur manuellen Steuerung des Luftaustausches. Im Innenbereich befinden sich Liegekisten und ein Bereich für die Breifütterung. Der Boden im Liegebereich ist planbefestigt und im Bereich der Fütterung perforiert, um überschüssigen Brei und überlaufendes Tränkewasser in den Flüssigmistkanal abzuleiten. Die Fütterung erfolgt angepasst in drei Phasen mit Futtermischungen für die Vor-, Mittel- und Endmast. Das Koten und Urinieren erfolgt überwiegend im vollperforierten Auslauf mit Flüssigmistkanal ohne Kot-Harn-Trennung. Der Flüssigmistkanal wird zweimal wöchentlich entleert und die Gülle einer Biogasanlage zugeführt. Aufgrund der Marktanforderungen wird der Liegebereich eingestreut, eine Gülleaufbereitung kann erforderlich werden. Die Anlage hat eine genehmigte Kapazität von 1.499 Tierplätzen und wird im Rein-Raus-Verfahren mit stallweiser Aufstallung betrieben.

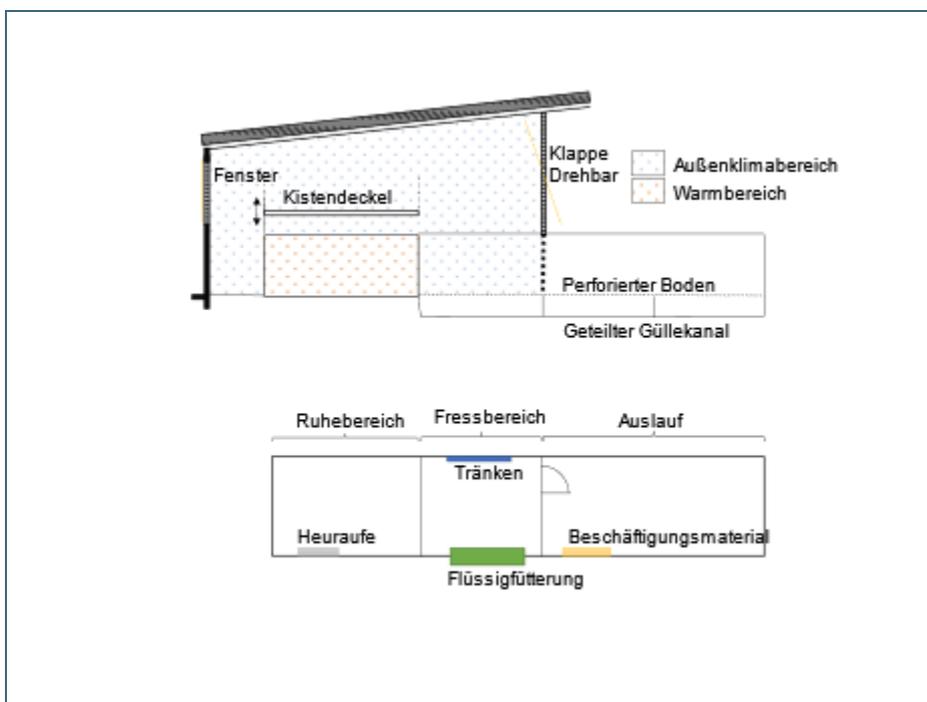


Abb. 6:  
Stallaufbau und Buchtenstruktur Betrieb M3

Die drei Stallgebäude des Betriebes M3 liegen auf einer Höhe von 502 m über NN. Die Umgebung ist orografisch leicht gegliedert. In der Umgebung der Anlage liegen landwirtschaftlich genutzte Flächen, die in alle Richtungen leicht abfallen. Im Südwesten befindet sich in der Nähe des Stalles eine Mulde, die nur schwer zugänglich ist. Östlich und westlich des Stalles ist das Gelände stärker geneigt. In circa 330 m Entfernung ist ein weiterer Schweinestall in nordöstlicher Richtung vorhanden. Weiter östlich befindet sich vor dem Wald ein weiterer Mastbetrieb mit Biogasanlage. Im Süden und Osten schließen sich jeweils Waldflächen an. Im Westen steht in ungefähr 250 m Entfernung ein Silagelager und in etwa 500 m Entfernung ein Rinderstall. Der Abstand des Mastbetriebes M3 zur Wohnbebauung beträgt circa 800 m. Zwischen der Wohnbebauung und dem Betrieb M3 befinden sich mehrere Mast Schweineställe. Aufgrund der Orographie ist ein Kaltluftabfluss nach Nordosten in Richtung der Wohnbebauung möglich. (vergleiche Abb. 7).



Abb. 7: Umgebung des Betriebs M3

### Betrieb S1

Es handelt sich um einen ökologischen Sauenbetrieb mit 90 Sauen und anschließender Ferkelaufzucht. Die Ferkelerzeugung ist auf mehrere Außenklimaställe mit Auslauf verteilt. Die Ställe sind alle frei belüftet und die Tiere haben Zugang zu einem Auslauf. Die Ferkelaufzucht und die Jungsauenaufzucht erfolgen im gleichen Bereich in getrennten Buchten. In der Ferkelaufzucht werden durchschnittlich ungefähr 160 Ferkel bis 28 kg gehalten. In der Jungsauenaufzucht werden circa 35 Jungsaunen von 30 kg bis 110 kg gehalten. Im Abferkelstall stehen 24 Buchten zur Verfügung, von denen im Jahresdurchschnitt 20 belegt sind. Im Gruppensäugestall befinden sich insgesamt 10 Sauen mit je 12 Ferkeln in drei Buchten sowie 15 tragende Saunen. Im Deck- und Wartestall befinden sich circa 56 Saunen, die an einer Einzelstandfütterung sensorgesteuert gefüttert werden. In diesem Stall wird noch ein Eber in einer Einzelbucht gehalten. Die einzelnen Stallgebäude sind in Abbildung 8 dargestellt. In allen Stallgebäuden sind Funktionsbereiche für Ruhen, Fressen und Aktivität sowie für das Ausscheidungsverhalten vorhanden. Der Wartestall ist mit Kot-Harn-Trennung ausgeführt. Die Lagerung des Festmistes erfolgt auf offenen Festmistmieten mit Ableitung der Jauche in einen abgedeckten Betonbehälter.

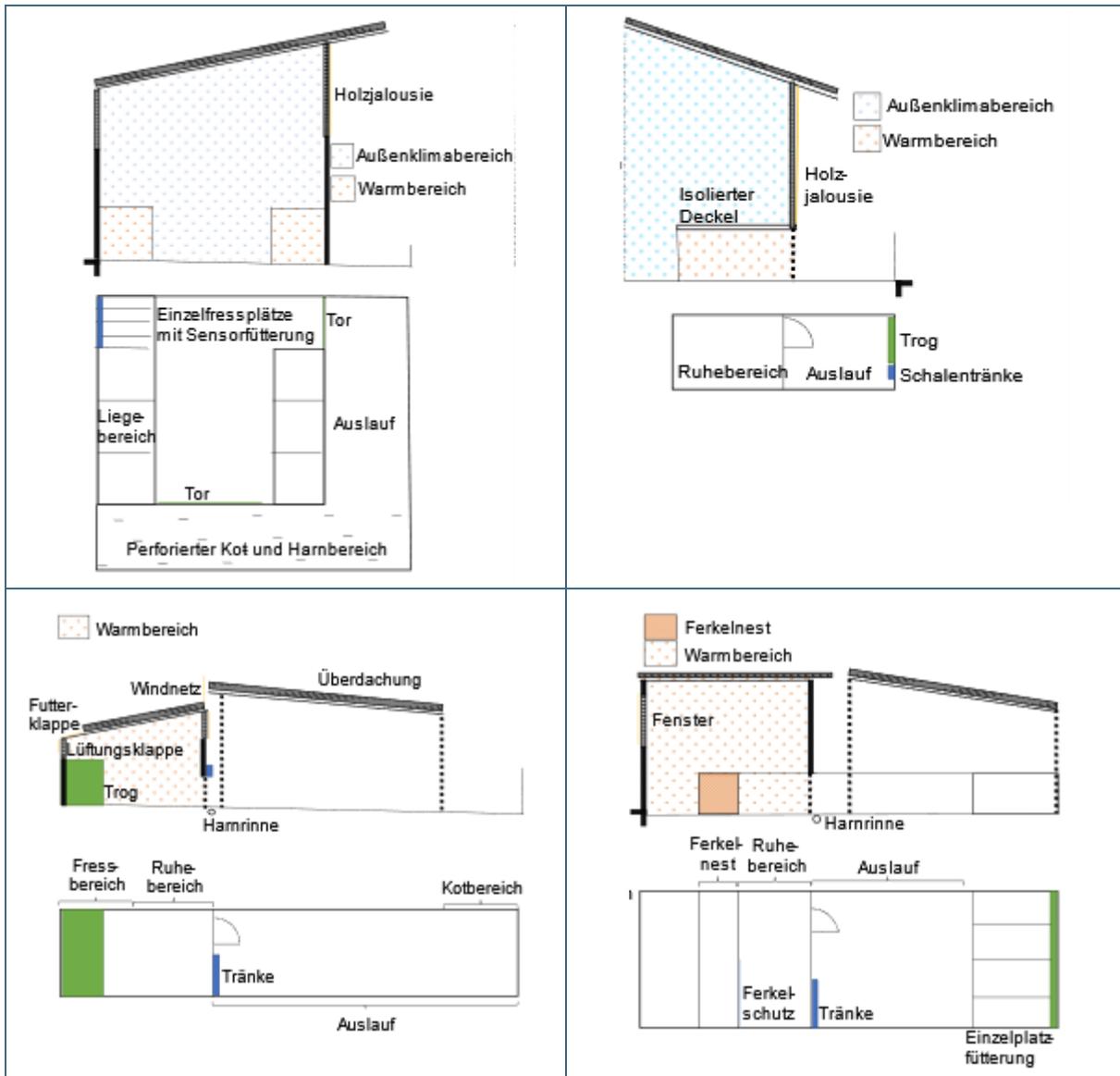


Abb. 8: Bauweise beziehungsweise Buchtenstruktur der einzelnen Ställe von Betrieb S1: Deck- und Wartestall (oben links), Abferkelstall (oben rechts), Aufzuchtstall (unten links) und Gruppensäugestall (unten rechts)

In Abbildung 9 ist das Umfeld der Anlage S1 zu sehen. Die Anlage besteht aus mehreren Gebäuden. Das Gelände ist orographisch leicht gegliedert und fällt nach Süden und Osten teilweise stark ab. Die Anlage ist von landwirtschaftlich genutzten Flächen umgeben. Südlich der Stallgebäude liegt nach circa 150 m eine abfallende Waldfläche. Nach Westen steigt das Gelände an und in etwa 200 m Entfernung befindet sich ein lichter Waldbereich. Im Osten erstrecken sich Ackerflächen bis zum Waldrand in circa 700 m Entfernung. Nördlich des Standortes befindet sich Wohnbebauung. In nordöstlicher Richtung befindet sich in ungefähr 420 m Entfernung ein Dorfgebiet.



Abb. 9: Umgebung des Betriebs S1

### 3.2 Betriebsdaten

Die wesentlichen Betriebsdaten der Mastschweinebetriebe M1, M2, M3 und der Sauenhaltung S1 sind in Tabelle 1 aufgeführt. Die Betriebe erfüllen weitestgehend die Kriterien der Vollzugshilfe zu tiergerechten Schweineställen (Vollzugsschreiben des StMUV vom 08.07.2022). Beim Mastbetrieb M1 wird das in der Vollzugshilfe vorgesehene Platzangebot von 1,5 m<sup>2</sup> für ein Gewicht über 120 kg mit 1,45 m<sup>2</sup> geringfügig unterschritten. Es werden bei allen Anlagen Funktionsbereiche von den Schweinen gebildet, es stehen unterschiedliche Stallklimabereiche zum Teil mit Außenklima zur Verfügung und den Tieren wird Beschäftigungsmaterial sowie Einstreu angeboten.

Tab. 1: Betriebsdaten der untersuchten Mastschweinebetriebe M1, M2, M3 und der Sauenhaltung S1

Anlage	M1	M2	M3	S1
Tierplatzzahl	1.490	1.024	1.499	90 Sauen mit Ferkelaufzucht und Jungsauennachzucht
Platzangebot pro Tier	0,96–1,45 m <sup>2</sup>	1,56 m <sup>2</sup>	1,5 m <sup>2</sup>	Sau: circa 4,4 m <sup>2</sup> Säugende Sau: circa 10 m <sup>2</sup> Ferkel: circa 1 m <sup>2</sup> Zuchtläufer: circa 1,4–2,3 m <sup>2</sup> Eber: circa 14 m <sup>2</sup>
Auslauf	Nein	Ja	Ja	Ja
Lüftung	Trauf/First	Offenfront	Offenfront	Quer
Belegungsform	Kontinuierlich	Rein-Raus	Rein-Raus	Kontinuierlich
Fütterung (Rohprotein XP)	Multiphasen (158,3 g/kg–133,6 g/kg)	Multiphasen (146 g/kg–102 g/kg)	3-Phasen (169 g/kg–137 g/kg)	Ökologisch
Entmistung	Unterflurschieber (12-mal täglich)	Oberflurschieber (6 - 9-mal täglich)	Güllekanal/Staueverfahren (2-mal wöchentlich)	Mobile Entmistung
Kot-Harn-Trennung	Ja	Ja	Nein	Wartestall: Ja Abferkelstall, Ferkelaufzucht, Gruppensäugestall: Nein
Güllelagerung	Geschlossene Güllegrube – Betonbehälter mit Betonabdeckung	Festmistcontainer zum Transport zur Biogasanlage und geschlossene Jauchegrube – Betonbehälter mit Betonabdeckung	Zuführung zur Biogasanlage	Offene Festmistmieten und geschlossene Jauchegrube – Betonbehälter mit Betonabdeckung

Die Stalldaten an den einzelnen Messtagen der statischen Fahnenbegehung sind in Tabelle 2 bis Tabelle 5 aufgeführt.

Für die Anlage M1 sind die Betriebsdaten der Begehungstage in Tabelle 2 zusammengefasst. Zu beachten ist, dass bei der Winterbegehung am 10.02.2022 der Unterflurschieber defekt war. Somit wurde die Begehung nicht unter normalen Betriebsbedingungen durchgeführt. Zur Reinigung der Kotkanäle wurden diese am Tag der Begehung gespült. Dies kann zu einem veränderten Emissionsverhalten führen. Bei der Begehung am 30.08.2022 musste der Schieber manuell gestartet werden, dies wurde vom Landwirt zweimal täglich durchgeführt. Außer bei der Begehung am 10.02.2022 wurden keine unregelmäßigen Verschmutzungen dokumentiert.

Tab. 2: Anlagendaten für Anlage M1 zu den Begehungen

Datum	23.03.2023	30.08.2022	20.10.2022	10.02.2022
Jahreszeit	Frühling	Sommer	Herbst	Winter
Tierzahl	1.238	751	956	996
Mittleres Tiergewicht	90 kg	90 kg	90 kg	90 kg
Großvieheinheiten	223 GV	135 GV	172 GV	179 GV
Durchschnittstemperatur (Meteomast)	15,7 °C	23,4 °C	9,9 °C	8,5 °C
Schieberfrequenz	12-mal täglich	2-mal täglich	12-mal täglich	Defekt

Die Betriebsdaten an den Begehungsterminen an der Anlage M2 sind in Tabelle 3 zusammengefasst. Der Betrieb wies keine Abweichungen vom Normalzustand auf. Während der Begehungen wurden keine Verschmutzungen im Liegebereich dokumentiert. Die Funktionsbereiche wurden eingehalten, der Liegebereich in den Buchten war trocken. Am Messtag im Sommer war das nördlichste Stallgebäude ausgestellt und komplett gereinigt.

Tab. 3: Anlagendaten für Anlage M2 zu den Begehungen

Datum	13.04.2022	07.07.2023	23.09.2022	17.01.2023
Jahreszeit	Frühling	Sommer	Herbst	Winter
Tierzahl	942	756	813	982
Mittleres Tiergewicht	72 kg	83 kg	87 kg	83 kg
Großvieheinheiten	136 GV	126 GV	142 GV	163 GV
Durchschnittstemperatur (Meteomast)	17,0 °C	26,2 °C	12,3 °C	2,4 °C
Schieberfrequenz	6 - 9-mal täglich			

Für Anlage M3 sind die Betriebsdaten in Tabelle 4 dargestellt. Im Gegensatz zu den Anlagen M1 und M2 wird bei der Anlage M3 mit einem Flüssigmistverfahren gearbeitet, weshalb keine Schieberhäufigkeit dokumentiert ist. Bei der Frühlingsbegehung wurde der Liegebereich vom Landwirt wegen anderer Arbeiten nicht eingestreut. Der Kot wurde von den Tieren in dem dafür vorgesehenen Bereich im Auslauf abgesetzt, der Liegebereich wies keine auffälligen Verschmutzungen auf. Die Frühlings- und Sommerbegehung wurden beide jeweils Ende Mai in unterschiedlichen Jahren durchgeführt.

Tab. 4: Anlagendaten für Anlage M3 zu den Begehungen

Datum	31.05.2022	25.05.2023	09.11.2022	08.02.2022
Jahreszeit	Frühling	Sommer	Herbst	Winter
Tierzahl	1.067	1.013	1.484	1.499
Mittleres Tiergewicht	67,5 kg	52,8 kg	65,4 kg	49,4 kg
Großvieheinheiten	144 GV	107 GV	194 GV	148 GV
Durchschnittstemperatur (Meteomast)	18,4 °C	15,9 °C	12,2 °C	4,0 °C

Bei der Sauenhaltung S1 ist der Belegungszustand der einzelnen Ställe im Jahresverlauf gleich. Abweichungen der Emissionsstärke ergeben sich im Wesentlichen durch die Auslastung der Festmistmieten und aufgrund der meteorologischen Bedingungen. Eine Übersicht der Betriebsdaten befindet sich in Tabelle 5. Die Herbstbegehung fand Anfang September statt und zeigte eine höhere Durchschnittstemperatur als die Frühlings- und Sommerbegehungen. Die Tierplatzzahlen sind ganzjährig auf demselben Niveau (siehe Tab. 6).

Tab. 5: Anlagendaten für Anlage S1 zu den Begehungen

Datum	13.05.2022	09.05.2023	06.09.2022	02.03.2022
Jahreszeit	Frühling	Sommer	Herbst	Winter
Schätzung Emissionsfläche Festmistmieten	83 m <sup>2</sup> 33 m <sup>2</sup>	86 m <sup>2</sup> 34 m <sup>2</sup>	3 m <sup>2</sup> 1 m <sup>2</sup>	59 m <sup>2</sup> 29 m <sup>2</sup>
Durchschnittstemperatur (Meteomast)	18,7 °C	16,3 °C	23,4 °C	2,2 °C

Tab. 6: Ganzjährige Stallbelegung Anlage S1

Stall	Tierzahl	Großvieheinheiten
Ferkelaufzuchtstall	35 Jungsauen 30–110 kg 160 Ferkel bis 28 kg	Jungsauen 4,9 GV Ferkel 6,4 GV
Wartestall	56 gedeckte Sauen 1 Eber	16,8 GV
Abferkelstall	20 Sauen mit Ferkel	8 GV
Gruppensäugestall	10 Sauen mit je 12 Ferkeln 15 tragende Sauen	5,4 GV und 3,6 GV

Die Belegungszahlen der jeweiligen Ställe wurden von den Betreibern zur Verfügung gestellt.

### 3.3 Messpunkte

#### Geruchsmessungen

Die Geruchsfahnenbegehungen wurden nach DIN EN 16841-2 mit olfaktometrisch geeigneten Prüfern durchgeführt. Die von den Prüfern besetzten Messpunkte der einzelnen Schnittlinien befanden sich jeweils im Lee der Anlage und waren stark von der zum Messzeitpunkt vorherrschenden Meteorologie abhängig. In Abbildung 10 sind die theoretischen Messpunkte nach der DIN EN 16841-2 eingezeichnet. Die Messpunkte werden durch die meteorologischen Bedingungen, die Orografie, die Bebauung und durch weitere Anlagen beeinflusst. Die Messpunkte der Fahnenbegehung wurden deshalb Ad-Hoc von der fachlich verantwortlichen Leiterin der Messungen aufgrund der Bedingungen an den Begehungstagen festgelegt.

Eine Schnittlinie mit Messungen der Geruchszahl über 10 Minuten bestand in der Regel aus fünf Messpunkten, an denen die Prüfer jeweils 60 Geruchstakte (alle 10 Sekunden) auf das Vorhandensein von Geruch bewerteten. Ein Messpunkt wird mit Geruch bewertet, wenn mindestens 6 der 60 Geruchstakte eine Geruchswahrnehmung auslösen. Auf der letzten Schnittlinie sollte kein Geruch mehr wahrgenommen werden, das heißt, maximal fünf Geruchstakte dürfen als Geruch bewertet werden. An den äußeren Messpunkten soll jeweils der Übergang von Geruch zu keinem Geruch dokumentiert werden. Als Ergebnis erhält man die jeweilige Fahnenausdehnung, aus der sich die Fahnenreichweite ermitteln lässt.

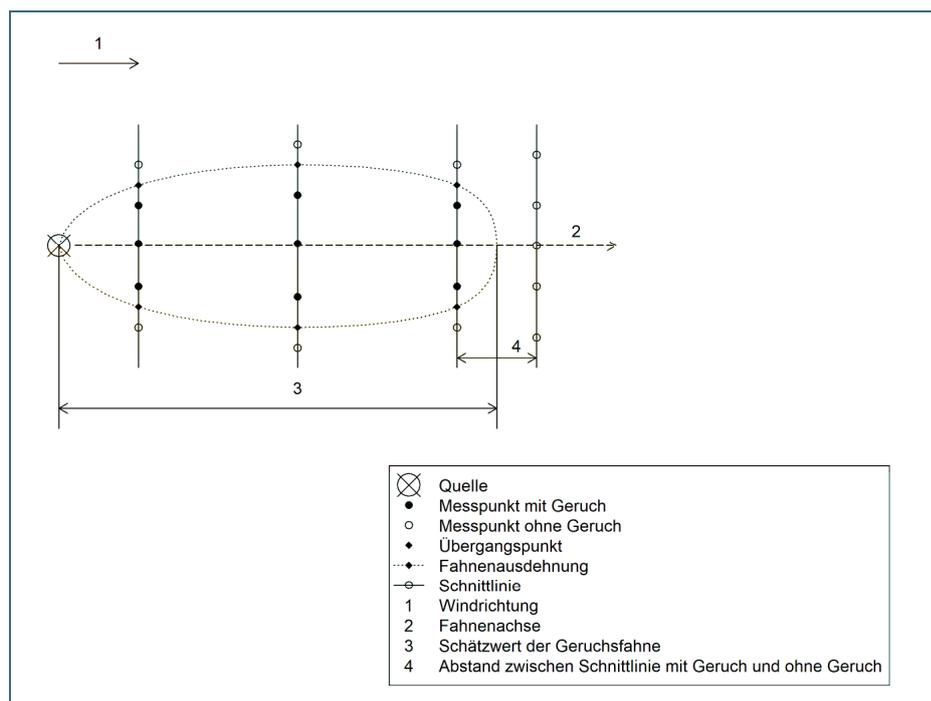


Abb. 10: Messpunkte der statischen Fahnenbegehung; eigene Darstellung nach DIN 16841-2 [45]

#### Ammoniakmessungen

Am Mastschweinestall M1 wurden zusätzlich Ammoniakimmissionskonzentrationsmessungen mittels Passivsammlern und eine kontinuierliche Überwachung der meteorologischen Parameter mittels Ultraschallanemometer durchgeführt. Zusätzlich wurde an diesem Standort ein Wet-Only-Sammler zur Ermittlung der nassen Stickstoffdeposition betrieben. Die Standorte der Messungen orientierten sich im Wesentlichen an der am Standort zu erwartenden Hauptwindrichtung aus Westen. Die Messpunkte MP 1 bis MP 6 sollen das Konzentrationsprofil in 1,5 m Höhe erfassen. Messpunkt MP 7 befindet sich in 3,5 m Höhe am Standort von MP 6. Messpunkt MP 8 ist zur Ermittlung der Hintergrundkonzentration in circa 3,5 m Höhe innerhalb der benachbarten Ortschaft angeordnet (vergleiche Abb. 11).

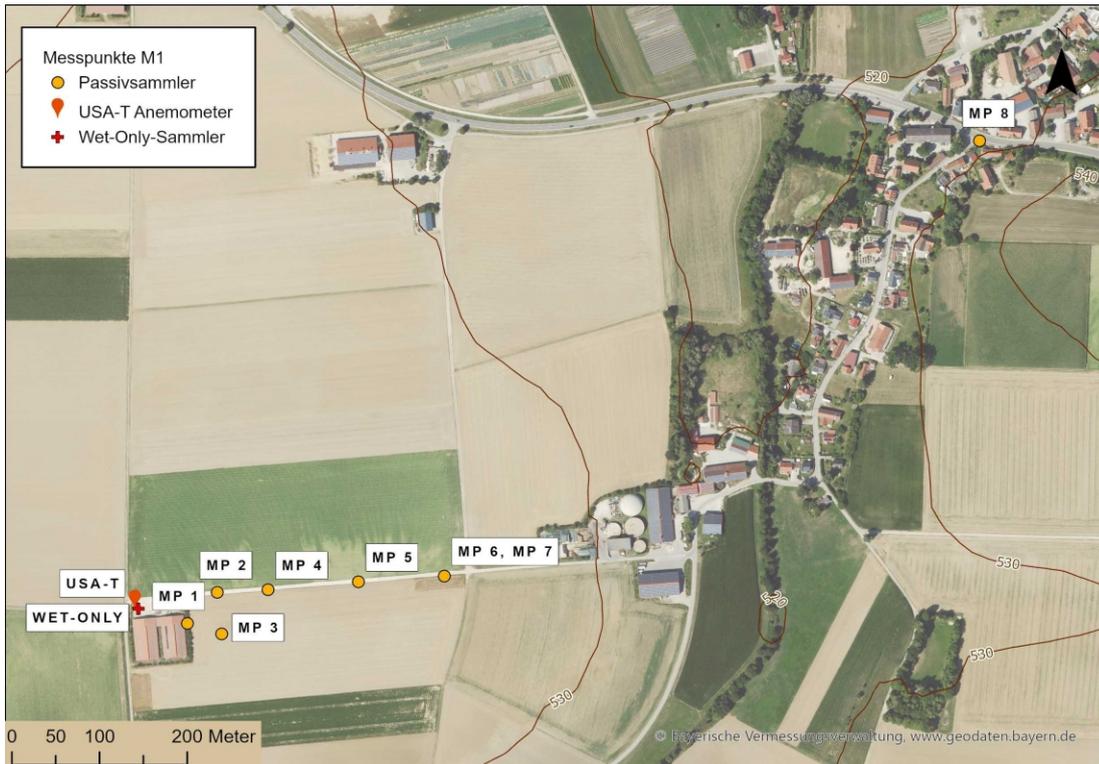


Abb. 11: Messpunkte am Mastschweinestall M1

Für die Sauenhaltung S1 wurden ebenfalls Untersuchungen zur Ammoniakimmissionskonzentration durchgeführt, die Messpunkte sind in Abbildung 12 dargestellt. Die zu erwartende Windrichtungscharakteristik am Standort weist mehrere Hauptwindrichtungen auf, die Anordnung der Messpunkte erfolgte aufgrund der Hauptwindrichtung aus südwestlicher Richtung. Die Messpunkte MP 1 bis MP 6 sollten das Konzentrationsprofil der Anlage in 1,5 m Höhe erfassen. Der Messpunkt MP 7 befand sich am Standort von MP 6 in 3,5 m Höhe. Mit dem Messpunkt MP 8 sollten mögliche Einflüsse von Kaltluftabflüssen ermittelt werden. Der Messpunkt MP 9 diente der Ermittlung der Hintergrundbelastung.

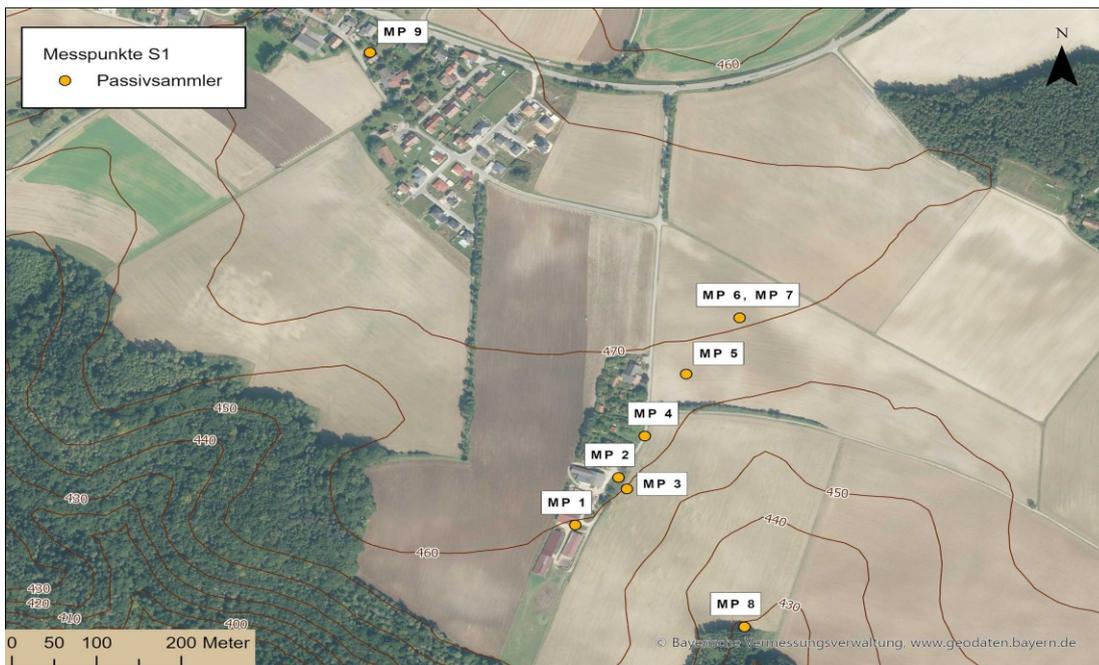


Abb. 12: Messpunkte an der Sauenhaltung S1

### 3.4 Untersuchungsprogramm

Das Untersuchungsprogramm unterschied sich bei den einzelnen Anlagen. Die zu erwartenden Immissionen basieren grundsätzlich auf der Haltungsform der einzelnen Anlagen, die durch verschiedene Faktoren beeinflusst werden (vergleiche Tab. 7).

Tab. 7: Emissionspotenziale verschiedener Emissionskategorien der Schweinehaltung für Ammoniak und Geruch, eigene Darstellung mit Ergänzungen nach VDI 3894 Blatt 1 [10]

Kategorie	Niedriges Emissionspotenzial	Moderates Emissionspotenzial	Hohes Emissionspotenzial
Belüftung	Niedrige Raumtemperatur, niedrige Luftwechselrate über Emissionsflächen	Mittlere Raumtemperatur, moderate Luftwechselrate über Emissionsflächen	Höhere Raumtemperatur, hohe Luftwechselrate über Emissionsflächen
Haltungsform	Großgruppen und Mehrflächenbuchten mit Funktionsbereichen zum Koten und Harnen	Großgruppen und Mehrflächenbuchten ohne Funktionsbereiche	Kleingruppen ohne Funktionsbereiche
Einstreu und Entmistung	Keine Dunglagerung im Stall, tägliches Entmisten	Kurzfristige Dunglagerung im Stall	Langfristige Dunglagerung im Stall
Kot-Harn-Trennung (nur NH <sub>3</sub> )	Zügige Harnableitung	Langsame Harnableitung	Nicht vorhanden
Fütterung	(sehr) stark reduzierte N-/P-Fütterung	Reduzierte N-/P-Fütterung	Universelle Fütterung
Festmistlager	Kein Festmistlager	Festmistlager mit Stapelmist, seltene Beschickung	Festmistlager mit Stapelmist, häufige Beschickung
Flüssigmistlager	Feste Abdeckung	Schwimmdecke	Keine Abdeckung
Auslauf	Kein Auslauf	(Überdachter) Auslauf mit Funktionsbereichen	Auslauf ohne Funktionsbereiche

Am Mastschweinestall M1 wurden Untersuchungen zu Geruch, Ammoniak und Stickstoffdeposition durchgeführt. Die Geruchsuntersuchungen wurden in vier Messkampagnen durchgeführt. Die Messkampagnen sollten durch unterschiedliche meteorologische Situationen beeinflusst werden. Zur Ermittlung der Ammoniakimmissionen wurden Passivsammler auf dem Gelände installiert. Die Passivsammler wurden alle 28 Tage gewechselt. Zur Untersuchung der nassen Deposition, insbesondere des Gesamtstickstoffs, wurde ebenfalls ein Wet-Only-Sammler am Standort betrieben. Die Expositionsdauer wurde mit der Passivsammleruntersuchung synchronisiert. Die Untersuchungen der Ammoniakimmissionen wurden durch meteorologische Messungen mit USA-T-Anemometern begleitet. Es wurden 30-Minuten-Mittelwerte mit einer Abtastfrequenz von 10.000 Hz aufgezeichnet. Der Unterflurschieber zum Abtransport des Festmistes in die Güllegrube fiel Anfang Februar 2022 aus und wurde erst Mitte August 2022 wieder in Betrieb genommen.

Beim Mastschweinestall M2 und Mastschweinestall M3 waren lediglich Untersuchungen zu Geruch vorgesehen.

An der Sauenanlage S1 wurde neben Geruch ebenfalls die Ammoniakimmissionskonzentration mittels Passivsammler untersucht.

Im ursprünglichen Projektantrag waren noch orientierende Messungen zu Bioaerosolen und Staubimmissionen an einer Anlage vorgesehen. Für die Bioaerosolmessung sind nur wenige Messinstitute überhaupt für eine Probenahme nach den einschlägigen Vorschriften akkreditiert. Es wurde eine Ausschreibung vorgenommen, auf die keine Angebote eingingen. Deshalb wurde auf Untersuchungen

zu Bioaerosolen im Projekt verzichtet. Die Staubimmissionsmessungen sollten zeitgleich zur Bioaerosolmessung durchgeführt werden. Da die Messungen nur in Kombination miteinander sinnvoll sind, wurden ebenfalls keine Staubmessungen durchgeführt.

### 3.5 Mess-, Probennahme- und Analyseverfahren

In Tab. 8 sind die für die Untersuchung angewandten Mess- und Probennahmeverfahren sowie die Analysemethoden mit Angabe der einschlägigen DIN EN-Normen oder VDI-Richtlinien aufgeführt.

Tab. 8: Mess-, Probennahme- und Analyseverfahren nach beziehungsweise in Anlehnung an DIN EN-Vorschriften oder VDI-Richtlinien

Messgröße	Mess- und Probennahmeverfahren	Analyseverfahren	Untersuchte Anlage(n)
Geruch	Fahnenbegehung nach DIN EN 16841-2 [45] Polaritätenprofile nach VDI 3940-4 [46] Intensität und Hedonik nach VDI 3940-3 [47]	-	M1, M2, M3, S1
Ammoniak	Passivsammlermessung nach VDI 3869-4 [48]	Photometrische Detektion nach DIN EN ISO 15923-1 [49]	M1, S1
Stickstoffdeposition	Wet-Only-Sammler nach VDI 4320-1 [50]	Flüssigkeits-Ionenchromatographie nach DIN EN ISO10304-1 [51] Photometrische Detektion nach DIN EN ISO 15923-1 [49]	M1
Windgeschwindigkeit, -richtung und -turbulenz	Meteorologische Messungen nach VDI 3786-1 [52] mittels Ultraschallanemometer	-	M1

#### Methodik

Der Parameter Geruch wird durch geeichte Prüfer ermittelt. Bei der statischen Fahnenbegehung nach DIN EN 16841-2 [45] werden in verschiedenen Abständen im Lee der Anlage Schnittlinien mit jeweils fünf Prüfern gebildet (vergleiche Abb. 10). An jedem Messpunkt werden über 10 Minuten jeweils 60 Geruchstakte genommen und festgehalten, ob Anlagengeruch vorhanden ist. Per Definition ist das Vorhandensein von Geruch definiert durch einen Geruchszeitanteil  $\geq 10\%$  (mindestens 6 positive von 60 Geruchstakten).

Die Fahnenreichweite wird bestimmt durch den halben Abstand zwischen der Mitte der letzten Schnittlinie mit Messpunkten mit Geruchswahrnehmung und der Mitte der ersten Schnittlinie mit Messpunkten ohne Geruchswahrnehmung. An jeder Schnittlinie werden die äußeren Messpunkte so gewählt, dass keine Geruchswahrnehmung dokumentiert wird (vergleiche Abb. 10). Im Ergebnis der statischen Fahnenbegehung erhält man Kenntnis über die Fahnenausdehnung und Fahnenreichweite.

Die Intensität und Hedonik werden nach Abschluss jeder Schnittlinienmessung für jeden Messpunkt aufgenommen. Dabei werden der mittlere Eindruck und der stärkste Eindruck der Intensität und Hedonik dokumentiert. Die Gerüche werden bei der Intensität auf einer Verbalskala „sehr schwach“ bis „extrem stark“ eingeordnet (1: sehr schwach, 2: schwach, 3: deutlich, 4: stark, 5: sehr stark, 6: extrem stark). Die Hedonik wird auf der Verbalskala von -4: „äußerst unangenehm“ über 0: „weder angenehm noch unangenehm“ bis 4: „äußerst angenehm“ bewertet. Die Polaritätenprofile zur Einordnung des Geruchs zum Konzept Gestank oder zum Konzept Duft wurden in zwei verschiedenen Abständen mit unterschiedlichen Intensitäten je Messtag erstellt.

Die Messung der Ammoniakimmissionskonzentration erfolgt mit tubusförmigen Passivsammlern vom Typ „FERM“ mit Turbulenzbarriere in einer Messhöhe von 1,5 m. Zusätzlich befand sich ein Passivsammler je Standort in 3,5 m Höhe, die Hintergrundbelastung wurde in 2,5 m bis 3,5 m Höhe bestimmt. Das Messprinzip beruht auf der Ermittlung der Masse an Ammoniak, die innerhalb einer definierten Zeitspanne (hier: Expositionsdauer von 28 Tagen) zu einem geeigneten Sorbens diffundieren kann. Die Bestimmungsgrenze bei 14-tägiger Expositionsdauer liegt bei circa  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Zur Qualitätssicherung wurden grundsätzlich Doppelbestimmungen durchgeführt. Die Analyse erfolgt mittels Photometrie im Labor des LfU. Das Sammelmedium wird nach der Exposition entnommen, mit Reinstwasser eluiert und auf die gesammelte Menge an Ammonium untersucht. Die Ammoniakimmissionskonzentration lässt sich später über Diffusionsgesetze herleiten.

Die Probennahme des Niederschlags erfolgte mit einem Wet-Only-Sammler der Firma Eigenbrodt GmbH & Co. KG, 21255 Königsmoor. Der nasse Niederschlag (sensorgesteuert) wird gesammelt und in einem Temperaturbereich von  $4 \text{ }^\circ\text{C}$  bis  $12 \text{ }^\circ\text{C}$  innerhalb des Wet-Only-Sammlers gelagert. Die Analytik von Ammonium erfolgte mittels automatisierter Photometrie gemäß DIN EN ISO 15923-1.

Die meteorologischen Parameter werden mittels Ultraschallanemometer in einer Messhöhe von 10 m gemessen. Es wird das Ultraschallanemometer USA-1 der Firma Metek GmbH, 25337 Elmshorn, verwendet.

### 3.6 Vergleich der Messergebnisse mit Immissionsprognosen

Durch Immissionsprognosen werden die Ergebnisse der Immissionsmessungen gegenüberstellend ausgewertet. Die Immissionsprognosen werden auf Grundlage der Emissionsfaktoren der VDI 3894-1 [10] (vergleiche Tab. 9) durchgeführt. Die auf Basis der Emissionsfaktoren bestimmte Quellstärke wird iterativ angepasst, um eine möglichst hohe Übereinstimmung mit den Ergebnissen der Messkampagnen zu erhalten.

Tab. 9: Emissionsfaktoren der VDI 3894-1

Art der Quelle/des Haltungsverfahrens	Emissionsfaktor für Geruch	Emissionsfaktor für Ammoniak
Schweinemast	50 GE/(s*GV)	2,43 kg/(TP*a)
Warte- und Deckbereich (Sauen/Eber)	22 GE/(s*GV)	4,8 kg/(TP*a)
Abferkel- und Säugebereich (Sauen mit Ferkeln)	20 GE/(s*GV)	8,3 kg/(TP*a)
Ferkelaufzucht	75 GE/(s*GV)	0,5 kg/(TP*a)
Jungsauenaufzucht	50 GE/(s*GV)	3,64 kg/(TP*a)
Festmistlager	3 GE/(s*m <sup>2</sup> )	5 g/(m <sup>2</sup> *d)

#### Geruch

Der Vergleich der Messungen und der Immissionsprognosen erfolgt mittels Quelltermrückrechnung in Anlehnung an das im Anhang der DIN EN 16841-2 [45] beschriebene Verfahren. Dabei erfolgt die Schätzung der Gesamtemissionsrate auf der Grundlage der gemessenen Fahnenausdehnung unter Anwendung einer Rückrechnung mithilfe der Ausbreitungsmodellierung. Die Geruchshäufigkeiten der Begehung werden dabei mit den ermittelten Geruchshäufigkeiten der Immissionsprognose über eine Regressionskurve verglichen. Die Quellstärke, die sich unter Berücksichtigung von Emissionsfaktoren errechnet, wird dabei iterativ angepasst, bis die Immissionsprognose vergleichbare Ergebnisse zu den Fahnenbegehungen liefert (vergleiche Abb. 13). Für die meteorologischen Eingangsparameter wird die Ausbreitungsklassenstatistik aus den gewonnenen Messdaten während der einzelnen Messzeiträume abgeschätzt.

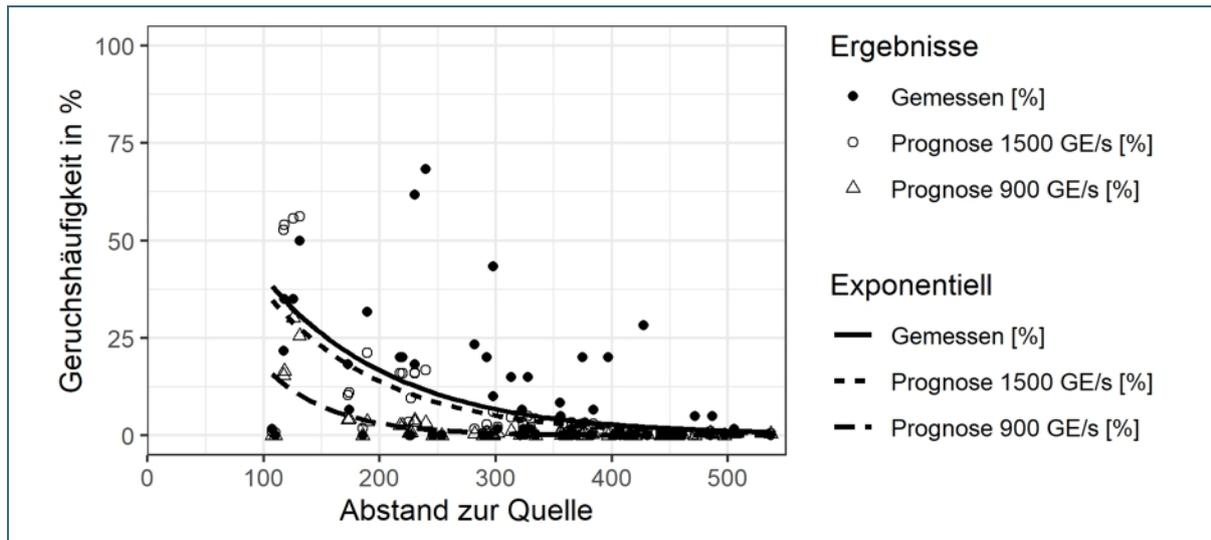


Abb. 13: Beispiel der Quelltermrückrechnung für eine Anlage; eigene Darstellung nach DIN EN 16841-2 [45]

Als Modell wird eine exponentielle Abnahme der Geruchshäufigkeiten zum Abstand der Anlage gewählt, die Formel lautet:

$$Y_i = a e^{kX_i} + \varepsilon_i \quad \text{Gl. 1}$$

wobei  $Y$  die Geruchshäufigkeit in Abhängigkeit des Abstandes  $X$  ist.  $k$  ist die konstante Abbaurate und  $\varepsilon$  die Residuen.  $a$  entspricht dabei der Geruchshäufigkeit bei einem Abstand von 0 m. Da diese in der Theorie 100 % beträgt, wird für das Modell  $a = 100$  vorgegeben, somit erhält man die Formel:

$$Y_i = 100 e^{kX_i} + \varepsilon_i \quad \text{Gl. 2}$$

Es werden weiterhin die ermittelten Fahnenreichweiten mit den Ergebnissen der Immissionsprognosen verglichen. Die Ergebnisse der Fahnenbegehung beschreiben die Ausbreitung der Geruchsfahne anhand von Übergangspunkten mit Geruch (das heißt Geruchstakte mit Geruchswahrnehmungshäufigkeiten größer als 10 %) und Punkten ohne Geruch (das heißt Geruchstakte mit Geruchswahrnehmungshäufigkeiten kleiner als 10 %).

Die Ermittlung der Fahnenreichweite erfolgt aufgrund von Schnittlinien mit Geruchswahrnehmung und einer Schnittlinie mit Messpunkten ohne Geruchswahrnehmung. Die ermittelte Fahnenreichweite der Fahnenbegehung kann mit dem maximalen Abstand der prognostizierten 10 %-Geruchsisolinie verglichen werden (vergleiche Abb. 14). Die Quellstärke der Immissionsprognose mit AUSTAL 3 wird dabei iterativ angepasst, bis eine möglichst hohe Übereinstimmung zwischen dem maximalen Abstand der 10 %-Geruchsisolinie und der ermittelten Fahnenreichweite besteht. Die 10 %-Geruchsisolinie kennzeichnet den Bereich, innerhalb der die Geruchswahrnehmungshäufigkeiten bei über 10 % liegen. Die TA Luft 2021 enthält zum Vergleich im Anhang 7 Immissionswerte für Gerüche, die sich auf die relativen Häufigkeiten der Geruchsstunden bezogen auf ein Jahr beziehen. Für Wohn-/Mischgebiete, Kerngebiete mit Wohnen, urbane Gebiete gilt ein Immissionswert von 0,10 (beziehungsweise 10 %), für Dorfgebiete gilt ein Immissionswert von 0,15 (beziehungsweise 15 %).

Die Fahnenreichweite wird bei den Ergebnissen der Immissionsprognose als 10 %-Geruchsisolinie definiert. In Abb. 14 ist die Auswertemethodik skizziert. So kann eine Gegenüberstellung der Ergebnisse der maximalen Fahnenreichweite eines Messtages mit den Ergebnissen der Immissionsprognose bei Berechnung mit unterschiedlichen Quellstärken erfolgen.

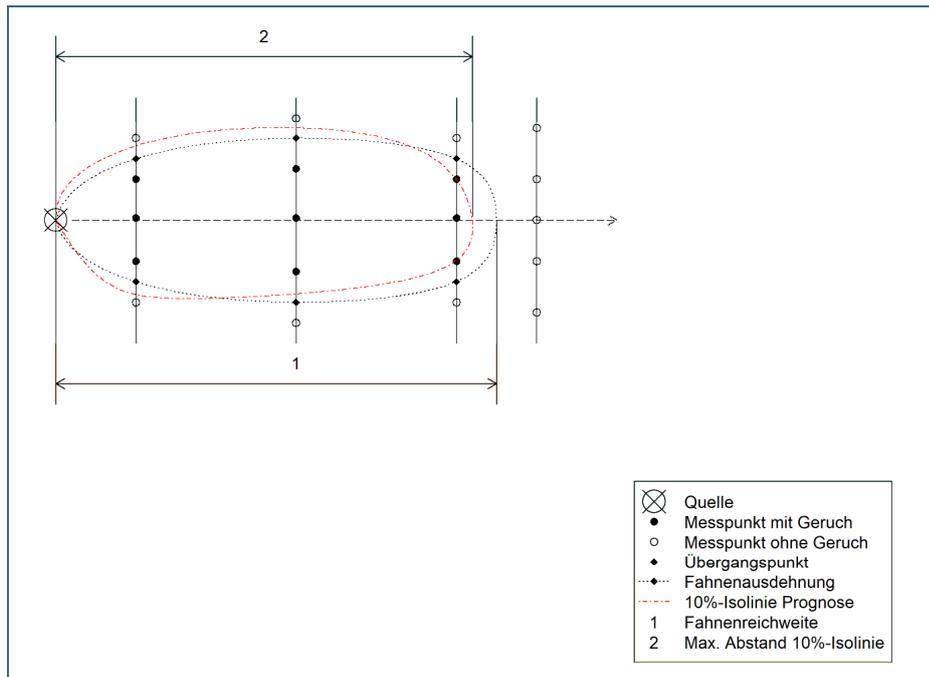


Abb. 14:  
Prinzipische Skizze zum Vergleich der Fahnenreichweite mit den Prognoseergebnissen

Um eine vergleichende Bewertung zu ermöglichen, inwieweit die Immissionsprognosen mit den Messergebnissen übereinstimmen, wurde der mittlere absolute Fehler (MAF) der prognostizierten Werte und der gemessenen Geruchshäufigkeiten nach Gleichung 3 berechnet. Der MAF beschreibt das arithmetische Mittel der absoluten Fehler (Beträge) von Prognoseergebnissen zu Messergebnissen. Ein niedriger MAF bedeutet dabei eine hohe Übereinstimmung zwischen Prognose und Messung.

$$MAF = \frac{1}{n} \sum_n |O_{n,o} - M_{n,o}| \quad \text{Gl. 3}$$

*MAF*: Mittlerer absoluter Fehler

$O_{n,o}$ : Geruchshäufigkeit der Fahnenbegehung am Messpunkt n

$M_{n,o}$ : Prognostizierte Geruchsstundenhäufigkeit am Messpunkt n

## Ammoniak

Da bei der Ammoniakkonzentration die Hintergrundbelastung und gegebenenfalls weitere Emittenten berücksichtigt werden müssen, wird Gleichung 3 erweitert. Aufgrund des linearen Zusammenhangs zwischen Emission und Immission und der Erhebung der Ammoniakimmission als Konzentration ist der Vergleich mit Prognoseergebnissen deutlich einfacher als bei Geruchsimmissionsprognosen, bei denen jeweils das Stundenmittel über die Geruchsschwelle von einer Konzentration größer 0,25 GE/m<sup>3</sup> als Stunde mit Geruch gewertet wird.

$$MAF = \frac{1}{n} \sum_n |C_{n,NH_3} - (M_{n,NH_3} + C_{n,HG-NH_3} + M_{n,B-NH_3})| \quad \text{Gl. 4}$$

*MAF*: Mittlerer absoluter Fehler

$C_{n,NH_3}$ : Gemessene Ammoniakkonzentration

$M_{n,NH_3}$ : Berechnete Ammoniakkonzentration der untersuchten Anlage

$C_{n,HG-NH_3}$ : Gemessene Hintergrundkonzentration von Ammoniak

$M_{n,B-NH_3}$ : Berechnete Ammoniakkonzentration durch Anlagen im Umfeld

## 4 Ergebnisse der Immissionsmessungen

Die Ergebnisse der Messkampagnen an den vier Anlagen für Geruch und der zwei Messkampagnen für Ammoniak werden in diesem Kapitel dargestellt.

### 4.1 Geruch

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Fahnenbegehungen aus den Untersuchungen von [53] für die einzelnen Anlagen dargestellt und zusammengefasst. Die Entfernungen sind jeweils von den Messpunkten zur nächstgelegenen Stallkante beziehungsweise Auslauffläche angegeben. Die Auswertung der Meteorologie erfolgt nur im Bereich der einzelnen Messzeitintervalle, in denen die Prüfer jeweils die Geruchsmessungen durchgeführt haben.

Für die statischen Fahnenbegehungen wurden Messkampagnen zu verschiedenen Jahreszeiten durchgeführt. Es ist jedoch zu beachten, dass nur ein Messtag pro Jahreszeit durchgeführt wurde und daher die Ergebnisse nicht repräsentativ für die gesamte Jahreszeit sind. Für die Auswertung werden die Begehungstage jedoch den einzelnen Jahreszeiten zugeordnet, um die Übersichtlichkeit für die Ergebnisdarstellung und Vergleichbarkeit zu erhöhen.

Die Einzelergebnisse der statischen Fahnenbegehung mit Informationen zum Standort der Messpunkte und Geruchshäufigkeiten befinden sich im Anhang A.3.

#### Messergebnisse Betrieb M1

Die Ergebnisse der meteorologischen Begleitmessung an Anlage M1 sind in Abb. 15 dargestellt und Tab. 10 zusammengefasst.

Während der Frühlingsbegehung wehte der Wind primär aus Westsüdwest. Während des ersten Messzeitintervalls drehte der Wind von Südsüdwest auf West, wodurch die weiteren Schnittlinien nach Osten verschoben wurden. Im zweiten Messzeitintervall herrschte Westsüdwestwind, im dritten Messzeitintervall drehte der Wind wieder auf West und die Geruchsfahne verschob sich aufgrund der Gelände- und Gebäudestruktur nach Ostsüdost.

Während der Fahnenbegehung am Messtag im Sommer herrschte Nordostwind. Während des ersten Messzeitintervalls drehte die Windrichtung von Ost auf Ostnordost. Im zweiten Messzeitintervall drehte die Windrichtung auf nordöstliche Richtung, anschließend wurde der Windrichtungssektor breiter und die Windrichtung drehte auf östliche Richtung, so dass insgesamt ein breiterer Windsektor von circa 70° vorlag.

Während der Messperiode der Herbstbegehung wehte der Wind konstant aus östlicher Richtung. Im letzten Messzeitintervall verbreiterte sich der Windsektor zusätzlich stark und die Windgeschwindigkeit nahm ab.

Bei der Winterbegehung drehte der Wind im zweiten Messzeitintervall von Westsüdwest auf West und kehrte im letzten Messzeitintervall wieder zum Ausgangszustand zurück. Die Vorgaben der DIN EN 16841-2 für die maximale Windsektorgröße konnten an den Messtagen im Frühling, Herbst und Winter nahezu eingehalten werden. Im Sommer hingegen lag ein Windsektor von circa 70° vor. Somit wurde die Vorgabe des Windsektors von kleiner 25° zu keiner Jahreszeit vollständig eingehalten.

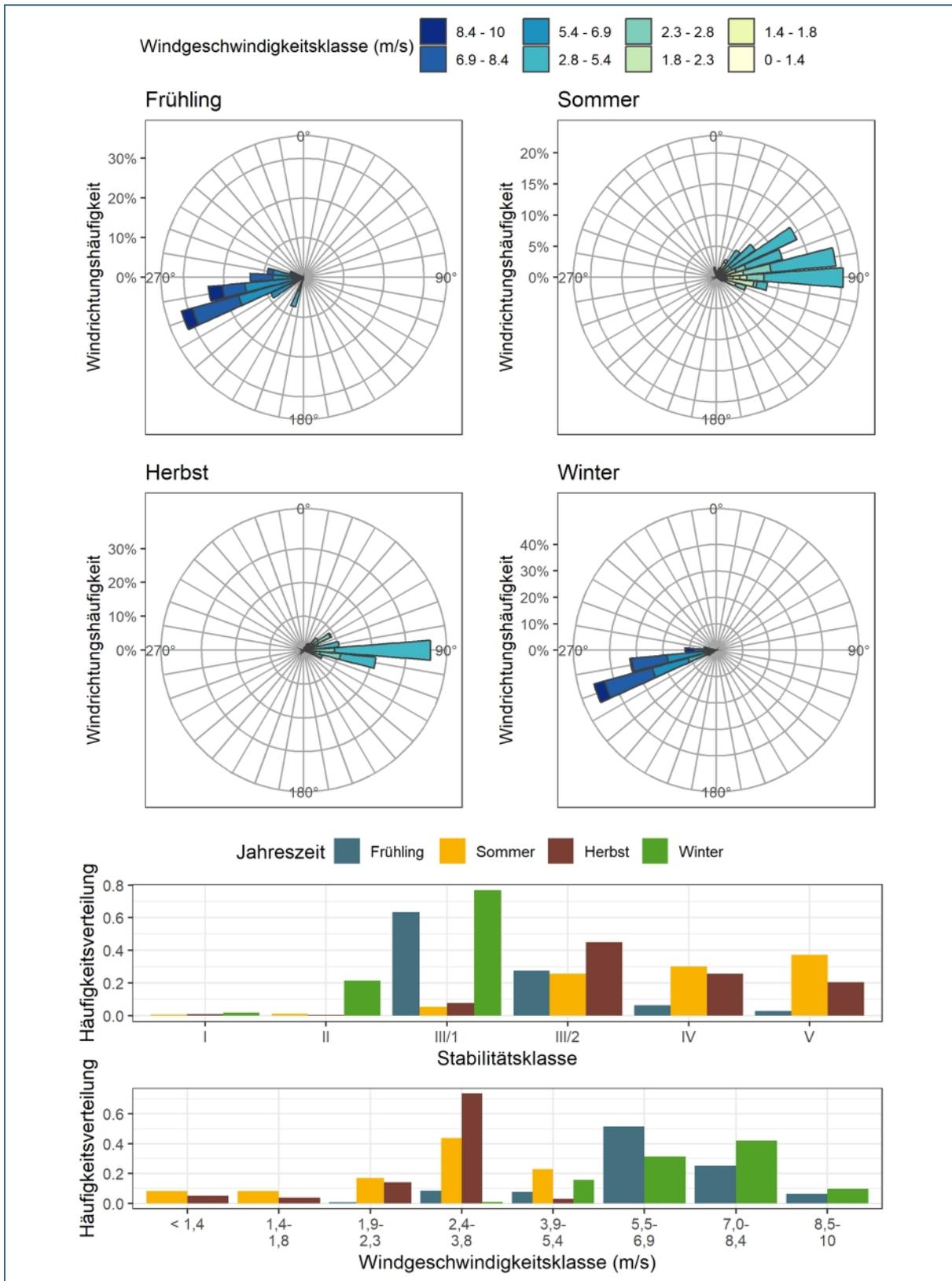


Abb. 15: Ergebnisse der meteorologischen Begleitmessung für die einzelnen Begehungstage an Anlage M1

Bezüglich der Windgeschwindigkeiten wurden die Vorgaben der DIN EN 16841-2 im Frühling und Winter für den ausgewerteten meteorologischen Zeitraum erfüllt, wobei relativ hohe mittlere Windgeschwindigkeiten im Frühling mit 6,3 m/s und im Winter mit 6,7 m/s aufgezeichnet wurden. Im Sommer

und Herbst wurden die Bedingungen an die Windgeschwindigkeiten zu 80,9 % und zu 89,6 % erfüllt, wobei die mittleren Windgeschwindigkeiten mit 2,8 m/s bis 2,9 m/s geringer waren als bei den Begehungen im Frühling und Winter.

Bezüglich der Bedingungen der Norm an die Stabilität wurden die Bedingungen im Frühling mit 95,1 % und im Winter mit 86,0 % weitgehend erfüllt. Im Winter war die meteorologische Schichtung zeitweise in der für die Ausbreitung ungünstigen Stabilitätsklasse II. Im Sommer (43,2 %) und Herbst (65,4 %) wurden die Bedingungen der DIN EN 16841-2 an die atmosphärische Stabilität nur teilweise erfüllt.

Tab. 10: Ergebnisse der meteorologischen Begleitmessung an Anlage M1

	Einheit	Messtag 1	Messtag 2	Messtag 3	Messtag 4
Jahreszeit		Frühling	Sommer	Herbst	Winter
Mittlere Lufttemperatur	°C	16,0	23,4	10,0	8,5
Hauptwindrichtung	–	WSW	ONO	O	WSW
Mittlere Windgeschwindigkeit	m/s	6,3	2,9	2,8	6,7
Anteil Windgeschwindigkeit $2 \text{ m/s} \leq v \leq 10 \text{ m/s}$	%	100	80,9	89,6	100
Zeitanteil zulässige Stabilität	%	95,1	43,2	65,4	86,0

Die Einzelergebnisse der Fahnenbegehungen am Betrieb M1 sind in Abbildung 16 dargestellt. Wie zu erwarten, nehmen die Geruchshäufigkeiten mit dem Abstand zur Anlage ab. Im Winter wurden aufgrund des defekten Entmistungsschiebers und aufgrund der Meteorologie (mittlere Windgeschwindigkeit 6,7 m/s; Stabilitätsklassen II, III/1) hohe Geruchshäufigkeiten auch in größeren Abständen zur Anlage ermittelt. Aufgrund des defekten Schiebers ist von einer höheren Emission auszugehen, da die Güllekanäle manuell mit einem Hochdruckreiniger gereinigt wurden. Im Frühling wurden vereinzelt Geruchshäufigkeiten von 100 % in einem Abstand von bis zu 320 m festgestellt. Die Ergebnisse im Sommer und Herbst zeigen geringere Geruchshäufigkeiten bei geringeren Abständen.

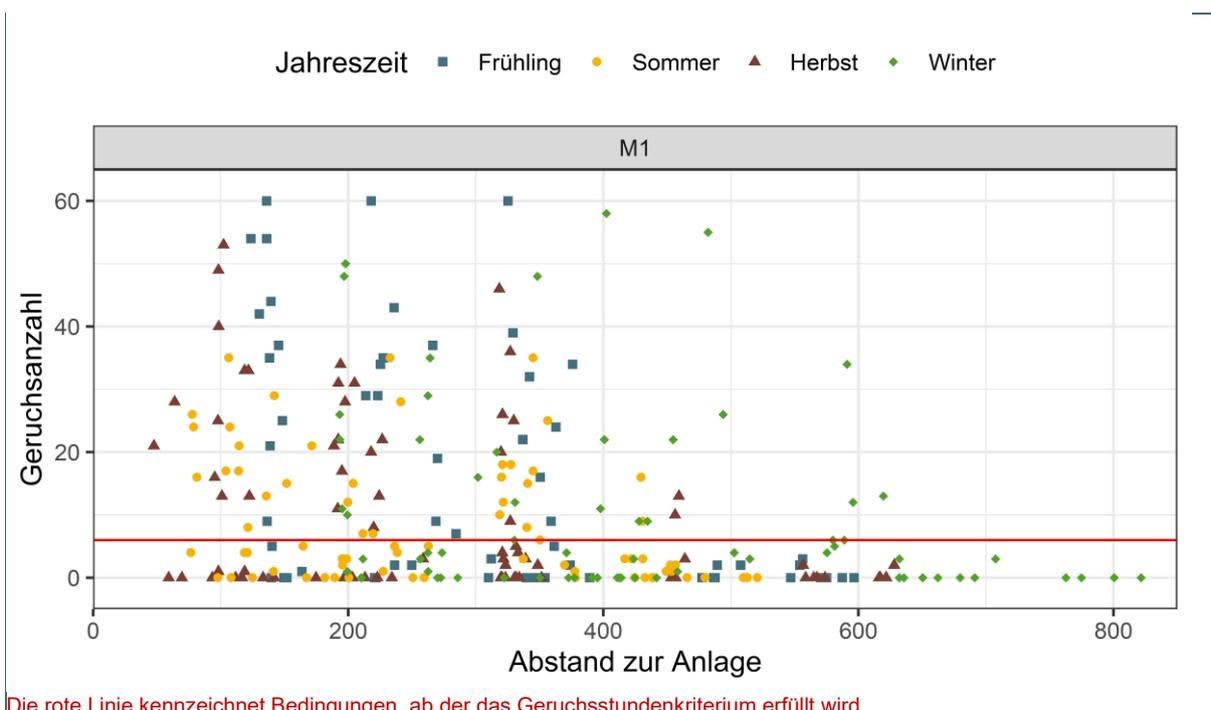


Abb. 16: Ergebnisse der Geruchshäufigkeiten der Begehungen an Anlage M1

Die Ergebnisse der ermittelten Fahnenreichweiten sind in Tab. 11 zusammengefasst. Beim Vergleich der einzelnen Fahnenreichweiten wird deutlich, dass mit Ausnahme des Messtermins im Winter die Reichweiten an allen Messtagen relativ konstant waren. Die mittleren Windgeschwindigkeiten an den Messtagen im Sommer und Herbst (2,9 m/s beziehungsweise 2,8 m/s) waren im Vergleich zu den Messterminen im Frühling und Winter (6,3 m/s beziehungsweise 6,7 m/s) deutlich geringer. Die Mittelwerte der Fahnenreichweiten liegen für die Begehungen im Frühling, Sommer und Herbst zwischen circa 410 m und 430 m. Die unterschiedliche Stallbelegung macht sich beim Vergleich der Messtermine im Frühling (223 GV) und Sommer (135 GV) in der Fahnenreichweite kaum bemerkbar.

Im Herbst wurde aufgrund des drehenden Windes im Messzeitintervall 3 die Fahnenreichweite über die Schnittlinien 4 und 5 bestimmt. Aufgrund von drehendem Wind war die Fahnenreichweite kürzer.

Für die Begehung im Winter konnten die Fahnenreichweiten nicht festgestellt werden, da aufgrund des Wohngebiets im Westen der Anlage die erforderlichen Messpunkte nicht begehbar waren und somit keine Schnittlinie ohne Geruchswahrnehmung dokumentiert werden konnte.

Tab. 11: Schätzwerte der Fahnenreichweite bei Anlage M1 (MZI: Messzeitintervall)

	Einheit	Messtag 1	Messtag 2	Messtag 3	Messtag 4
Jahreszeit		Frühling	Sommer	Herbst	Winter
MZI 1	m	425 ± 62	376 ± 48	538 ± 81	> 591 <sup>1)</sup>
MZI 2	m	408 ± 79	386 ± 64	443 ± 122	> 589 <sup>1)</sup>
MZI 3	m	463 ± 112	471 ± 42	283 ± 111 <sup>2)</sup>	> 596 <sup>1)</sup>
arithmetischer Mittelwert	m	432	411	421	-

<sup>1)</sup> Bestimmung der Fahnenreichweite nicht möglich

<sup>2)</sup> Verkürzte Fahnenreichweite bei drehenden Winden; Bestimmung über Schnittlinien 4 und 5

## Messergebnisse Betrieb M2

Die Ergebnisse der meteorologischen Begleitmessung sind in Abbildung 17 dargestellt und in Tab. 12 zusammengefasst.

An den Messtagen im Frühling und Winter wehte der Wind weitgehend konstant aus östlichen bis südöstlichen Richtungen aus einem Sektor von etwa 60°.

Besondere Windsituationen herrschten im Sommer und im Herbst vor. An den Messtagen im Sommer betrug der Windrichtungssektor während der gesamten Messperiode circa 90°. Die Windrose teilte sich in zwei Hauptmaxima, eines aus Ostsüdost und eines aus Südsüdost. Die südöstlichen Windrichtungen waren schwächer vertreten. Zudem drehte der Wind kontinuierlich zwischen 90° und 180°. Das breite Spektrum der Windrichtungen sowie der ständig drehende Wind erschwerten die Bestimmung der Fahnenreichweiten während der Messzeitintervalle.

Im Herbst drehte der Wind nach dem ersten Messzeitintervall von Ost auf Süd. Zeitlich konnten die einzelnen Messzeitintervalle bei jeweils einer vorherrschenden Windrichtung durchgeführt werden. Im Messzeitintervall 1 herrschte überwiegend Südostwind mit leichten Ostnordostanteilen vor. In den Messzeitintervallen 2 und 3 traten dann stabile Ostwindverhältnisse auf. Der Windrichtungssektor während der Messzeitintervalle war jeweils größer als 25°.

Im Umfeld dieses Betriebes konnten die Begehungen nur bei östlichen Windrichtungen durchgeführt werden, so dass mit geringen Windgeschwindigkeiten und größeren Windrichtungsschwankungen zu

rechnen war. Die Vorgaben der Norm zur maximalen Windsektorgröße konnten bei keiner Fahnenbegehung eingehalten werden.

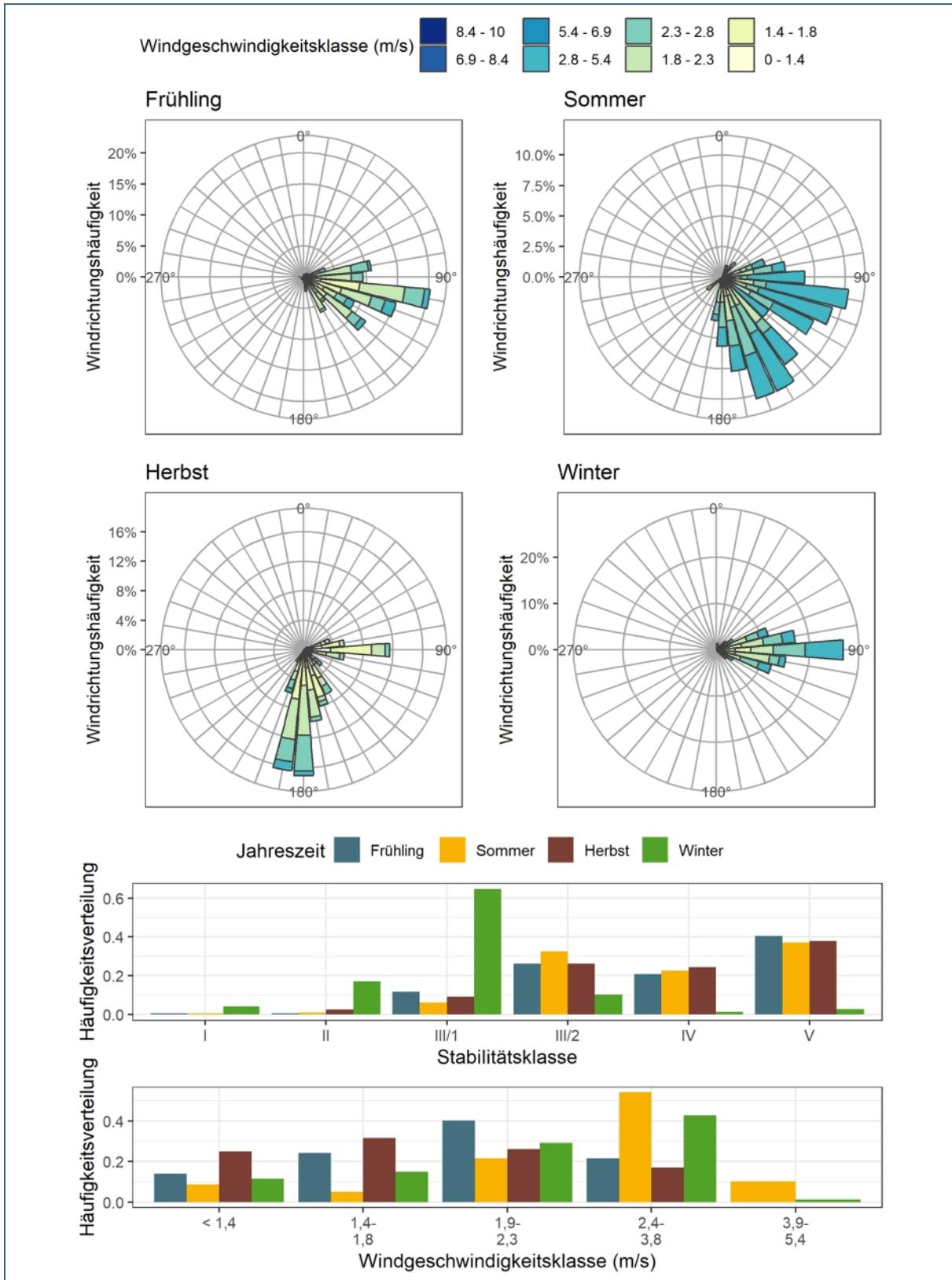


Abb. 17: Ergebnisse der meteorologischen Begleitmessung für die einzelnen Begehungstage an Anlage M2

Die mittleren Windgeschwindigkeiten lagen mit Werten von 1,8 m/s bis 2,7 m/s am unteren Ende des von der DIN EN 16841-2 vorgegebenen Bereichs. Dabei wurde im Herbst nur bei 35,4 % der aufgezeichneten Windgeschwindigkeiten die Mindestvorgabe von 2 m/s erreicht. Im Sommer wurde die Windgeschwindigkeit von 2 m/s mit 82 % der dokumentierten Windgeschwindigkeiten gut eingehalten. Im Frühling (55,0 %) und Winter (67,3 %) wurden die Sollvorgaben der DIN EN 16841-2 akzeptabel erfüllt. Generell herrschten am Standort eher zu geringe Windgeschwindigkeiten vor.

Die Anforderungen an die atmosphärische Stabilität wurden am besten im Frühling und Winter erfüllt und lagen im Bereich von 92,7 % im Frühling und 86,4 % im Winter. Im Sommer und Herbst wurden die Bedingungen zu knapp 50 % erfüllt, wobei hier die atmosphärische Schichtung eher zu labil war.

Tab. 12: Ergebnisse der meteorologischen Begleitmessung an Anlage M2

	Einheit	Messtag 1	Messtag 2	Messtag 3	Messtag 4
Jahreszeit		Frühling	Sommer	Herbst	Winter
Mittlere Lufttemperatur	°C	17,0	26,5	12,5	2,4
Hauptwindrichtung	–	OSO	OSO/SSO	S/O	O
Mittlere Windgeschwindigkeit	m/s	2,0	2,7	1,8	2,2
Anteil Windgeschwindigkeit 2 m/s ≤ v ≤ 10 m/s	%	55,0	82	35,4	67,3
Zeitanteil zulässige Stabilität	%	92,7	49,5	48,2	86,4

Die Einzelergebnisse der Geruchshäufigkeiten für Anlage M2 sind in Abbildung 18 zusammengefasst. Insgesamt ist die Geruchsanzahl relativ gering, so wurde das Maximum von 60 Geruchstakten nur bei einem Messpunkt festgestellt. Die Häufigkeiten nehmen an allen Messtagen mit zunehmendem Abstand zur Anlage schnell ab. Die Ergebnisse für die einzelnen Messtage liegen alle auf einem ähnlichen Niveau.

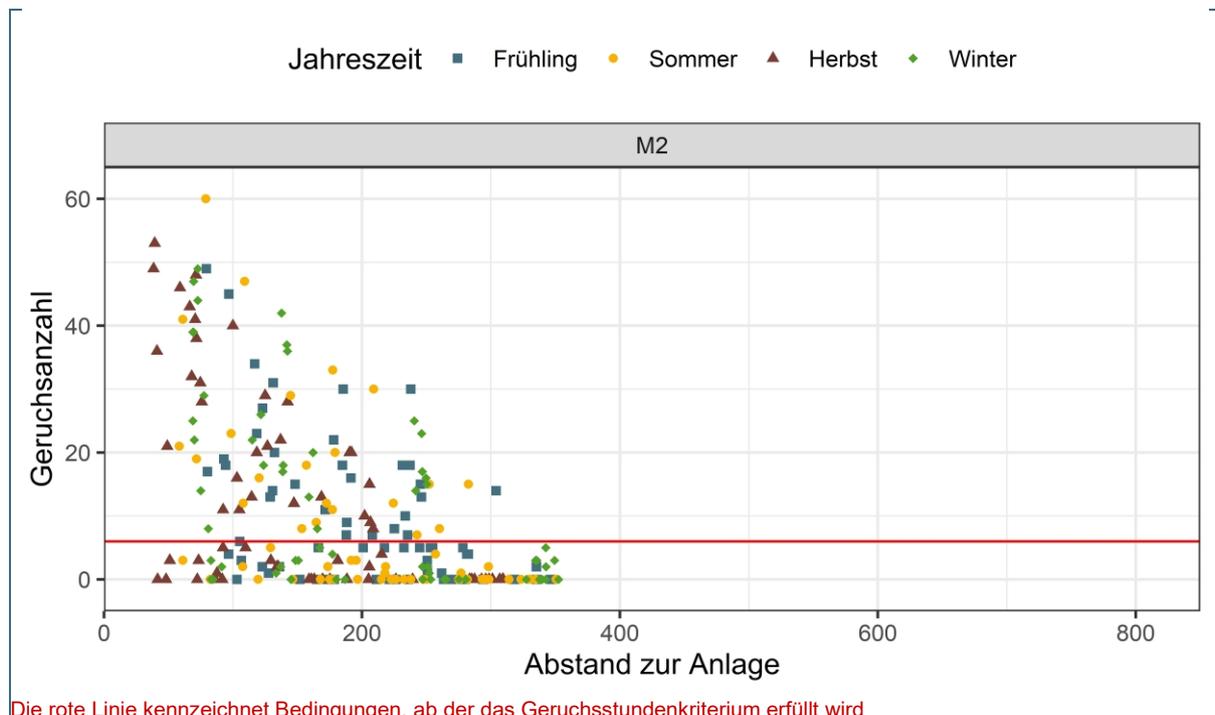


Abb. 18: Ergebnisse der Geruchshäufigkeiten der Begehungen an Anlage M2

Die Ergebnisse der Fahnenreichweite für Anlage M2 sind in Tab. 13 zusammengefasst. Die mittleren Fahnenreichweiten liegen über alle Begehungstage im Bereich von circa 200 m bis 280 m auf ähnlichem Niveau. Die unterschiedliche Stallbelegung von 126 GV im Sommer und von 163 GV im Winter hat nur einen geringen Einfluss auf die Fahnenreichweiten. Bei der Begehung im Sommer war außerdem ein Stallgebäude komplett geleert. Auch von der Witterung ist keine Abhängigkeit der Fahnenreichweiten festzustellen.

Bei der Begehung im Frühling wurde im Messzeitintervall 1 aufgrund drehenden Windes die Fahnenreichweite mit 250 m abgeschätzt. Dabei lag die Schnitlinie mit Geruchswahrnehmung und ohne Geruchswahrnehmung auf ähnlichem Niveau. Beim Messzeitintervall 2 wurde die Fahnenreichweite aufgrund eines zusätzlichen Messpunktes abgeschätzt.

Tab. 13: Schätzwerte der Fahnenreichweite bei Anlage M2 (MZI: Messzeitintervall)

	Einheit	Messtag 1	Messtag 2	Messtag 3	Messtag 4
Jahreszeit		Frühling	Sommer	Herbst	Winter
MZI 1	m	250 ± 5 <sup>1)</sup>	286 ± 28	132 ± 28	206 ± 47
MZI 2	m	323 ± 18 <sup>2)</sup>	269 ± 26	252 ± 46	291 ± 44
MZI 3	m	260 ± 22	205 ± 33	238 ± 47	289 ± 49
arithmetischer Mittelwert	m	278	253	207	262

<sup>1)</sup> Messunsicherheit gering, da durch Winddrehung Fahnenreichweiten der beiden letzten Schnitlinien auf ähnlichem Niveau

<sup>2)</sup> Zusätzlicher Messpunkt zur Abschätzung der Fahnenreichweite

### Messergebnisse Betrieb M3

In Abb. 19 und Tab. 14 sind die Ergebnisse der meteorologischen Begleitmessungen an Anlage M3 zusammengefasst.

An den Messtagen im Herbst und Winter herrschten weitgehend konstante südwestliche Winde mit stark gerichteter Windrose.

Besondere Windsituationen herrschten im Frühling vor, in den ersten beiden Messzeitintervallen am Messtag waren südöstliche Windrichtungen mit geringen Windgeschwindigkeiten vorherrschend. Der Wind drehte zwischen 120° und 180°. Dies erschwerte die Bestimmung der Fahnenreichweite. Im dritten Messzeitintervall wehte der Wind aus westlicher Richtung mit höheren Windgeschwindigkeiten.

Während der Sommerbegehung wehte der Wind konstant aus Ostnordost in einem Sektor von 50°.

Die Vorgaben der Norm zur maximalen Windsektorgröße konnten nur im Winter eingehalten werden.

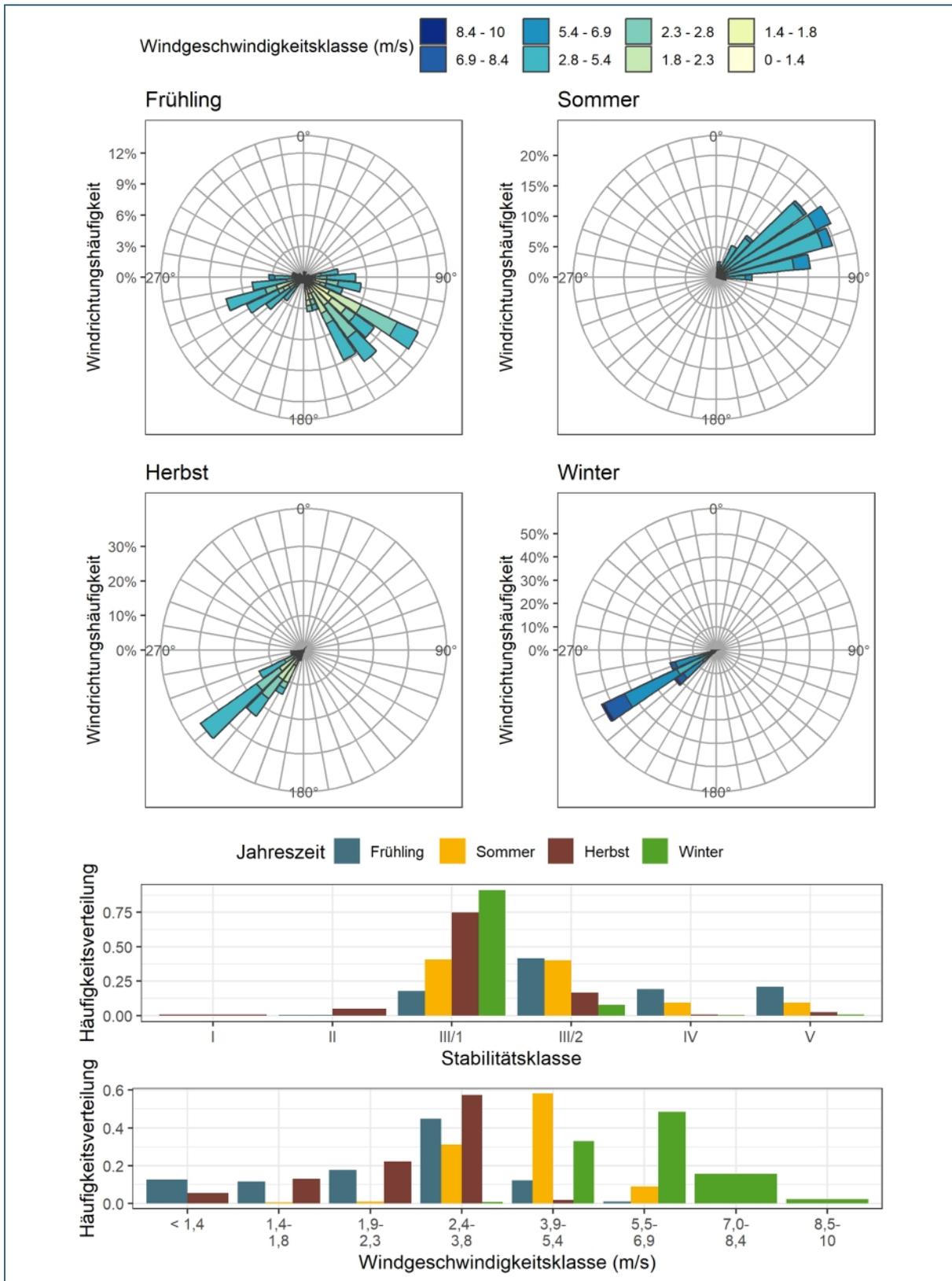


Abb. 19: Ergebnisse der meteorologischen Begleitmessung für die einzelnen Begehungstage an Anlage M3

Die auf Minutenmittelwerten basierenden Auswertungen zeigen, dass die Windgeschwindigkeiten im Wesentlichen innerhalb der Sollvorgaben der DIN EN 16841-2 lagen. Im Mittel betrug die Windgeschwindigkeit über die Begehungstage zwischen 2,5 m/s und 5,9 m/s. Die Vorgaben der DIN EN 16841-2 wurden im Sommer und Winter eingehalten, während die Windgeschwindigkeiten über 2 m/s im Frühling zu 68 % und im Herbst zu 78,4 % vorlagen.

Die Anforderungen an die Stabilität der Atmosphäre konnten im Sommer, Herbst und Winter im Wesentlichen eingehalten werden. Im Frühling und teilweise im Sommer sind Anteile der atmosphärischen Schichtung mit den Stabilitätsklassen IV und V zu labil.

Tab. 14: Ergebnisse der meteorologischen Begleitmessung an Anlage M3

	Einheit	Messtag 1	Messtag 2	Messtag 3	Messtag 4
Jahreszeit		Frühling	Sommer	Herbst	Winter
Mittlere Lufttemperatur	°C	18,4	17,0	12,2	4,0
Hauptwindrichtung	–	SSO/W	ONO	SW	SW
Mittlere Windgeschwindigkeit	m/s	2,6	4,3	2,5	5,9
Anteil Windgeschwindigkeit $2 \text{ m/s} \leq v \leq 10 \text{ m/s}$	%	68,0	99,5	78,4	100
Zeitanteil zulässige Stabilität	%	68,5	85,2	94,4	99,1

Bei Betrieb M3 zeigt sich eine hohe Variabilität der Geruchshäufigkeiten im Vergleich zum Abstand zur Anlage. Die Ergebnisse der Fahnenbegehungen sind in Abbildung 20 zusammengefasst. Insbesondere im Herbst konnten hohe Geruchshäufigkeiten auch bei größerer Entfernung festgestellt werden. Hier ist jedoch davon auszugehen, dass diese vom benachbarten Schweinestall beeinflusst wurden. Nach Plausibilitätsprüfung der Messergebnisse sind diese beeinflussten Werte in Abbildung 20 mit einem „X“ markiert. Die Messergebnisse im Frühling, Sommer und Winter sind auf einem ähnlichen Niveau.

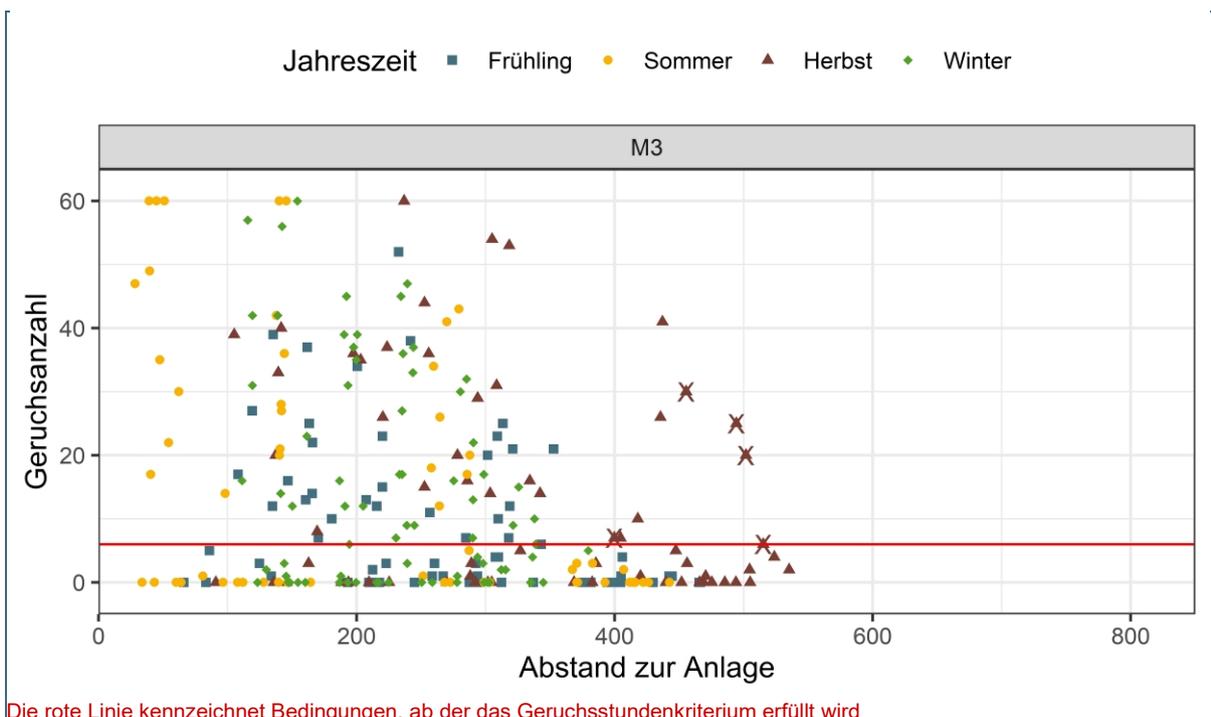


Abb. 20: Ergebnisse der Geruchshäufigkeiten der Begehungen an Anlage M3

In Tab. 15 sind die Ergebnisse der Fahnenreichweiten zusammengefasst. Die mittleren Fahnenreichweiten über die Begehungstage liegen in einem Bereich von circa 340 m bis 440 m. Aufgrund der mittleren Windgeschwindigkeiten lassen sich nur wenig Rückschlüsse auf das Ergebnis der Fahnenreichweite feststellen. Im Vergleich der Winterbegehung mit der Herbstbegehung ist auffallend, dass sich trotz einer niedrigeren mittleren Windgeschwindigkeit im Herbst von 2,5 m/s (Winter: 5,9 m/s) höhere Fahnenreichweiten bei ähnlicher Windrichtung ergeben.

Bei der Begehung im Herbst waren bei den Messzeitintervallen 2 und 3 jeweils Einflüsse an der letzten Schnittlinie zur Abgrenzung der Fahnenreichweite aufgrund des benachbarten Stallgebäudes festzustellen. Im Winter konnte beim Messzeitintervall 1 aufgrund von Geruchsfeststellung an der letzten Schnittlinie keine Fahnenreichweite abgeschätzt werden.

Tab. 15: Schätzwerte der Fahnenreichweite bei Anlage M3 (MZI: Messzeitintervall)

	Einheit	Messtag 1	Messtag 2	Messtag 3	Messtag 4
Jahreszeit		Frühling	Sommer	Herbst	Winter
MZI 1	m	348 ± 46	321 ± 51	448 ± 30	> 339 <sup>1)</sup>
MZI 2	m	371 ± 52	350 ± 62	397 ± 79 <sup>2)</sup>	359 ± 20 <sup>2), 3)</sup>
MZI 3	m	357 ± 48	340 ± 80	475 ± 40 <sup>2)</sup>	333 ± 12 <sup>2), 3)</sup>
arithmetischer Mittelwert	m	358	337	440	346

<sup>1)</sup> Bestimmung der Fahnenreichweite nicht möglich

<sup>2)</sup> Beeinflussung durch benachbarten Schweinestall anzunehmen

<sup>3)</sup> Zusätzlicher Messpunkt zur Abschätzung der Fahnenreichweite

## Betrieb S1

Die Ergebnisse der meteorologischen Begleitmessung sind in Abb. 21 dargestellt und in Tab. 16 zusammengefasst.

Am Messtag im Frühling wurden die Fahnenbegehungen bei Windrichtung Westsüdwest mit relativ hohen Windgeschwindigkeiten durchgeführt. Weiterhin ist zu erkennen, dass sich die Windrichtung während dieser Fahnenbegehung über den gesamten Messzeitraum über einen Sektor von 60° erstreckte.

Am Messtag im Sommer herrschten während der Geruchsfahnenbegehungen stabile Südostwinde mit einer Auffächerung der Windrose um bis zu 80°. Die Windgeschwindigkeiten während der Messzeit betragen größer 2 m/s.

Im Herbst traten die Windrichtungen Südsüdost und Südsüdwest auf. Die südöstlichen Windrichtungen traten bei mittleren Windgeschwindigkeiten auf. Der Wind drehte kontinuierlich zwischen 120° und 180°. Das breite Spektrum der Windrichtungen sowie der ständig drehende Wind mit mittleren Windgeschwindigkeiten erschwerten die Bestimmung der Fahnenreichweiten während der Messzeitintervalle.

Im Winter herrschten überwiegend Windrichtungen aus Ostnordost mit geringen Windgeschwindigkeiten während der gesamten Messperiode vor. Der Windrichtungssektor betrug 50°.

Die Vorgaben der Norm bezüglich des Windsektors von 25° konnten nicht eingehalten werden.

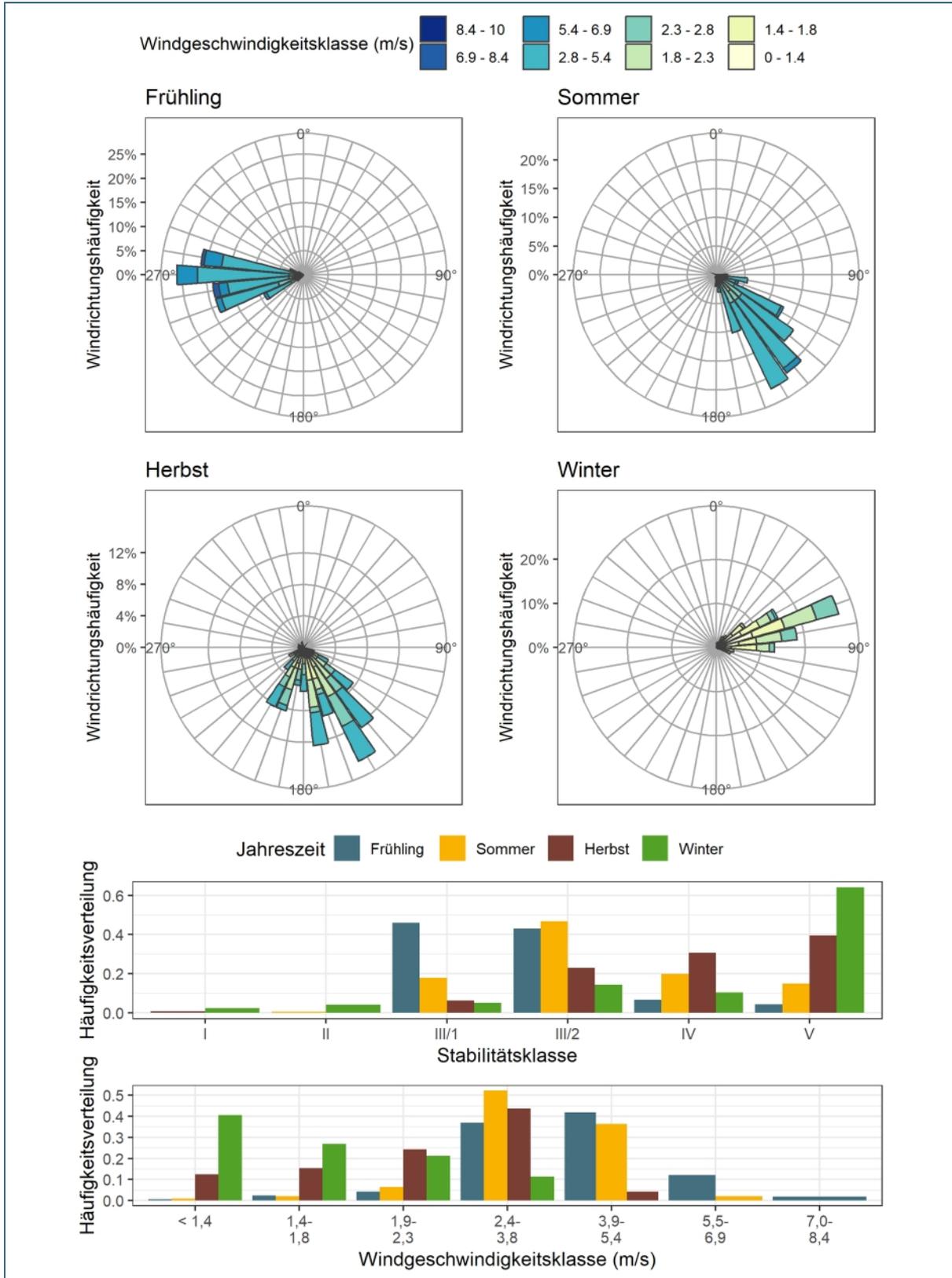


Abb. 21: Ergebnisse der meteorologischen Begleitmessung für die einzelnen Begehungstage an Anlage S1

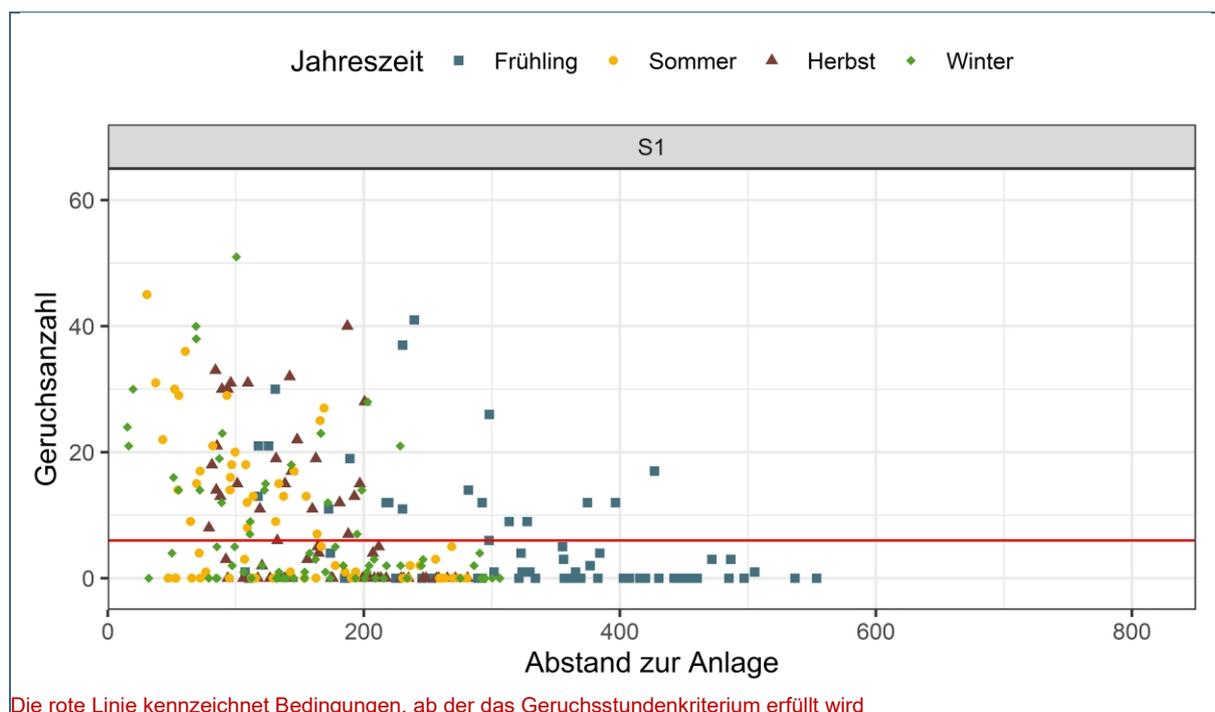
Die Vorgaben der Norm an die Windgeschwindigkeiten wurden im Wesentlichen an den Messtagen im Frühling, Sommer und Herbst eingehalten. Im Frühling waren jedoch auch Anteile von geringeren Windstärken festzustellen. Insgesamt waren die Windgeschwindigkeiten im Frühling breiter gestreut. Für die Winterbegehung konnten die Anforderungen der Norm an die Windgeschwindigkeiten nicht eingehalten werden.

Ein ähnliches Bild ergibt sich für die Stabilität der Atmosphäre. Im Frühling und Sommer wurden die Bedingungen der Norm erfüllt. Im Herbst war die Stabilität teilweise zu stabil. Im Winter herrschten überwiegend stabile Schichtungen vor und die Bedingungen der Norm konnten nicht erfüllt werden.

Tab. 16: Ergebnisse der meteorologischen Begleitmessung an Anlage S1

	Einheit	Messtag 1	Messtag 2	Messtag 3	Messtag 4
Jahreszeit		Frühling	Sommer	Herbst	Winter
Mittlere Lufttemperatur	°C	18,7	16,3	24,1	2,2
Hauptwindrichtung	–	WSW	SO	SSO/SSW	ONO
Mittlere Windgeschwindigkeit	m/s	4,1	3,5	2,4	1,6
Anteil Windgeschwindigkeit 2 m/s ≤ v ≤ 10 m/s	%	68,0	99,5	78,4	100
Zeitanteil zulässige Stabilität	%	97,0	96,0	68,1	28,6

Trotz der insgesamt geringeren GV-Zahl der Sauenhaltung mit Ferkelaufzucht zeigen sich vergleichbare Fahnenreichweiten zu den Mastschweineanlagen. Gründe können Bau- und Betriebsweise der Sauenhaltung sein. Aufgrund der baulichen Struktur ergibt sich eine höhere Anzahl an potenziellen emissionsrelevanten Flächen, zudem wird der Festmist auf dem Gelände gelagert. Die Geruchsanzahl ist jedoch im Vergleich zu den Mastschweineanlagen auf niedrigerem Niveau auch in Anlagennähe. Die Messergebnisse im Sommer, Herbst und Winter liegen auf einem ähnlichen Niveau, während im Frühling auch in größerer Entfernung Gerüche festgestellt wurden. Die Einzelergebnisse der Geruchsanzahl der Messpunkte über den Abstand sind in Abbildung 22 dargestellt.



Die rote Linie kennzeichnet Bedingungen, ab der das Geruchsstundenkriterium erfüllt wird

Abb. 22: Ergebnisse der Geruchshäufigkeiten der Begehungen an Anlage S1

Die Ergebnisse der Schätzungen der Fahnenreichweiten sind in Tab. 17 zusammengefasst. Es wird deutlich, dass die Mittelwerte der Fahnenreichweiten an den Messtagen im Sommer, Herbst und Winter relativ konstant waren (circa 200 m bis 240 m). Im Frühling wurde eine signifikant höhere Fahnenreichweite im Mittel von circa 410 m ermittelt. Einen möglichen Einfluss kann die Windrichtung West-südwest mit weitestgehender indifferenter Stabilität der Atmosphäre und einem relativ kleinen Windrichtungssektor sein. Außerdem war die mittlere Windgeschwindigkeit mit 4,1 m/s etwas höher als an den anderen Messtagen (3,5 m/s, 2,4 m/s beziehungsweise 1,6 m/s) und insgesamt breiter gestreut. Die konstante Stallbelegung von 45 GV bis 46 GV an allen Messtagen macht sich in der Fahnenreichweite nicht bemerkbar. Auch die Tatsache, dass das Festmistlager im Herbst weitgehend geräumt war, führte zu keiner niedrigeren Fahnenreichweite.

Im Winter konnte beim Messzeitintervall 3 aufgrund der Waldfläche das Fahnenende nicht bestimmt werden.

Tab. 17: Schätzwerte der Fahnenreichweite bei Anlage S1 (MZI: Messzeitintervall)

	Einheit	Messtag 1	Messtag 2	Messtag 3	Messtag 4
Jahreszeit		Frühling	Sommer	Herbst	Winter
MZI 1	m	422 ± 38	203 ± 34	229 ± 36	245 ± 42
MZI 2	m	389 ± 61	191 ± 53	205 ± 24	242 ± 34
MZI 3	m	416 ± 41	209 ± 54	186 ± 25	> 195 <sup>1)</sup>
arithmetisches Mittel	m	409	201	207	244

<sup>1)</sup> Bestimmung der Fahnenreichweite nicht möglich

## Vergleich der Anlagen

### Fahnenreichweiten

Das Ziel der statischen Fahnenbegehung ist unter anderem die Ermittlung der Fahnenreichweiten. Die Fahnenreichweite ergibt sich aus der letzten Schnittlinie mit Messpunkten mit Geruchswahrnehmung (Geruchsanzahl am Messpunkt mindestens 6 Takte) und der ersten Schnittlinie mit Messpunkten ohne Geruchswahrnehmung (Geruchsanzahl am Messpunkt kleiner 6 Takte). Dabei wird die Fahnenreichweite mittig zu den beiden Schnittlinien festgesetzt. Die Ergebnisse der Fahnenreichweiten für die unterschiedlichen Anlagen sind in Tab. 18 und Abb. 23 zusammengefasst.

Die mittlere Fahnenreichweite beträgt bei der Anlage M1 421 m und der Median 425 m. Aufgrund der Mess- und Emissionsbedingungen bei der Winterbegehung wurde diese bei der Auswertung der Fahnenreichweiten nicht berücksichtigt. Bei Anlage M2 wurden trotz hoher Tierzahlen relativ kurze Fahnenreichweiten von durchschnittlich 250 m und einem Median von 256 m ermittelt. Bei Anlage M3 betrug die Fahnenreichweiten im Mittel 373 m und im Median 357 m. Bei einem Messzeitintervall konnte die Fahnenreichweite aufgrund von Einflüssen des Nachbarstalls nicht ermittelt werden. Bei der Anlage S1 liegen die Fahnenreichweiten im Mittel bei 267 m und im Median bei 228 m, wobei auch hier ein Messzeitintervall aufgrund der meteorologisch bedingten Verlagerung der Geruchsfahne in den angrenzenden Wald nicht berücksichtigt wurde. Für die Anlage S1 wurde eine größere Bandbreite der Fahnenreichweiten ermittelt (vergleiche Abb. 23). Die Gegenüberstellung der Mittelwerte und Mediane der Fahnenreichweiten ist in Tab. 18 zusammengefasst.

Tab. 18: Ergebnisse der Fahnenreichweiten

Anlage	Einheit	M1	M2	M3	S1
Mittlere Fahnenreichweite	m	421	250	373	267
Median Fahnenreichweite	m	425	256	357	229

Die Anlage M1 (ohne Auslauf und mit Trauf-/Firstlüftung) weist die größten Fahnenreichweiten auf. Allerdings lagen hier im Mittel auch die höchsten Windgeschwindigkeiten sowie die höchste Stallbelegung vor. Ein konkreter Zusammenhang zwischen den meteorologischen Bedingungen und der Stallbelegung zu den ermittelten Fahnenreichweiten konnte nicht festgestellt werden. Im Unterschied zu den anderen untersuchten Ställen ist der Stall M1 mit einer Trauf-/Firstlüftung und ohne Auslauf ausgeführt.

Die Anlage M2 (mit Auslauf und mit Offenfront) weist im Vergleich zu den Mastschweinehaltungen M1 und M3 in auffälliger Weise die geringsten Fahnenreichweiten auf. Auch die festgestellte Geruchszahl war im Vergleich zu den anderen Ställen deutlich niedriger. Allerdings wurden bei der Anlage M2 die Geruchsuntersuchungen bei im Vergleich relativ geringen Windgeschwindigkeiten und bei indifferenten bis labilen atmosphärischen Schichtungen durchgeführt. Auch hier konnte kein konkreter Zusammenhang zwischen Stallbelegung, meteorologischen Bedingungen und der Fahnenreichweite festgestellt werden.

Die Mastschweinehaltung M3 (mit Auslauf und mit Offenfront; Flüssigmistverfahren) hat eine mittlere Fahnenreichweite von 373 m. Im Vergleich zur Mastschweinehaltung M2 liegt die Anlage hinsichtlich der mittleren Tiermasse an den einzelnen Begehungstagen auf einem vergleichbaren Wert, jedoch zeigen sich deutliche Unterschiede in den meteorologischen Bedingungen. So herrschten am Standort M3 im Mittel deutlich höhere Windgeschwindigkeiten als am Standort M2. Im Vergleich zum Standort M1 sind die Tiermassen jedoch geringer. Auch hier lässt sich kein direkter Zusammenhang zwischen Tiermasse, Meteorologie und Fahnenreichweite ableiten. Innerhalb der einzelnen Messtage ergibt sich die höchste Fahnenreichweite im Herbst bei der höchsten dokumentierten Tiermasse. Für die übrigen Begehungstage kann kein konkreter Zusammenhang zwischen Stallbelegung und Fahnenreichweite abgeleitet werden.

Aufgrund der Komplexität der Geruchsausbreitung und der Vielzahl möglicher Einflussfaktoren lassen sich keine direkten Zusammenhänge zwischen Geruchsfahne und einzelnen Parametern ermitteln. Als Einflussfaktoren werden neben den meteorologischen Bedingungen weitere Parameter wie Tierbestand, Haltungsverfahren, Entmistungsverfahren, Be- und Entlüftungssystem sowie Güllagerung vermutet, darüber hinaus können auch nicht quantifizierbare Parameter wie z. B. das Betriebsmanagement (gute fachliche Praxis) einen Einfluss auf die Fahnenausbreitung haben.

Festgestellt werden kann, dass die Ausführung von Auslaufställen mit Offenfront sich im Vergleich zum Stall ohne Auslauf und mit Trauf-/Firstlüftung bei Gerüchen nicht nachteilig auswirkt und eher kürzere Fahnenreichweiten und geringere Geruchshäufigkeiten aufwies. Insgesamt lassen sich bei allen Ställen jahreszeitliche Einflüsse kaum feststellen. Die Sauenhaltung (mit Auslauf) hatte trotz deutlich geringerem Tierbesatz im Vergleich zur Mastschweinehaltung (mit Auslauf) vergleichbare Fahnenreichweiten, möglicherweise bedingt durch die bauliche Struktur mit einer höheren Anzahl an potenziellen emissionsrelevanten Flächen.

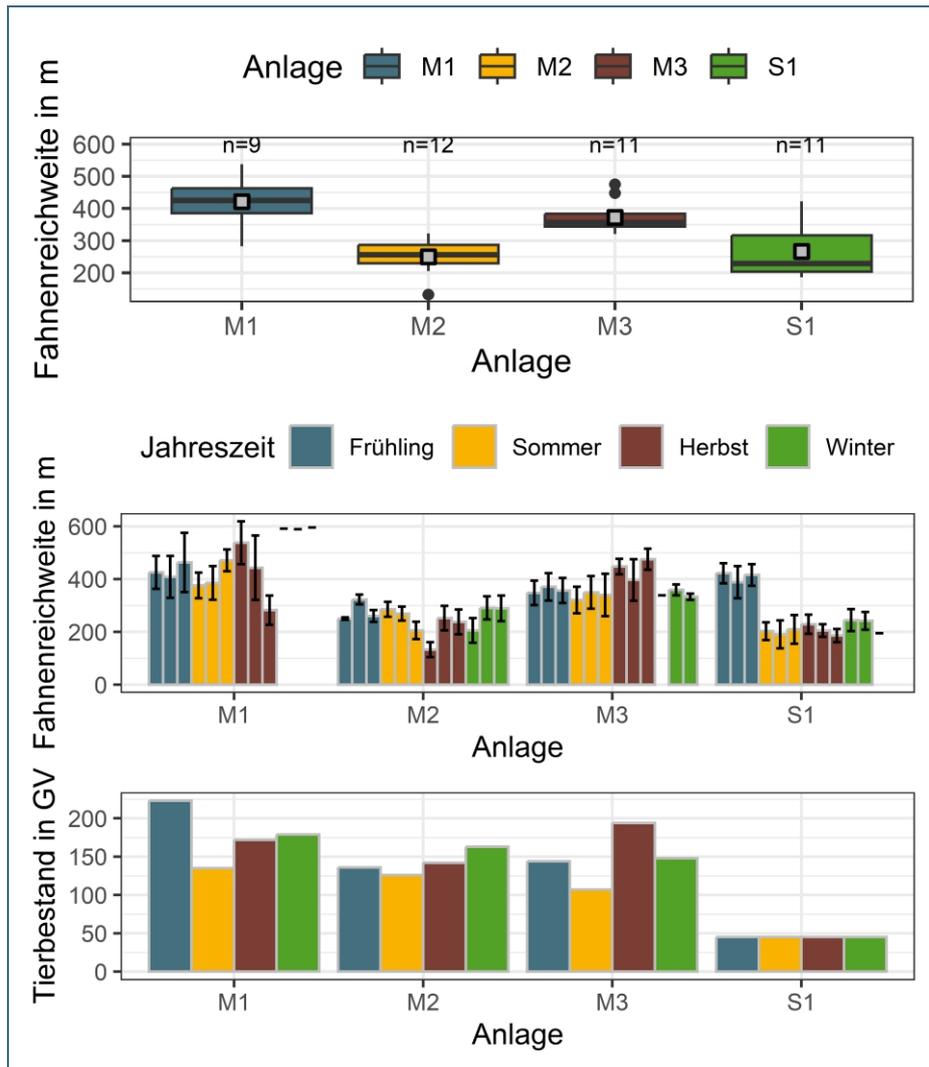


Abb. 23:  
Fahnenreichweiten der  
einzelnen Anlagen

### Polaritätenprofile

Die Auswertung der Polaritätenprofile zur hedonischen Klassifizierung der Anlagengerüche erfolgt mit Hilfe des Pearson-Produkt-Korrelationskoeffizienten. Damit ist eine Zuordnung der Anlagengerüche zu den Konzepten „Gestank“ beziehungsweise „Geruch“ möglich. Die Ergebnisse der Korrelationen sind in Tab. 19 zusammengefasst. Für jeden Messtag wurden zwei Polaritätenprofile pro Prüfer erstellt, eines für schwache Intensitäten in größerer Entfernung von den Anlagen und eines für starke Intensitäten in direkter Anlagennähe. Es zeigt sich für alle Anlagen eine negative Korrelation (Pearson-Korrelation kleiner  $-0,5$ ) zu dem repräsentativen Geruchsprofil „Duft“ und eine positive Korrelation (Pearson-Korrelation größer  $0,5$ ) zu dem repräsentativen Geruchsprofil „Gestank“. Eine Darstellung der Polaritätenprofile ist in Anhang A.4 zu finden.

Über alle Polaritäten ergibt sich für die untersuchten Anlagen eine Korrelation von  $-0,77$  zum Konzept „Duft“ und von  $0,95$  zum Konzept „Gestank“. Im Vergleich dazu ergibt sich bei den konventionellen Haltungsverfahren ein Korrelationsfaktor von  $-0,73$  zum Konzept „Duft“ und von  $0,94$  zum Konzept „Gestank“. Somit ist hinsichtlich der Klassifizierung der Anlagengerüche kein relevanter Unterschied von den untersuchten tiergerechten Haltungsverfahren zu konventionellen Haltungsverfahren erkennlich.

Tab. 19: Pearson-Korrelation der einzelnen Anlagen zum repräsentativen Duft- und Gestankprofil

Korrelation	M1 <sub>schwach</sub>	M1 <sub>stark</sub>	M2 <sub>schwach</sub>	M2 <sub>stark</sub>	M3 <sub>schwach</sub>	M3 <sub>stark</sub>	S1 <sub>schwach</sub>	S1 <sub>stark</sub>
Duft	-0,78	-0,74	-0,77	-0,76	-0,69	-0,73	-0,82	-0,75
Gestank	0,93	0,94	0,85	0,96	0,72	0,93	0,90	0,95

### Intensität

Die Ergebnisse der Geruchsintensitätsermittlungen an den untersuchten Ställen sind in Abbildung 24 dargestellt. Die Intensitäten sind differenziert nach Geruchshäufigkeiten von 0 % bis 50 % und 51 % bis 100 %. Die Intensitätsskala der Gerüche reicht von 1 (sehr schwach) bis 6 (extrem stark). Aus der Abbildung wird ersichtlich, dass mit steigender Geruchshäufigkeit die Geruchsintensität zunimmt. Bei geringen Geruchshäufigkeiten wird der Geruch als weniger intensiv empfunden als bei höheren Geruchshäufigkeiten. Bei Geruchshäufigkeiten unter 50 % liegen die Mittelwerte der Intensitäten im Bereich „schwach“ bis „sehr schwach“. Bei höheren Geruchshäufigkeiten wurden die Anlagengerüche im Mittel als „deutlich“ bis „stark“ wahrgenommen. Für die Mastschweineanlagen ergibt sich bei Geruchswahrnehmungen, für die das Geruchsstundenkriterium nach DIN EN 16841-2 erfüllt ist, eine mittlere Intensität von 2,5 bis 2,7 und für die Sauenhaltung mit Ferkelerzeugung von 2,1. Die Sauenhaltung wird damit signifikant weniger intensiv wahrgenommen als die Mastschweinehaltungen.

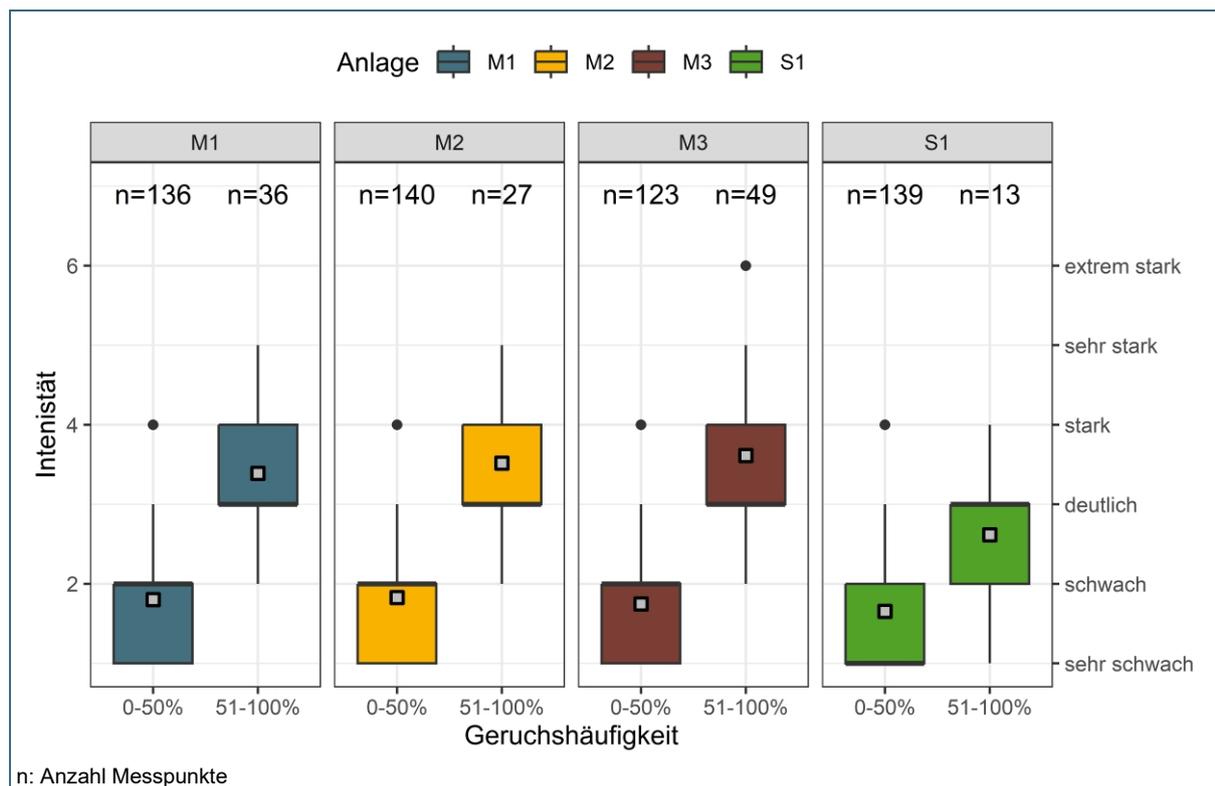


Abb. 24: Ergebnisse der Intensität zu klassierten Geruchshäufigkeiten der Begehungen

### Hedonik

Die hedonische Bewertung der Begehungsergebnisse ist in Abbildung 25 dargestellt. Die Skala reicht von -4 (äußerst unangenehm) bis 4 (äußerst angenehm). Bei der Hedonik wird der Geruch mit zunehmender Geruchshäufigkeit als unangenehmer eingestuft. Die Hedonik ist bei allen untersuchten Ställen als „eher unangenehm“ einzustufen, bei hohen Geruchshäufigkeiten eher „sehr unangenehm“. Im Mittel ergeben sich für die Hedonik bei Geruchswahrnehmungen, die das Geruchsstundenkriterium

erfüllen, für die Mastschweinehaltung Werte von  $-0,9$  bis  $-1,0$  und für die Sauenhaltung Werte von  $-0,5$ . Die Hedonik der Sauenhaltung S1 wird insgesamt besser bewertet als die der Mastschweinehaltung. Auch hier ist ein signifikanter Unterschied zwischen den Mastschweinehaltungen und der Sauenhaltung hinsichtlich der hedonischen Einordnung vorhanden. Die Anlagengerüche von der Sauenhaltung S1 werden als weniger unangenehm eingestuft.

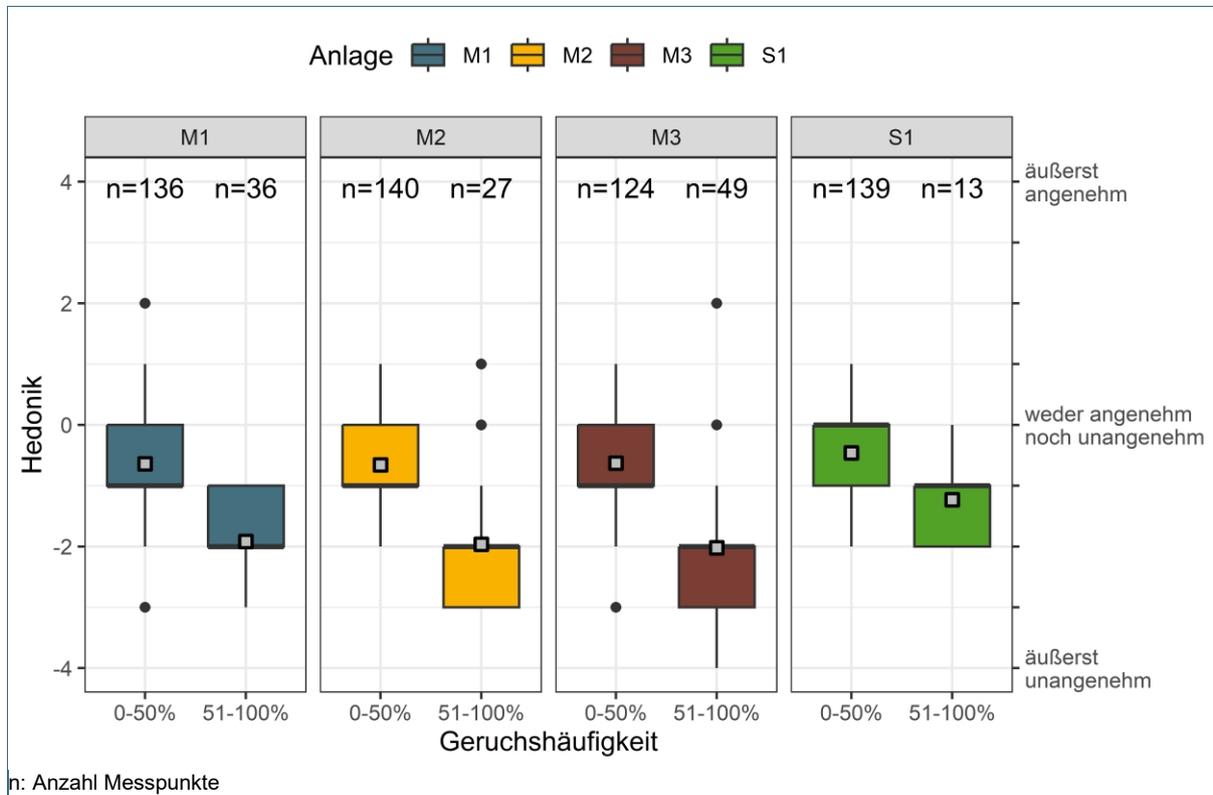


Abb. 25: Ergebnisse der Hedonik zu klassierten Geruchshäufigkeiten der Begehungen

### Bewertung

Insgesamt ist die Ausbreitung der Geruchsfahnen nicht auf Einzelparameter zurückzuführen, vielmehr handelt es sich um ein multifaktorielles Problem. So wird vermutet, dass Emissionsstärke und -konzentration, die Größe und Lage der emissionsrelevanten Fläche, die meteorologischen Bedingungen, die Entmistungstechnik und Fütterung relevante Einflüsse auf die Fahnenausbreitung haben. Aufgrund dessen werden die Ergebnisse der statischen Fahnenbegehungen mit den Ergebnissen von Immissionsprognosen verglichen (vergleiche Kapitel 5.1).

## 4.2 Ammoniakkonzentration und Stickstoffdeposition

Die Ergebnisse der Messkampagnen zur Erfassung der Ammoniakimmissionskonzentration sind für den Mastschweinestall M1 und die Sauenhaltung S1 in den nachfolgenden Tabellen wiedergegeben.

### Betrieb M1

#### Ammoniakkonzentration

Die Ergebnisse der Passivsammlermessungen bei Anlage M1 (vergleiche Tab. 20) zeigen in der Regel einen deutlichen Konzentrationsabfall mit zunehmendem Abstand zum Mastschweinestall. Am deutlichsten ist der Rückgang der Konzentration von unmittelbarer Stallnähe (MP 1) hin zu den Abständen von 50 m an den Messpunkten MP 2 und MP 3. Die vereinzelt hohen Messwerte insbesondere der Kampagne 02.03.2022–30.03.2022 beruhen auf Düngeaktivitäten im Feld. Zu beachten ist,

dass während der Messkampagne der Unterflurschieber bei der Anlage vom 10.02.2022 bis 29.08.2022 ausgefallen ist. Eine sichere Kot-Harn-Trennung war nicht mehr möglich. Auswirkungen aufgrund des Schieberausfalls auf die ermittelten Messwerte sind nicht festzustellen.

Tab. 20: Messergebnisse Passivsammleruntersuchung an der Anlage M1; Ammoniakkonzentration in  $\mu\text{g NH}_3/\text{m}^3$  in 1,5 m Höhe, soweit nicht anders angegeben

Kampagne	MP 1 0 m	MP 2 50 m	MP 3 50 m	MP 4 100 m	MP 5 200 m	MP 6 300 m	MP 7 300 m (in 3,5 m)	MP 8 Hintergrund (in 3,5 m)
19.01.2022–02.02.2022	81,5	9,35	24,5	7,95	3,95	2,15	2,6	1,35
02.02.2022–02.03.2022	98	15,5	22 *	9,9	4,85	3,15	3,45	2,65
02.03.2022–30.03.2022	51	23	30	22 *	17,5	25,5	19,5	10,5
30.03.2022–25.04.2022	58	13	24	25,5	8,4	8,8	8,1	5,65
25.04.2022–24.05.2022	80	17	21,5	11,5	7,8	7,6	7,8	4,65
24.05.2022–20.06.2022	79	15	15	6,25	4,25	4,4	5,15	5,5
20.06.2022–18.07.2022	78	11	15	6,55	4,9	8,45	6	4,3
18.07.2022–16.08.2022	63,5	16	13,5	9,7	8,4	9,45	10,5	6,75
16.08.2022–13.09.2022	68,5	16,5	17	8,85	5,65	5,25	6	5,2
13.09.2022–17.10.2022	62	15	18	7,75	3,25	3,25	3,95	3,9
17.10.2022–08.11.2022	74	19	17,5	8,75	5,45	4,4	5,4	3,7
08.11.2022–06.12.2022	75	NA	21,5	10,45	5,85	3,95	4,85	3,85
06.12.2022–04.01.2023	73	18	16	6,7 *	3,1	2,45	3,75	1,45
04.01.2023–31.01.2023	62	13,5	17	12 *	6,1	2,5	2,85	2,55
31.01.2023–28.02.2023	35	11,5	14,5	10,35	9,45	12,5	10,5	9,55
28.02.2023–28.03.2023	50	16,5	NA	12	10,5	10,5	9,7	8,7
arithmetisches Mittel	68,0	15,3	19,1	11,0	6,8	7,1	6,9	4,8

Mittelwerte aus Doppelbestimmung

\*: Einfachbestimmung

NA: Keine Bestimmung

In Abbildung 26 sind die Ergebnisse der Ammoniakmessung über die Messperiode graphisch aufgetragen. Für die bessere Einordnung der immissionsseitigen Messung sind die gemessenen Außentemperaturen, der Anteil der Westwinde und die durchschnittliche Tierzahl über die Messperiode dargestellt. Die Standorte der Passivsammler lagen allesamt östlich der Anlage.

Aus Abbildung 26 wird deutlich, dass ganzjährig die höchste Ammoniakkonzentration in unmittelbarer Nähe zum Stall auftritt. Der Einfluss der Düngung ist in den Monaten um März bis April besonders deutlich erkennbar. Der Anteil der Westwinde betrug im April nur circa 10 %. Am stallnahen Messpunkt MP 1 sind entsprechend niedrigere Messwerte im Vergleich zu den anderen Messperioden zu erkennen. Bei den feldnahen Messpunkten sind im April dagegen erhöhte Werte zu erkennen, da das Feld gedüngt wurde. Gerade in den kälteren Monaten nähert sich die Konzentration in einer Entfernung von circa 200 m bis 300 m (MP 5 bis MP 7) der Hintergrundkonzentration (MP 8) an. Zu einer besseren Beurteilung der Immissionssituation wurden Ausbreitungsrechnungen durchgeführt, um die Emissions- und Transmissionsbedingungen besser einzuschätzen (vergleiche Kapitel 5.2 Immissionsprognosen Ammoniak).

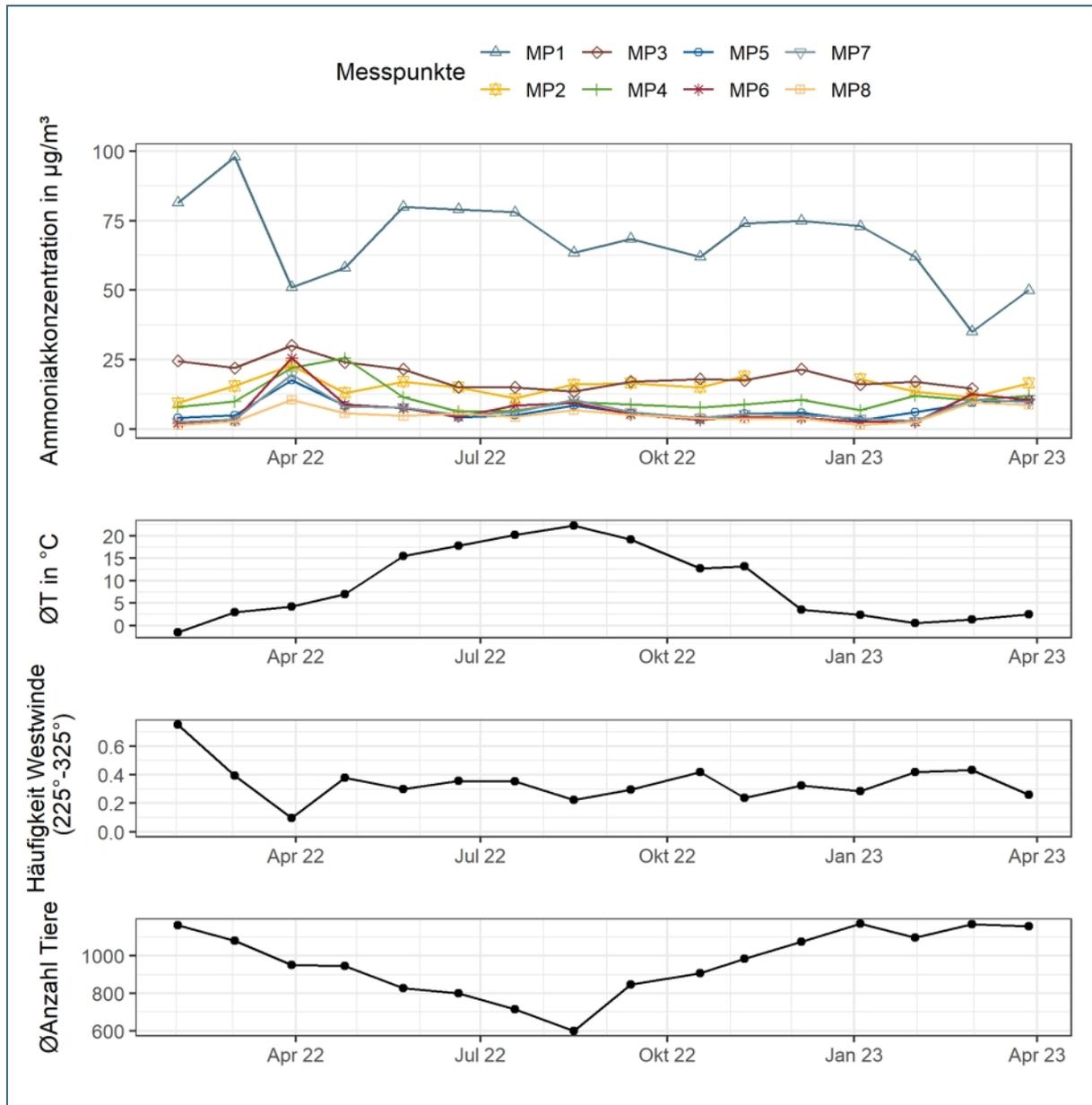


Abb. 26: Konzentrationsverlauf der Ammoniakimmissionen, durchschnittliche Außentemperatur, Anteil der Westwinde und Stallbelegung über den Messzeitraum am Betrieb M1

### Stickstoffdeposition

Für den Standort ergibt sich eine nasse Deposition von  $8,1 \text{ kg N}/(\text{ha}^*\text{a})$  in unmittelbarer Stallnähe. Der nächstgelegene Wet-Only-Sammler der Dauerbeobachtungsstation Augsburg für den städtischen Hintergrund liegt bei circa  $5 \text{ kg N}/(\text{ha}^*\text{a})$  [54]. Es ist bekannt, dass im Nahbereich von Stallanlagen mit geringer Quellhöhe der Beitrag der trockenen Deposition, abgeleitet aus den Messergebnissen der Ammoniakimmissionskonzentration, deutlich höher ist als der der nassen Deposition. Im Umfeld der Anlage M1 ergibt sich eine mittlere Konzentration von circa  $21 \mu\text{g NH}_3/\text{m}^3$  bis zur Entfernung von 300 m in einer Messhöhe von 1,5 m, woraus sich bei einer Depositionsgeschwindigkeit von  $0,01 \text{ m/s}$  ein Beitrag der trockenen Deposition von  $54 \text{ kg N}/(\text{ha}^*\text{a})$  errechnet.

Tab. 21: Messergebnisse der Proben des Wet-Only-Samplers an der Anlage M1

Kampagne	Niederschlag [mm]	pH-Wert [-]	Leitfähigkeit [ $\mu\text{S/cm}$ ]	N-ges [mg/l]	$\text{NH}_4^+$ [mg/l]	$\text{NO}_2^-$ [mg/l]	$\text{NO}_3^-$ [mg/l]	$\text{SO}_4^{2-}$ [mg/l]	$\text{Cl}^-$ [mg/l]
30.03.2022–25.04.2022	40,7	NA	NA	1,3	1,2	0,05	1,7	0,5	0,2
25.04.2022–24.05.2022	57,2	NA	NA	2	1,7	0,04	1,5	0,9	0,1
24.05.2022–20.06.2022	79,6	6,1	10	1,1	0,8	0,04	0,9	0,5	1,1
20.06.2022–18.07.2022	70,3	6,8	16	1,3	1,2	0,04	1,4	0,9	0,3
18.07.2022–16.08.2022	52,9	6,3	14	1,5	1,4	0,05	1,3	0,5	0,2
16.08.2022–13.09.2022	103	6,2	9	1	0,85	0,04	1,3	0,5	0,2
13.09.2022–17.10.2022	99,7	6,5	6	0,6	0,48	0,03	0,6	0,2	0,3
17.10.2022–08.11.2022	27,6	6,5	8	0,8	0,69	0,03	0,7	0,3	0,4
08.11.2022–06.12.2022	38,7	6,2	9	1	1,1	0,06	0,8	0,2	0,2
06.12.2022–04.01.2023	52,9	6,2	6	0,8	0,71	0,04	0,9	0,3	0,2
04.01.2023–31.01.2023	12,9	6,5	11	1,4	1,1	0,06	2	0,4	0,5
31.01.2023–28.02.2023	22	6,2	13	1,5	1,3	0,04	2,2	0,7	0,6
28.02.2023–28.03.2023	27,3	6,4	10	1,1	1,2	0,04	1	0,2	0,3
arithmetisches Mittel	52,7	6,4	10,2	1,2	1,1	0,0	1,3	0,5	0,4

NA: Keine Bestimmung

## Betrieb S1

### Ammoniakkonzentration

Die Werte der Untersuchungen der Ammoniakimmissionskonzentration für die Sauenhaltung S1 sind in Tab. 22 zusammengefasst. Abweichend von der Prognose mit einer Hauptwindrichtung aus Südwesten scheinen während des Untersuchungszeitraumes Windrichtungen hauptsächlich aus Westen vorgeherrscht haben. Dies ist erkennbar an den höheren Werten der Passivsammler MP 7 und MP 8. Bereits ab einer Entfernung von circa 200 m nähern sich die Konzentrationen weitgehend den Hintergrundwerten vor allem in den kälteren Monaten an (siehe auch Abb. 27).

Tab. 22: Messergebnisse Passivsammleruntersuchung an der Anlage S1; Ammoniakkonzentration in  $\mu\text{g NH}_3/\text{m}^3$  in 1,5 m Höhe, soweit nicht anders angegeben

Kampagne	MP 1 0 m	MP 2 50 m	MP 3 50 m	MP 4 100 m	MP 5 200 m	MP 6 300 m	MP 7 300 m (in 3,5 m)	MP 8 250 m (Wald)	MP 9 Hintergrund (in 2,5 m)
11.01.2022–01.02.2022	7,6	5,3	21	1,15	1**	1**	1**	1**	1**
01.02.2022–28.02.2022	15	11,5	20	3,3	1,1*	1**	1**	1,1*	1**
28.02.2022–29.03.2022	24,5	4,15	6,65	2,9	2,95	3	3,65	3,7	3,25
29.03.2022–28.04.2022	22,5	8,3*	17	4,85	2,2*	2,7	2,2*	4,6	3,4
28.04.2022–24.05.2022	28	10	20	3,85	3,05	2,4	3,4	5,4	2,8
24.05.2022–22.06.2022	22*	11,5	21	2,8	1,7	1,45	1,9	3,05	1,55
22.06.2022–21.07.2022	26	9,3*	16	2,95	1,85	2,1	2,75	4,05	NA
21.07.2022–17.08.2022	29,5	6,45	13,5	3,95	3,1	3,05	3,4	4,25	3,55
17.08.2022–15.09.2022	43	11	13,5	6,25	3,7	3,8	4,3	2,4	1**
15.09.2022–10.10.2022	21,5	7,6	17,5	2,75	1**	2	2	1**	1**
10.10.2022–09.11.2022	44	9,05	15	2,8	1,8	3,55	4,9*	1,2	1,3*
09.11.2022–07.12.2022	23,5	5,4*	13,5	1,6	1**	3	4,2	1**	1**
07.12.2022–03.01.2023	21*	6,85	11,5	2,6	1,1*	1,8	1,85	NA	1**
arithmetisches Mittel*	25,2	8,2	15,9	3,2	2,0	2,4	2,8	2,7	1,8

Mittelwerte aus Doppelbestimmung

\*: Einfachbestimmung

\*\*: Werte unter Nachweisgrenze von  $1 \mu\text{g NH}_3/\text{m}^3$ 

NA: Keine Bestimmung

Zur weiteren Interpretation der Ergebnisse werden die Messergebnisse mit Prognoseergebnissen verglichen. Am Standort wurde keine begleitende Messung der Meteorologie vorgenommen. Für die Interpretation der Ergebnisse wurden synthetische Winddaten auf Basis der COSMO-REA6 und prognostischer Windfeldmodellierung zur Eingabe für die Immissionsprognose beschafft.

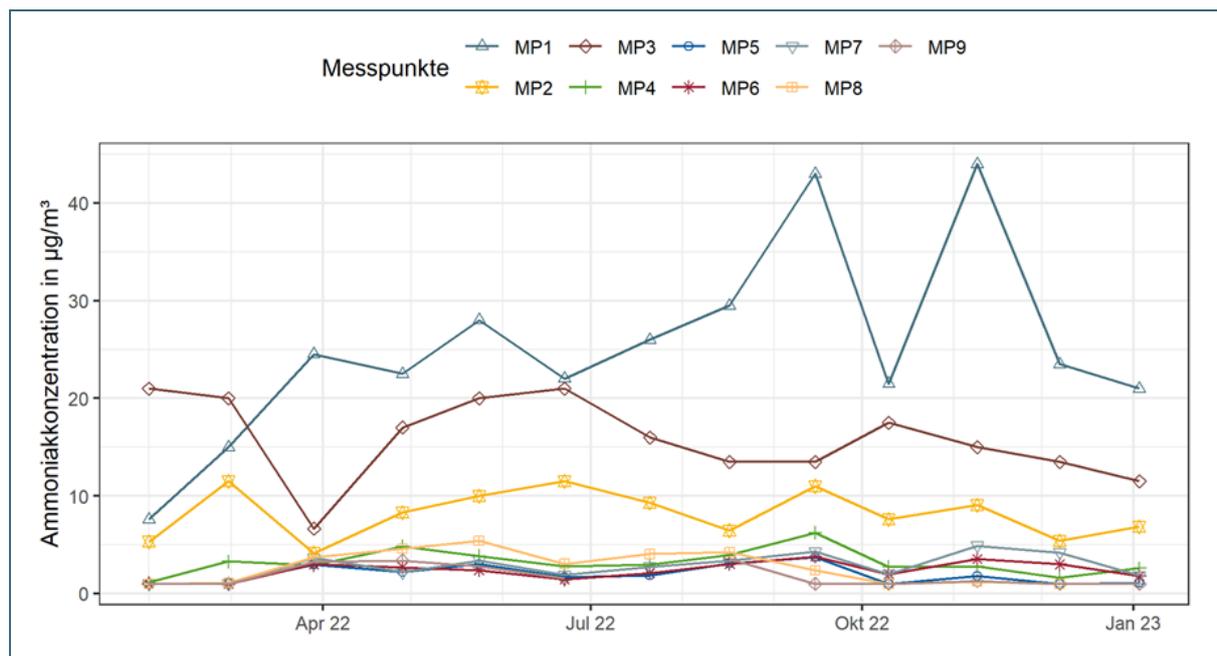


Abb. 27: Konzentrationsverlauf der Ammoniakimmissionen über den Messzeitraum am Standort S1

## 5 Vergleich der Messergebnisse mit Immissionsprognosen

In diesem Kapitel werden die Messergebnisse für Geruch aus den Fahnenbegehungen den Ergebnissen von Immissionsprognosen mit AUSTAL 3 gegenübergestellt. Der Vergleich der einzelnen Ergebnisse an den einzelnen Messpunkten mit den Prognosen der Geruchshäufigkeiten an den einzelnen Messpunkten erfolgt mit jeweils berechneten Regressionskurven. Die Fahnenreichweiten der Fahnenbegehungen werden mit den maximalen Abständen zu den jeweiligen 10 %-Geruchsisolinien verglichen, die mit den Ausbreitungsrechnungen ermittelt wurden. Die 10 %-Geruchsisolinie kennzeichnet die Linie, auf der die Geruchswahrnehmungshäufigkeiten bei genau 10 % liegen. Abschließend erfolgt ein Vergleich des Übereinstimmungsgrades der Immissionsprognosen mit den Messungen über die Ermittlung des mittleren absoluten Fehlers.

Für Ammoniak erfolgt der Vergleich aufgrund der gemessenen Jahresmittelkonzentrationen an einzelnen Messpunkten im Vergleich zur prognostizierten Konzentration mit AUSTAL 3 über die Bestimmung des mittleren absoluten Fehlers.

### 5.1 Geruch

#### Geruchsstundenhäufigkeit, Vergleich der Mess- und Prognoseergebnisse Betrieb M1

Für die Berechnung der Geruchsstundenhäufigkeit mit Immissionsprognosen wurden die am Betrieb M1 gemessenen meteorologischen Daten aufbereitet (vergleiche Kapitel 4.1). In die Prognose gingen nur die Winddaten ein, die während der 10-minütigen Messzeitintervalle der Fahnenbegehungen einen Einfluss auf die gemessenen Geruchshäufigkeiten hatten. Die Meteorologie wurde in ein für die Ausbreitungsrechnung definiertes Format der Ausbreitungsklassenstatistik überführt. Die Quelltermrückrechnung erfolgte für jeden Begehungstag. Die ermittelten Geruchshäufigkeiten an den Messpunkten wurden anschließend mit den prognostizierten Geruchshäufigkeiten verglichen. Für den Vergleich werden jeweils die folgenden Standardemissionsfaktoren der VDI 3894-1 [10] als Ausgangsbasis (siehe Tab. 23) verwendet:

Tab. 23: Emissionsfaktoren für Geruch der VDI 3894-1

Art der Quelle/des Haltungsverfahrens	Emissionsfaktor für Geruch
Schweinemast	50 GE/(s*GV)
Warte- und Deckbereich (Sauen/Eber)	22 GE/(s*GV)
Abferkel- und Säugebereich (Sauen mit Ferkeln)	20 GE/(s*GV)
Ferkelaufzucht	75 GE/(s*GV)
Jungsauenaufzucht	50 GE/(s*GV)
Festmistlager	3 GE/(s*m <sup>2</sup> )

Die Ergebnisse der Berechnungen für den Betrieb M1 sind in Abbildung 28 dargestellt. In der Abbildung sind Geruchshäufigkeiten in Prozent für die einzelnen Messpunkte dargestellt und in berechneten Ausgleichsregressionskurven nach Gl. 2 abgebildet. Für die Berechnungen wurden die folgenden drei Szenarien betrachtet:

- Szenario 1: Quelltermrückrechnung mit dem Standardemissionsfaktor der VDI-Richtlinie 3894-1, bezeichnet in der Abbildung mit VDI-Faktor 100 %

- Szenario 2: Quelltermrückrechnung unter Verwendung eines Emissionsfaktors von 60 % des Standardemissionsfaktors, bezeichnet in der Abbildung mit VDI-Faktor 60 %
- Szenario 3: Quelltermrückrechnung unter Verwendung eines Emissionsfaktors von 20 % des Standardemissionsfaktors, bezeichnet in der Abbildung mit VDI-Faktor 20 %

An den Begehungstagen im Sommer und Winter sind vor allem im Fernbereich vereinzelt Messergebnisse von Messpunkten zu erkennen, die über den Prognoseergebnissen des mit 100 % angesetzten VDI-Emissionsfaktors (VDI-Faktor 100 %) liegen. Im Nahbereich zeigt die Abbildung 28 dagegen, dass die Prognoseergebnisse häufig die Messergebnisse deutlich überschätzen. Vergleicht man die Regressionskurven der Messergebnisse mit den Regressionskurven der Immissionsprognosen, so liegen diese für die Messtage im Frühling und Winter zwischen den Szenarien 2 und 3 (VDI-Faktor 60 % und 20 %) und für die Messtage im Sommer und Herbst unter Szenario 3 (kleiner VDI-Faktor 20 %).

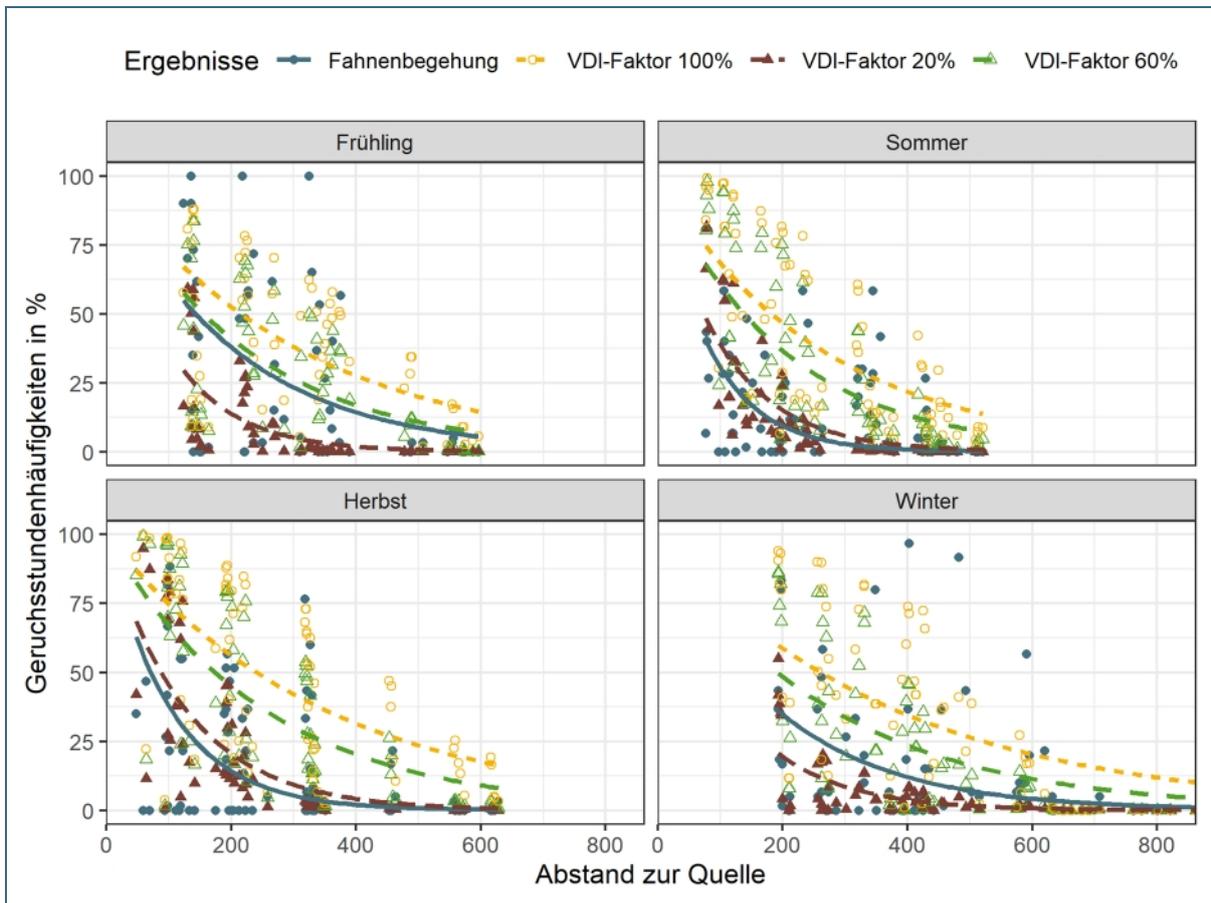


Abb. 28: Ergebnisse der statischen Fahnenbegehung im Vergleich zu den Prognoseergebnissen für Betrieb M1 für die verschiedenen Begehungstage

### Fahnenreichweite, Vergleich der Mess- und Prognoseergebnisse Betrieb M1

Für die Berechnung der Fahnenreichweite wurden zusätzliche Szenarien für die Quelltermrückrechnung unter Verwendung von Emissionsfaktoren von 10 %, 40 % und 80 % des Standardemissionsfaktors der VDI-Richtlinie 3894-1, bezeichnet in der Abbildung mit VDI-Faktor 10 %, VDI-Faktor 40 % beziehungsweise VDI-Faktor 80 %, hinzugenommen. In Abbildung 29 sind die errechneten Fahnenreichweiten aus der 10 %-Geruchsisolinie im Vergleich zu der maximal ermittelten Fahnenreichweite des jeweiligen Begehungstages aufgetragen. Es ist zu erkennen, dass die Fahnenreichweiten der Begehungstage im Frühling, Sommer und Herbst mit den Ergebnissen der Immissionsprognosen bei Ver-

wendung des Emissionsfaktors von 60 % des Standardemissionsfaktors (VDI-Faktor 60 %) hinreichend abgedeckt werden. Damit könnte der Emissionsfaktor der VDI 3894-1 für diese Begehungstage um 40 % reduziert werden.

Bei der Winterbegehung konnte aufgrund der äußeren Bedingungen die Fahnenreichweite nicht ermittelt werden. In Abbildung 29 ist deshalb der größte Abstand vom Betrieb M1 zur letzten Schnittlinie der Geruchsbegehungen aufgetragen. Es ist zu erkennen, dass im Winter rechnerisch hohe Reichweiten aufgrund der meteorologischen Randbedingungen prognostiziert werden und deshalb der defekte Entmistungsschieber nicht alleine ausschlaggebend für die hohen Fahnenreichweiten bei den Begehungen war, sondern auch die Ausbreitungsbedingungen (hohe durchschnittliche Windgeschwindigkeit und Stabilitätsklassen II und III/1) ursächlich sind.

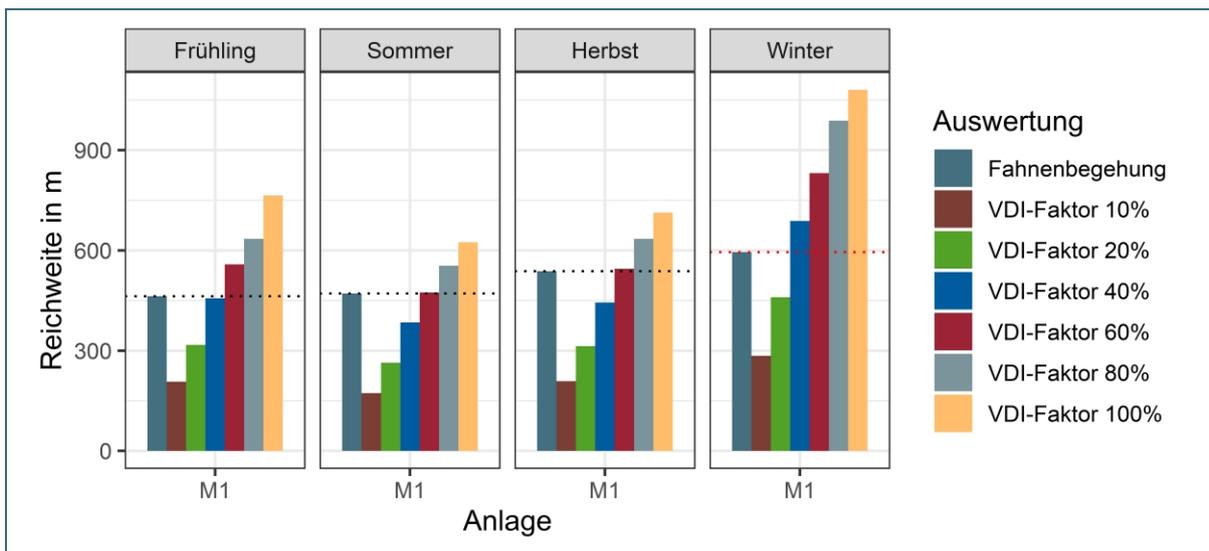


Abb. 29: Vergleich der Auswertung der maximalen Fahnenreichweite der statischen Fahnenbegehungen je Begehungstag mit den Ergebnissen von Immissionsprognosen (maximaler Abstand 10 %-Geruchsisolinie) mit verschiedenen Emissionsfaktoren für Anlage M1 (Hinweis: Beim Messtag Winter ist der weitest entfernte Messpunkt dargestellt, da die Fahnenreichweite nicht ermittelt werden konnte.)

### Geruchsstundenhäufigkeit, Vergleich der Mess- und Prognoseergebnisse Betrieb M2

Für den Betrieb M2 zeigt sich in Abbildung 30, dass für das verwendete Regressionsmodell nach Gleichung 2 die Messergebnisse für die Begehungstage im Frühling, Herbst und Winter unter den Regressionskurven der Prognoseergebnisse bei Verwendung eines Emissionsfaktors von 20 % des Standardemissionsfaktors (VDI-Faktor 20 %) nach VDI 3894-1 liegen. Im Sommer liegen die Ergebnisse der Fahnenbegehung zwischen den Regressionskurven bei Verwendung der Faktoren von 20 % (VDI-Faktor 20 %) und 60 % (VDI-Faktor 60 %) des Standardemissionsfaktors. Höhere festgestellte Geruchshäufigkeiten an den Begehungstagen im Vergleich zu den prognostizierten Geruchshäufigkeiten der Immissionsprognosen mit dem VDI-Faktor 100 % treten nur an vereinzelten Messpunkten am Messtag im Sommer auf.

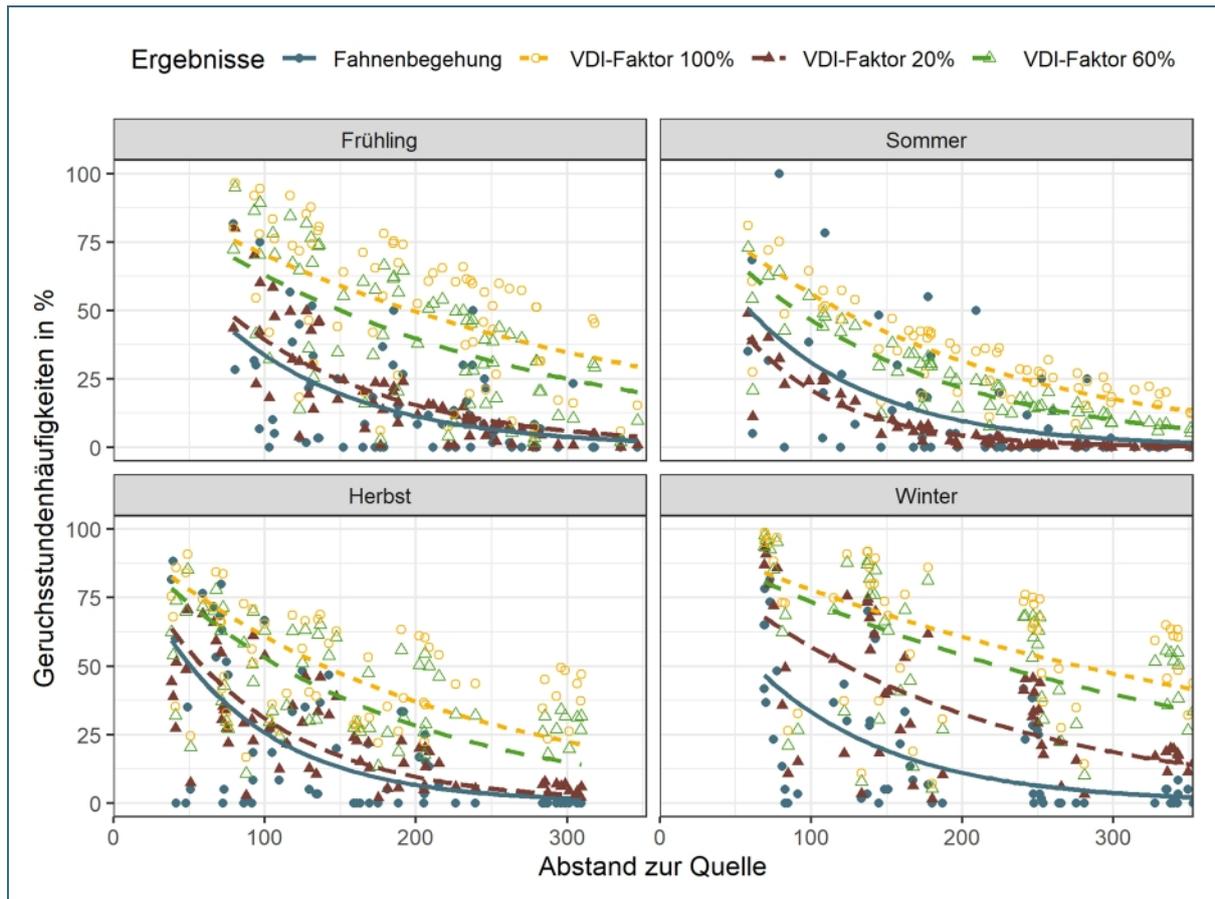


Abb. 30: Ergebnisse der statischen Fahnenbegehung im Vergleich zu den Prognoseergebnissen für Betrieb M2 für die verschiedenen Begehungstage

### Fahnenreichweite, Vergleich der Mess- und Prognoseergebnisse Betrieb M2

Beim Vergleich der ermittelten Fahnenreichweiten mit den maximalen Abständen zu den 10 %-Geruchsisolines gemäß Kapitel 3.6 an den verschiedenen Begehungstagen (vergleiche Abb. 31) ergibt sich ein ähnliches Bild wie beim Vergleich der Regressionskurven. Die Ergebnisse bei Verwendung des VDI-Emissionsfaktors (VDI-Faktor 100 %) überschätzen die Fahnenreichweiten der Fahnenbegehungen an allen Begehungstagen. Die Fahnenreichweiten an allen Begehungstagen können durch Verwendung eines Emissionsfaktors von 20 % des Standardemissionsfaktors (VDI-Faktor 20 %) in der Immissionsprognose hinreichend abgedeckt werden. Das heißt, dass der VDI-Emissionsfaktor über alle Begehungstage um circa 80 % reduziert werden könnte.

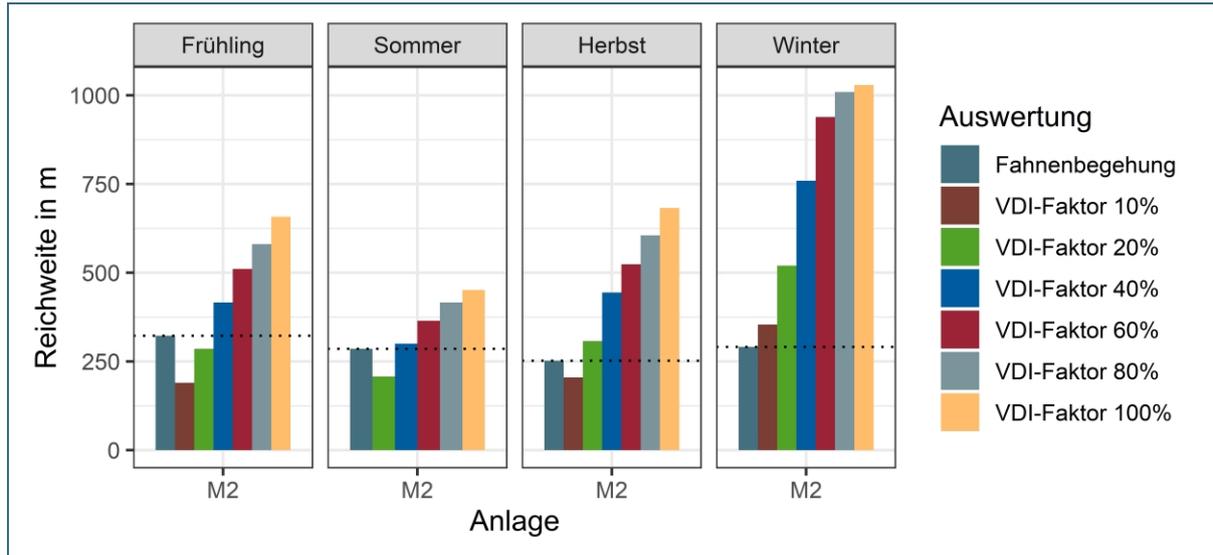


Abb. 31: Vergleich der Auswertung der maximalen Fahnenreichweite der statischen Fahnenbegehungen je Begehungstag mit den Ergebnissen von Immissionsprognosen (maximaler Abstand 10 %-Geruchsisolinie) mit verschiedenen Emissionsfaktoren für Anlage M2

### Geruchsstundenhäufigkeit, Vergleich der Mess- und Prognoseergebnisse Betrieb M3

Bei Betrieb M3 ergeben sich höhere gemessene Geruchshäufigkeiten beim Vergleich mit den Prognoseergebnissen mit AUSTAL 3 an einzelnen Messpunkten für die Begehungstage im Frühling, Sommer und Herbst vor allem in einem Abstand von 200 m bis 350 m zum Betrieb. Vergleicht man die Prognoseergebnisse mit den Ergebnissen der statischen Fahnenbegehung mit der Quelltermrückrechnung nach Modell nach Gleichung 2, so liegt die Regressionskurve der Messungen in einem Bereich von 20 % bis 60 % des Emissionsfaktors der VDI 3894-1. Bei der Begehung im Herbst liegen die Messergebnisse unter den Prognoseergebnissen unter Verwendung eines Faktors von 20 % des Standardemissionsfaktors (VDI-Faktor 20 %). Insgesamt ergibt sich über alle Begehungstage, dass die Verwendung eines Emissionsfaktors von 60 % (VDI-Faktor 60 %) die gemessenen Geruchshäufigkeiten ausreichend abdeckt und somit der Emissionsfaktor um 40 % reduziert werden könnte (vergleiche Abb. 32).

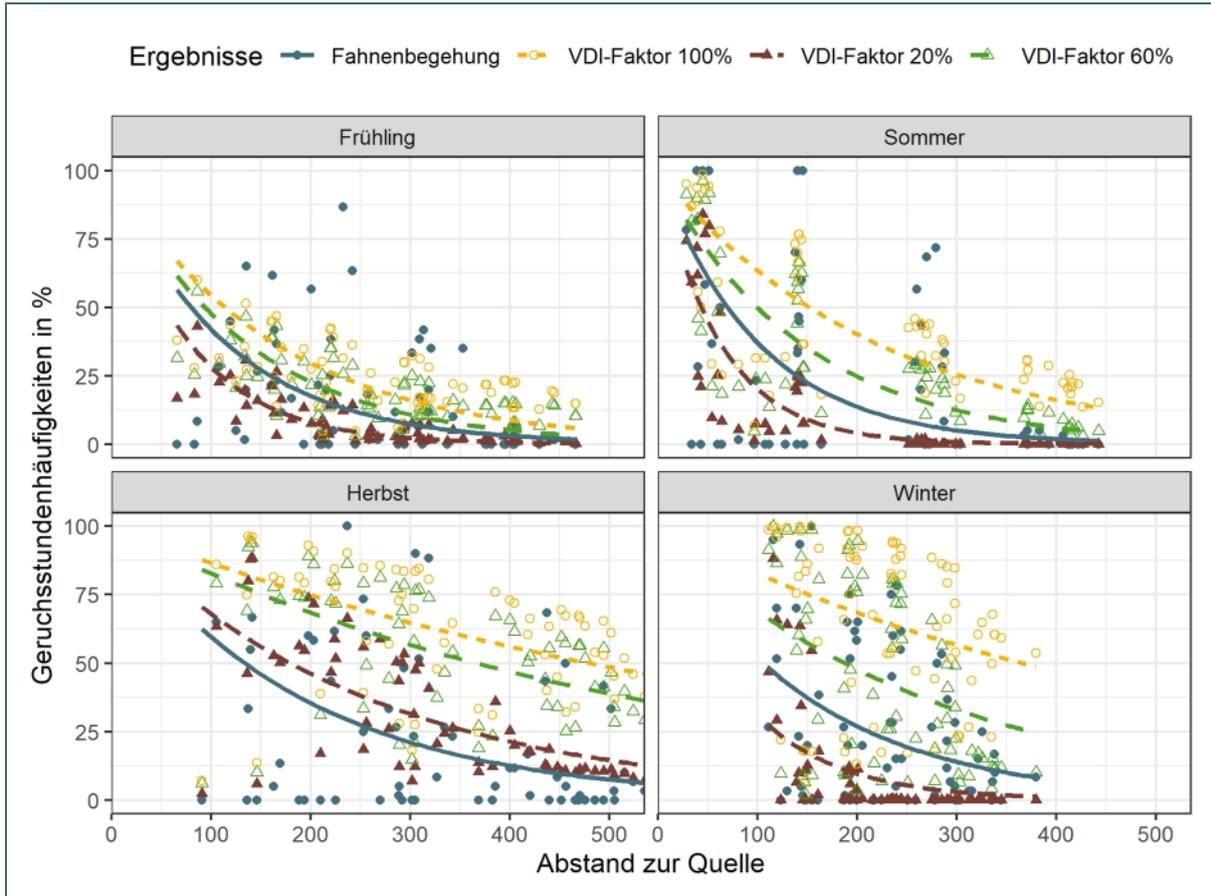


Abb. 32: Ergebnisse der statischen Fahnenbegehung im Vergleich zu den Prognoseergebnissen für Betrieb M3 für die verschiedenen Begehungstage

### Fahnenreichweite, Vergleich der Mess- und Prognoseergebnisse Betrieb M3

Die Ergebnisse für Anlage M3 für den maximalen Abstand der 10 %-Geruchsisolinie im Vergleich zu den Ergebnissen der Fahnenreichweiten ist in Abbildung 33 zu sehen. Für die Messtage im Sommer und Winter wird die ermittelte Fahnenreichweite jeweils mit dem VDI-Faktor von 60 % des Standardemissionsfaktors (VDI-Faktor 60 %) erreicht. Im Herbst wird das Ergebnis der Fahnenreichweite bei einer Immissionsprognose unter Verwendung eines Emissionsfaktors von 20 % des Standardemissionsfaktors (VDI-Faktor 20 %), im Frühling bei Verwendung eines Emissionsfaktors von 40 % (VDI-Faktor 40 %) erreicht. Über alle Begehungstage deckt die Verwendung des Emissionsfaktors von 60 % die Ergebnisse der Fahnenreichweiten ab.

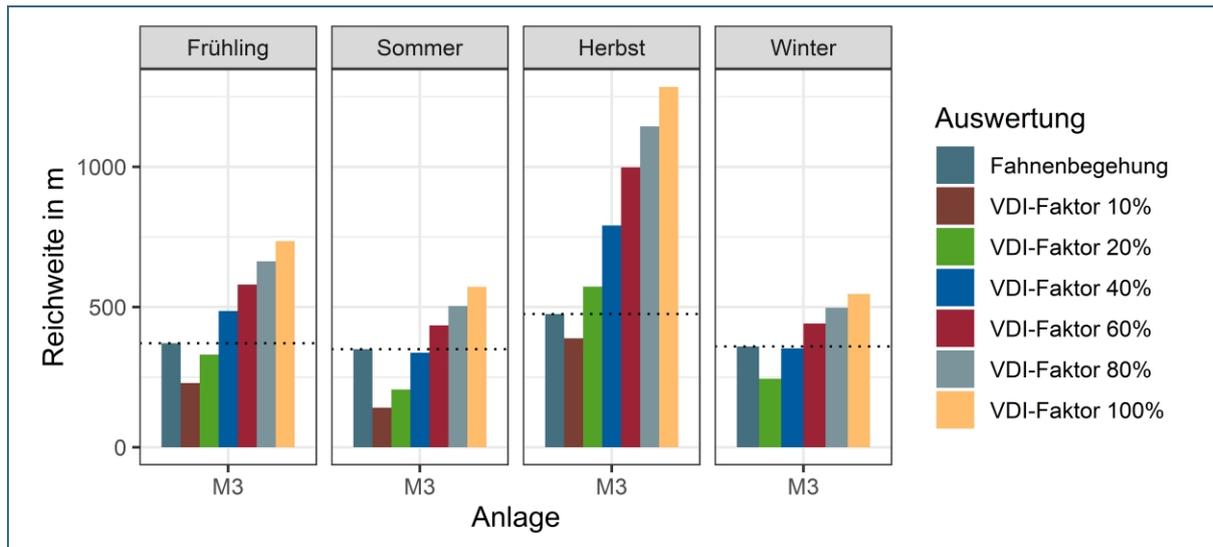


Abb. 33: Vergleich der Auswertung der maximalen Fahnenreichweite der statischen Fahnenbegehungen je Begehungstag mit den Ergebnissen von Immissionsprognosen (maximaler Abstand 10 %-Geruchsisolinie) mit verschiedenen Emissionsfaktoren für Anlage M3

### Geruchsstundenhäufigkeit, Vergleich der Mess- und Prognoseergebnisse Betrieb S1

Bei der Sauenhaltung S1 ergibt sich im Vergleich zu den Mastschweineanlagen ein anderes Bild. In Abbildung 34 ist zu erkennen, dass insbesondere am Tag der Frühlingsbegehung hohe Geruchshäufigkeiten auch in großer Entfernung zur Anlage festgestellt wurden. Beim Vergleich der festgestellten Geruchshäufigkeiten am Begehungstag und der Prognoseergebnisse mit AUSTAL 3 mit dem Regressionsmodell nach Gleichung 2 zeigt sich eine grundsätzliche Unterschätzung der Ergebnisse der Messungen durch die Immissionsprognose bei Verwendung des Emissionsfaktors der VDI 3894-1 (VDI-Faktor 100 %) im Frühling. Am Messtag im Herbst ergibt sich, bei insgesamt niedrigeren Abständen zur Anlage, dass die Messergebnisse der Geruchsbegehungen bei Verwendung des Modells nach Gleichung 2 (Regressionskurve) knapp unter denen der Immissionsprognose mit dem VDI-Faktor 100 % liegen. An den Messtagen im Sommer und Winter liegen die Messergebnisse im Vergleich zur Prognose im Bereich von 20 % bis 60 % des VDI-Emissionsfaktors (VDI-Faktor 20 % und VDI-Faktor 60 %). Für die Sauenhaltung S1 ist festzustellen, dass somit keine generelle Reduzierung oder Erhöhung der Emissionsfaktoren über alle Begehungstage möglich ist.

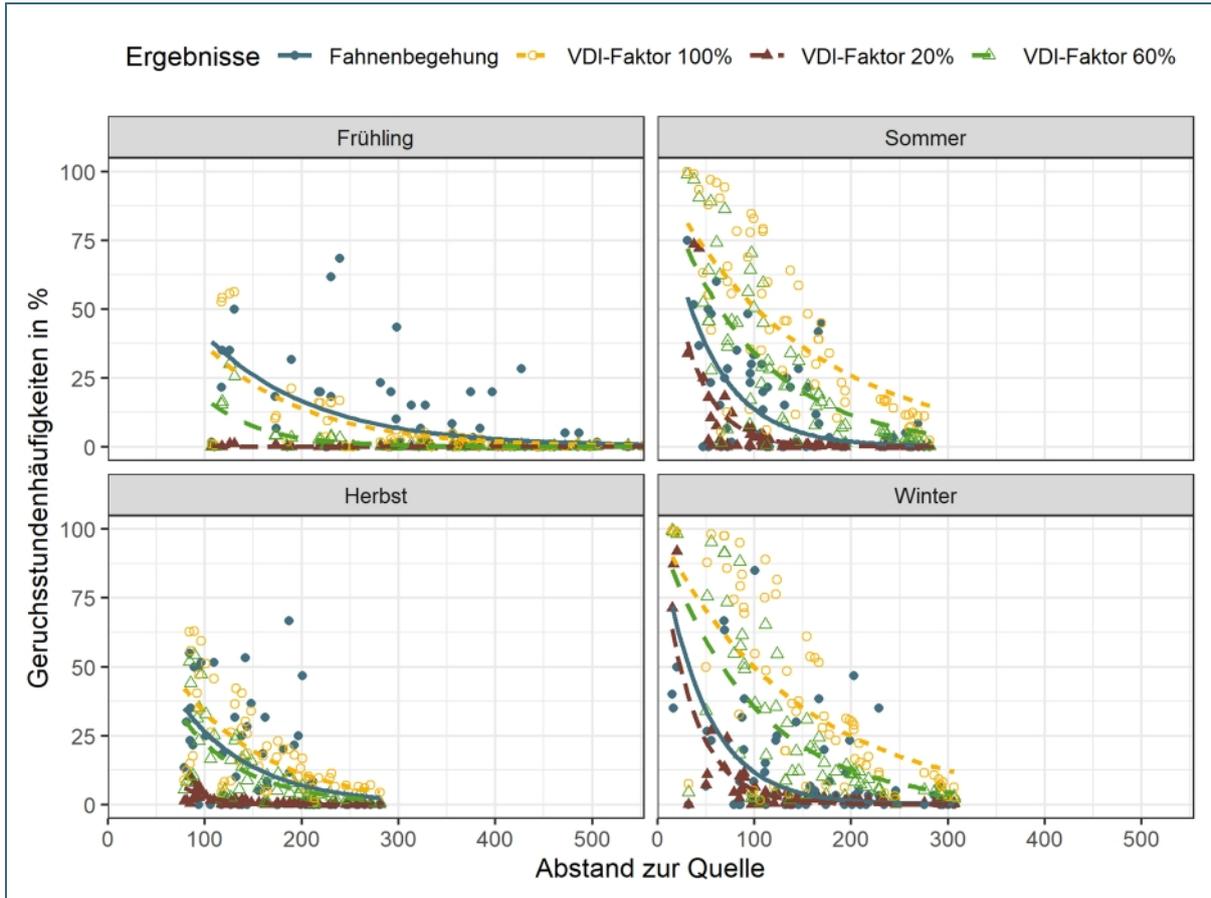


Abb. 34: Ergebnisse der statischen Fahnenbegehung im Vergleich zu den Prognoseergebnissen für Betrieb S1 für die verschiedenen Begehungstage

### Fahnenreichweite, Vergleich der Mess- und Prognoseergebnisse Betrieb S1

In Abb. 35 sind die errechneten Fahnenreichweiten aus der 10 %-Geruchsisolinie im Vergleich zu der maximal ermittelten Fahnenreichweite des jeweiligen Begehungstages aufgetragen. Es ist zu erkennen, dass selbst bei einer Verwendung eines auf 120 % erhöhten Emissionsfaktors (VDI-Faktor 120 %) im Frühling die Fahnenreichweite nicht abgedeckt wird. An den Begehungstagen im Sommer, Herbst und Winter werden die Fahnenreichweiten bei Verwendung des Emissionsfaktors von 60 % des Standardemissionsfaktors (VDI-Faktor 60 %) erreicht. Aufgrund der hohen Fahnenreichweite am Begehungstag im Frühling ist eine Reduzierung der Emissionsfaktoren der VDI 3894-1 auch über den Vergleich mit der Fahnenreichweite nicht empfehlenswert.

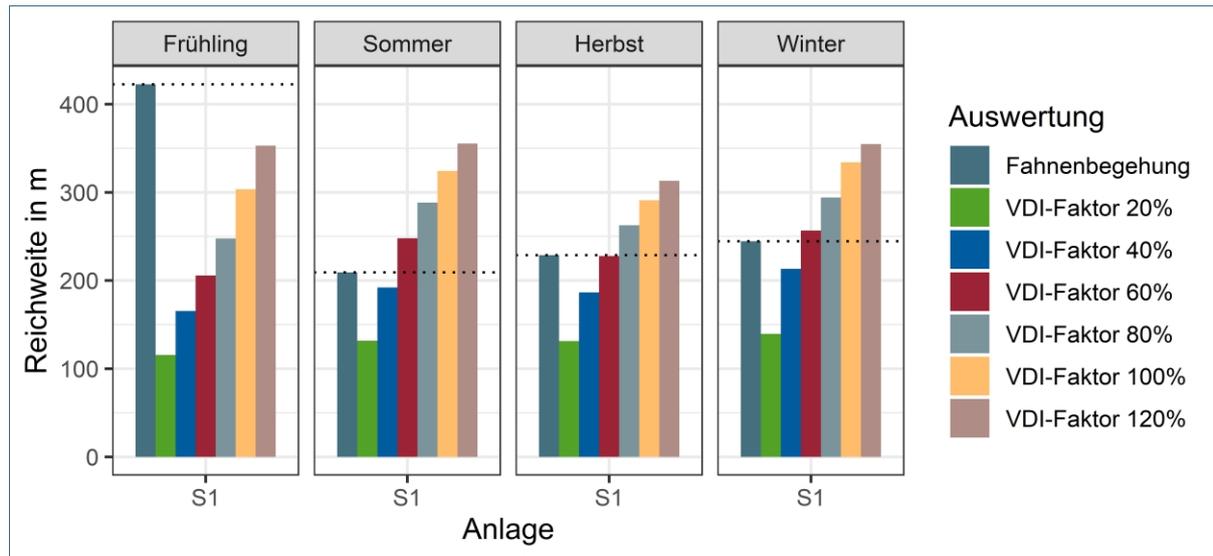


Abb. 35: Vergleich der Auswertung der maximalen Fahnenreichweite der statischen Fahnenbegehungen je Begehungstag mit den Ergebnissen von Immissionsprognosen (maximaler Abstand 10 %-Geruchsisolinie) mit verschiedenen Emissionsfaktoren für Anlage S1

### Auswertung über alle Anlagen

Die Ergebnisse der Berechnung der mittleren absoluten Fehler der Prognoseergebnisse mit AUSTAL 3 im Vergleich zu den Geruchshäufigkeiten an den einzelnen Messpunkten der Fahnenbegehungen nach Gleichung 3 sind in Tab. 24 dargestellt. Der MAF gibt die mittlere absolute Abweichung der Prognosen zu den Messergebnissen der statischen Fahnenbegehungen an und berücksichtigt sowohl die Überschätzung als auch die Unterschätzung der Prognoseergebnisse, da der Mittelwert aus den Beträgen der absoluten Abweichungen gebildet wird.

Generell sollte für eine hohe Prognosegenauigkeit der mittlere absolute Fehler möglichst gering sein. Im Bereich der Mastschweinehaltung ist der mittlere absolute Fehler der Prognoseergebnisse mit einem VDI-Emissionsfaktor von 40 % (VDI-Faktor 40 %) am geringsten. Die Güte der Immissionsprognose im Vergleich zu den Ergebnissen der statischen Fahnenbegehung ist mit einem MAF von bis zu 23 % (im Mittel zu 17 %) ausgeprägt

Bei der Sauenhaltung ergibt sich am Messtag im Frühling mit einem MAF von 7 % eine hohe Übereinstimmung der Messergebnisse mit dem Prognosemodell bei Verwendung des Emissionsfaktors des VDI 3894-1 (VDI-Faktor 100 %). Bei der Herbstbegehung wäre eine Verwendung der Emissionsfaktoren von 60 % (VDI-Faktor 60 %) erforderlich, um den MAF auf 10 % zu reduzieren. Für die Sommer- und Winterbegehung sind weiter verringerte Emissionsfaktoren (VDI-Faktor 40%) zielführend, um die absoluten Abweichungen zu reduzieren. Aufgrund der Ergebnisse ist auch über den Vergleich des Mittleren Absoluten Fehlers für die Sauenhaltung eine generelle Reduzierung nicht empfehlenswert.

Tab. 24: Ergebnisse der Berechnung des mittleren absoluten Fehlers für die Anlagen an den einzelnen Begehungstagen; MAF in % Geruchsstundenhäufigkeit (fett: geringste durchschnittliche Abweichung)

Anlage	Begehungstag	MAF für VDI-Emissionsfaktor 100 %	MAF für VDI-Emissionsfaktor 60 %	MAF für VDI-Emissionsfaktor 40 %
M1	Frühling	27	<b>22</b>	23
M1	Herbst	36	28	<b>18</b>
M1	Sommer	30	22	<b>15</b>
M1	Winter	29	22	<b>15</b>
M2	Frühling	36	28	<b>14</b>
M2	Herbst	33	27	<b>14</b>
M2	Sommer	23	17	<b>11</b>
M2	Winter	43	38	<b>21</b>
M3	Frühling	18	15	<b>12</b>
M3	Herbst	42	35	<b>20</b>
M3	Sommer	25	18	<b>17</b>
M3	Winter	40	22	<b>21</b>
S1	Frühling	<b>7</b>	8	10
S1	Herbst	12	<b>10</b>	14
S1	Sommer	28	16	<b>14</b>
S1	Winter	28	18	<b>10</b>
Mittelwert Mastschweine	über alle Begehungstage	32	25	<b>17</b>
Mittelwert Sauen	über alle Begehungstage	19	13	<b>12</b>

Insgesamt ist die Ableitung eines genauen Emissionsfaktors für Gerüche aufgrund des geringen Stichprobenumfangs schwierig. Es ist jedoch die Tendenz erkennbar, dass eine deutliche Reduzierung der bisher verwendeten Emissionsfaktoren sinnvoll wäre, um eine bessere Übereinstimmung mit den Messergebnissen bei den tierwohlorientierten Schweinemasthaltungen zu erreichen. Für die Sauenhaltung S1 lässt sich kein eindeutiger Trend ableiten, hier wären weitere Untersuchungen sinnvoll.

## 5.2 Ammoniak

### Betrieb M1

Die Vergleichsrechnung mit Immissionsprognosen für die Ammoniakkonzentration wurde auf der Grundlage der genehmigten Kapazität am Standort M1 von 1.490 Tierplätzen und mit einem Ammoniakemissionsfaktor von 2,43 kg/(TP\*a) gemäß VDI 3894-1 für Außenklimaställe mit Festmist durchgeführt. Für den Vergleich mit den mit Passivsammlern ermittelten Messergebnissen der Ammoniakimmissionskonzentration werden zu den Prognoseergebnissen der Anlage M1 der Mittelwert der Hintergrundmessung und der Mittelwert der Prognoseberechnung der benachbarten Sauenhaltung addiert. Die Meteorologie wurde während des Messzeitraums von einem Ultraschallanemometer aufgezeichnet und für die Berechnung mit AUSTAL 3 aufbereitet. Der mittlere absolute Fehler nach Gleichung 4 beträgt 4,26 µg/m<sup>3</sup> für einen Ammoniakemissionsfaktor von 2,43 kg/(TP\*a).

In Tab. 25 ist der MAF für verschiedene Quellstärken durch eine entsprechend prozentuale Anpassung des VDI-Standardemissionsfaktors dargestellt. Der errechnete MAF ist bei einem auf 80 % reduzierten Emissionsfaktor der Richtlinie VDI 3894-1 (Emissionsfaktor von 1,95 kg/(TP\*a)) am geringsten, somit kann der Emissionsfaktor der TA Luft 2021 für tiergerechte Außenklimaställe von 1,95 kg/(TP\*a) für die Anlage verwendet werden.

Tab. 25: MAF für verschiedene Quellstärken bei der Anlage M1 (100 % entsprechen der Quellstärke nach VDI 3894-1 ohne Minderung)

	Einheit	VDI-Emissionsfaktor 100 %	VDI-Emissionsfaktor, reduziert auf 90 %	VDI-Emissionsfaktor, reduziert auf 80 %
MAF	µg/m <sup>3</sup>	4,26	3,02	1,32

In Abbildung 36 sind die Ergebnisse der Immissionsmessung zusammen mit den Prognoseergebnissen unter Berücksichtigung des Standardemissionsfaktors sowie des auf 80 % reduzierten Emissionsfaktors der VDI 3894-1 für die Anlage M1 in Abhängigkeit der eingerichteten Messpunkte (siehe Abb. 11) dargestellt. Es ist zu erkennen, dass die Prognoseergebnisse die Messergebnisse an den stallfernen Messpunkten (MP2–MP8) bei beiden Szenarien überschätzt. Bei dem stallnahen Messpunkt MP1 unterschätzt die Prognose die gemessene Situation. Dies kann vor allem daran liegen, dass der Messpunkt sich innerhalb der Rezirkulationszone des Stallgebäudes befand.

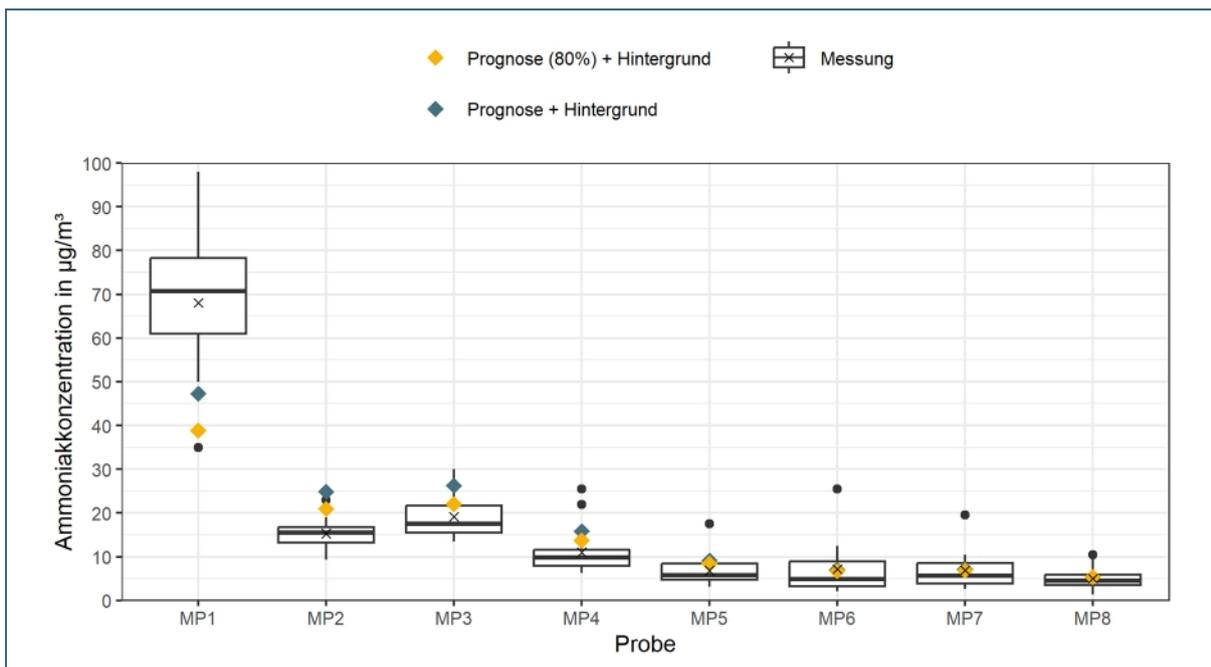


Abb. 36: Vergleich der Messergebnisse mit den Prognoseergebnissen der Anlage M1; blau: berechnet mit Emissionsfaktor nach VDI 3894-1, gelb: berechnet mit Emissionsfaktor, reduziert auf 80 % des VDI-Wertes

Die oben genannten Betrachtungen beruhen auf Anwendung der jeweiligen Emissionsfaktoren bei vollständiger Auslastung der Tierplätze über ein Jahr. In Wirklichkeit unterliegt der Tierbesatz jedoch jahreszeitlichen Schwankungen (vergleiche Abb. 26).

Um die unterschiedliche Auslastung des Stalls in den Immissionsprognosen zu berücksichtigen, wurde der Standardemissionsfaktor von 2,43 kg/(TP\*a) für die folgenden Berechnungen auf eine mittlere Tierlebensdauer von 67 kg/TP bezogen. Damit erhält man einen Emissionsfaktor von 18,13 kg/(GV\*a). Das mittlere Tiergewicht bei Anlage M1 beträgt circa 90 kg. Die so berechneten Prognoseergebnisse sind im Vergleich zu den Messergebnissen der Ammoniakimmissionsuntersuchung in Abbildung 37 dargestellt. Es ist zu erkennen, dass am unmittelbar am Stall eingerichteten

Messpunkt MP 1 die Prognosen deutlich zu geringe Werte ergeben. Mit einem um 20 % reduzierten Emissionsfaktor liegt der Prognosewert außerhalb der festgestellten Messergebnisse. Da sich der MP 1 innerhalb der Rezirkulationszone der Anlage befindet, bilden die Prognosen die Realität möglicherweise nicht hinreichend ab. Die Prognosewerte an den weiter entfernten Messpunkten MP 2 bis MP 7 liegen jeweils über den beziehungsweise im Bereich der Mittelwerte der Messergebnisse. Auch hier sind die verwendeten Emissionsfaktoren ausreichend konservativ, selbst bei einer Reduzierung um 20 % liegt das Ergebnis im Bereich der Mittelwerte der Messergebnisse. Es ist somit davon auszugehen, dass die Quellstärke in etwa im Bereich von 1,95 kg/(TP\*a) bis 2,43 kg/(TP\*a) liegt.

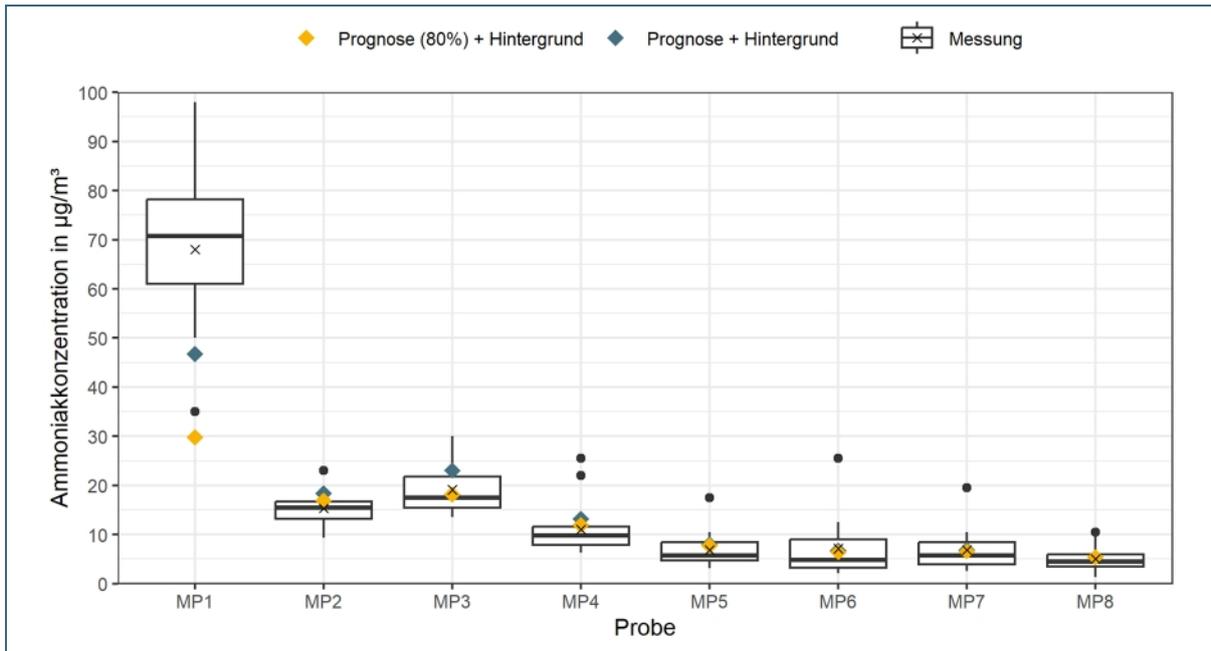


Abb. 37: Vergleich der Messergebnisse mit den Prognoseergebnissen unter Berücksichtigung der variablen Stallbelegung der Anlage M1; blau: berechnet mit dem Emissionsfaktor von 2,43 kg/(TP\*a) nach VDI 3894-1, gelb: berechnet mit Emissionsfaktor, reduziert auf 80 % des VDI-Wertes

### Betrieb S1

Für die Sauenhaltung wird der Standardemissionsfaktor nach VDI 3894-1 [10] für die jeweilige Haltungsförm als Eingangsparameter in die Immissionsprognosen gewählt. Die Emissionsquellen werden auf die einzelnen Stallgebäude aufgeteilt. Im Ferkelaufzuchtstall befinden sich 35 Jungsaufen und 160 Ferkel, im Wartestall 56 gedeckte Saufen und ein Eber, im Gruppensäugestall 10 Saufen mit Ferkeln und 15 tragende Saufen und im Abferkelstall 20 Saufen mit Ferkeln. Die Belegung der Ställe ist konstant über das Jahr. Die Festmistmieten sind mit einer Emissionsfläche von 110 m<sup>2</sup> beziehungsweise 100 m<sup>2</sup> in der Prognose berücksichtigt. Die verwendeten Emissionsfaktoren für die einzelnen Bereiche sind in Tab. 26 angegeben.

Tab. 26: Verwendete Ammoniakemissionsfaktoren für die Sauenhaltung

Art der Quelle/des Haltungsverfahrens	Emissionsfaktor für Ammoniak
Warte- und Deckbereich (Saufen/Eber)	4,8 kg/(TP*a)
Abferkel- und Säugebereich (Saufen mit Ferkeln)	8,3 kg/(TP*a)
Ferkelaufzucht	0,5 kg/(TP*a)
Jungsaufenaufzucht	3,64 kg/(TP*a)
Festmistlager	5 g/(m <sup>2</sup> *d)

Die meteorologische Zeitreihe ist mit einem prognostischen mesoskaligen Windfeldmodell und den REA5-Reanalysedaten (vergleiche Anhang A.2) erstellt worden.

Die Gegenüberstellung der Messergebnisse mit den Ergebnissen der Immissionsprognosen unter Berücksichtigung der oben genannten sowie reduzierter Standardemissionsfaktoren ist in Abbildung 38 dargestellt. Für die stallnahen Messpunkte MP 1, MP 2 und MP 3 sind die Werte der Prognose ausreichend konservativ. Es ist zu erkennen, dass die Prognose die reale Situation gut abdeckt.

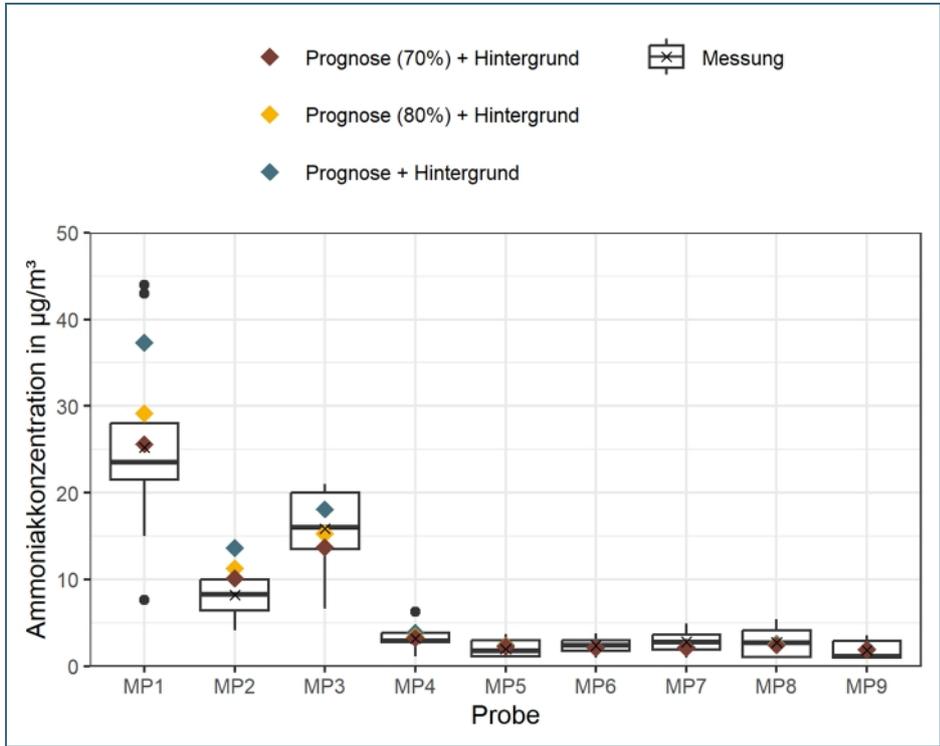


Abb. 38: Vergleich der Messergebnisse mit den Prognoseergebnissen der Anlage S1; blau: berechnet mit den Emissionsfaktoren nach VDI 3894-1, gelb: Emissionsfaktoren, reduziert auf 80 % der VDI-Werte, rot: Emissionsfaktoren, reduziert auf 70 % der VDI-Werte

Eine Übersicht der mittleren absoluten Fehler für die verschiedenen Quellstärken ist in Tab. 27 dargestellt. Der MAF nach Gleichung 4 beträgt 2,27 µg/m³ für die Berechnung mit Standardemissionsfaktoren (vergleiche Abb. 38, blaue Markierungen). Werden die Quellstärken auf 80 % der ursprünglichen Emissionen verringert, erhält man einen MAF von 0,67 µg/m³ (vergleiche Abb. 38, gelbe Markierungen). Somit sind die Standardemissionsfaktoren nach VDI 3894-1 tendenziell zu hoch.

Tab. 27: MAF für verschiedene Quellstärken bei der Anlage S1 (100 % entsprechen der Quellstärke nach VDI 3894-1 ohne Minderung)

	Einheit	VDI-Emissionsfaktor 100 %	VDI-Emissionsfaktor, reduziert auf 90 %	VDI-Emissionsfaktor, reduziert auf 80 %	VDI-Emissionsfaktor, reduziert auf 70 %
MAF	µg/m³	2,27	4,63	0,67	0,68

Für die tierwohlorientierte Sauenhaltung S1 kann davon ausgegangen werden, dass die Emissionsfaktoren nach VDI 3894 Blatt 1 sehr konservativ sind. Durch das größere Platzangebot ergibt sich kein höheres Emissionspotenzial durch die tiergerechte Haltung im Vergleich zu den konventionellen Haltungsverfahren. Da es sich bei der Haltung in der Anlage S1 um eine ökologische Sauenhaltung handelt, werden keine Minderungspotenziale durch die Fütterung berücksichtigt. Durch die Schaffung von Funktionsbereichen und durch die mögliche Einstreu ist noch eine Reduktion der Emissionsfaktoren um 20 % bis 30 % denkbar. Es wären weitere Untersuchungen sinnvoll, um das Ergebnis zu bestätigen. Eine Differenzierung auf die einzelnen Bereiche der Ferkelerzeugung ist aufgrund der Überlagerung der Abluffahnen mit dieser Methode nicht möglich.

## 6 Diskussion der Ergebnisse

### 6.1 Geruch

Um eine praxisnahe Beurteilung für den immissionsschutzrechtlichen Vollzug zu gewährleisten, sind folgende Ansätze denkbar. Techniken zur Emissionsreduzierung sollten dabei soweit wie möglich ausgeschöpft werden.

- Anpassung des tierartspezifischen Gewichtungsfaktors der TA Luft 2021, Tabelle 24 für tiergerechte Haltungsverfahren im Bereich Sauen und Ferkel,
- Definieren eines eigenen Emissionsfaktors für den Bereich der tiergerechten Mastschweinehaltungen

Die Hintergründe und Auswirkungen auf die Genehmigungspraxis werden dabei im Folgenden diskutiert.

#### **Anpassung des Gewichtungsfaktors der TA Luft 2021 für tierartspezifische Geruchsqualitäten im Bereich Sauen und Ferkel**

Es wird eine Anpassung des Gewichtungsfaktors für den Bereich der Sauen- und Ferkelhaltung vorgeschlagen. Die Anpassung des Gewichtungsfaktors für die Sauenhaltung lässt sich mit den Erkenntnissen der Immissionsmesskampagne im Bereich der Hedonik und Intensität begründen. Insbesondere bei der hedonischen Wahrnehmung und der Intensität der Anlagengerüche bei der Sauenhaltung mit Ferkelaufzucht schneidet diese signifikant besser ab als die untersuchten Mastschweinehaltungen. Diese Ergebnisse sollen die Möglichkeit zumindest im Bereich der immissionsschutzrechtlich nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen eröffnen, den für die tiergerechte Mastschweinehaltung geltenden Faktor von 0,65 nach Anhang 7 der TA Luft auch im Bereich der Sauenhaltungen für Haltungsgrößen bis zu 90 Sauenplätze inklusive Jungsauennachzucht anzuwenden.

Bei der untersuchten Sauenhaltung ist aufgrund der Ergebnisse der Fahnenbegehung im Vergleich der Immissionsprognosen jedoch keine Minderung der in VDI 3894-1 definierten Emissionsfaktoren vorzusehen.

Die Untersuchungsergebnisse der Polaritätenprofile hingegen liegen auf ähnlichem Niveau zu konventionellen Haltungsverfahren für alle untersuchten Anlagen, aber auch zu den alternativen Haltungsverfahren, die im Projekt vom LANUV [41] untersucht wurden. Es konnte kein signifikanter Unterschied ermittelt werden.

#### **Ableitung eines Emissionsfaktors im Bereich der tiergerechten Mastschweinehaltungen**

Aufgrund der Ergebnisse der Immissionsmesskampagne und der Durchführung von Immissionsprognosen soll die Möglichkeit der Ableitung eines geeigneten Emissionsfaktors für tiergerechte Haltungsverfahren bei Mastschweinen diskutiert werden.

Um die im Projekt ermittelten Fahnenreichweiten der statischen Fahnenbegehungen an den Mastschweineeställen mit Prognoseergebnissen von AUSTAL 3 zu vergleichen, wurden Immissionsprognosen für 50 typische bayerische Standorte durchgeführt. Es erfolgte ein Vergleich der Fahnenreichweiten mit den maximalen Abständen der 10 %-Geruchsisolinien der Prognoseergebnisse (vergleiche Kapitel 3.6). Als Eingangsparameter für die Ausbreitungsrechnungen wird die mittlere Tiermasse aller Fahnenbegehungen (entspricht 155,75 GV) gewählt. Dabei werden Berechnungen mit den Emissionsfaktoren von 50 GE/(s\*GV) (Szenario 1), 40 GE/(s\*GV) (Szenario 2) und 30 GE/(s\*GV) (Szenario 3)

durchgeführt. Für jeden Standort wird die nächst gelegene synthetische Ausbreitungsklassenstatistik und das zugrunde liegende Geländemodell verwendet. Die Eingangsparameter für die Vergleichsberechnungen mit AUSTAL 3 mit der mittleren Tiermasse aus den Fahnenbegehungen sind in Tab. 28 zusammengefasst.

Tab. 28: Eingangsparameter für die Vergleichsberechnungen mit AUSTAL 3 mit der mittleren Tiermasse aus den Fahnenbegehungen

Parameter	Einheit	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
Tierzahl	–	1.039	1.039	1.039
GV-Zahl	–	155,75	155,75	155,75
Emissionsfaktor	GE/(s*GV)	50	40	30
Emissionsstärke	GE/s	7.787,5	6.230	4.672,5
Höhe vertikale Linienquelle	m	5	5	5
Rauigkeitslänge $z_0$	m	0,1	0,1	0,1
Anzahl Standorte	–	50	50	50

Die Ergebnisse in Abbildung 40 zeigen, dass bei den durchgeführten Prognosen mit 30 GE/(s\*GV) in der Regel immer noch höhere Abstände ermittelt werden als Fahnenreichweiten bei den statischen Fahnenbegehungen festgestellt wurden. Aus den Ergebnissen der Vergleichsrechnungen kann geschlossen werden, dass mit einem Emissionsfaktor von 30 GE/(s\*GV) ausreichend konservative Prognosewerte unter Berücksichtigung der mittleren Tiermasse als Eingangsparameter berechnet werden und dieser Emissionsfaktor für die Anwendung in der Genehmigungspraxis grundsätzlich geeignet erscheint.

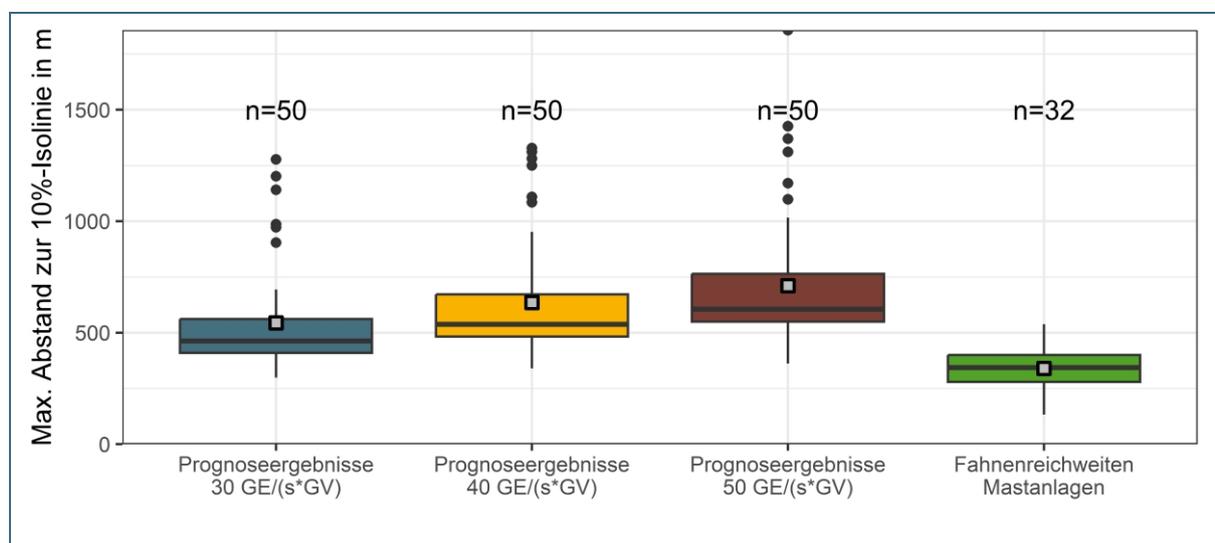


Abb. 39: Vergleich der maximalen Abstände zur 10 %-Geruchsisolinie der Prognoseergebnisse mit verschiedenen Emissionsfaktoren für circa 1.039 TP (mittlerer Tierbestand der Fahnenbegehungen); n: Anzahl der gerechneten Standorte beziehungsweise der ermittelten Fahnenreichweiten

Für die weiteren Untersuchungen wurden Berechnungen durchgeführt, diesmal mit der niedrigsten Tiermasse aller Fahnenbegehungen (entspricht 105 GV). Die Eingangsparameter sind in Tab. 29 zusammengefasst.

Tab. 29: Eingangsparameter für die Vergleichsberechnungen mit AUSTAL 3 mit der geringsten Tiermasse aus den Fahnenbegehungen

Parameter	Einheit	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
Tierzahl	–	700	700	700
GV-Zahl	–	105	105	105
Emissionsfaktor	GE/(s*GV)	50	40	30
Emissionsstärke	GE/s	5.250	4.200	3.150
Höhe vertikale Linienquelle	m	5	5	5
Rauigkeitslänge z <sub>0</sub>	m	0,1	0,1	0,1
Anzahl Standorte	–	50	50	50

Auch hier zeigt sich, dass die Prognoseergebnisse mit einem Emissionsfaktor von 30 GE/(s\*GV) ausreichend konservative Abstände ergeben, so dass die Fahnenreichweiten aus den Fahnenbegehungen in der Regel nicht unterschritten werden.

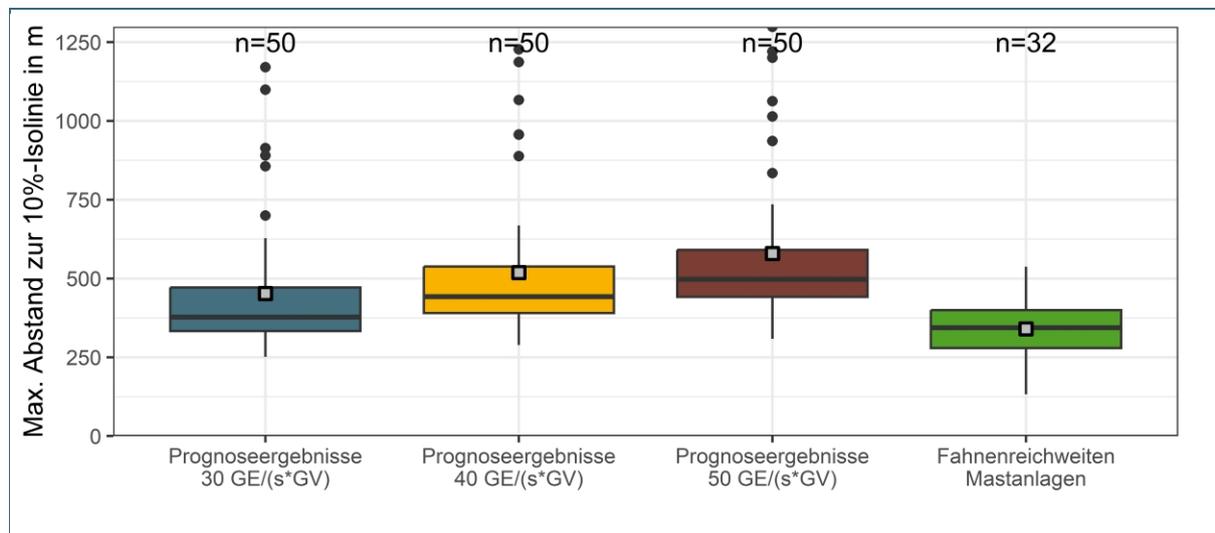


Abb. 40: Vergleich der maximalen Abstände zur 10 %-Geruchsisolinie der Prognoseergebnisse mit verschiedenen Emissionsfaktoren für circa 700 TP (geringster Tierbestand der Fahnenbegehungen); n: Anzahl der gerechneten Standorte beziehungsweise der ermittelten Fahnenreichweiten

Aufgrund der Erkenntnisse aus den Vergleichen der Fahnenreichweiten der statischen Fahnenbegehungen zum einen mit den zugehörigen Immissionsprognosen (vergleiche Kapitel 5) und zum anderen mit den Berechnungen für verschiedene bayerische Standorte wird die Anwendung eines Emissionsfaktors von 30 GE/(s\*GV) bei tiergerechten Mastschweinehaltungen empfohlen.

### Vergleich mit der Abstandsrichtlinie der VDI 3894-2

In der Richtlinie VDI 3894 Blatt 2 [55] wird eine spezifische Abstandsregelung für Geruchsstoffimmissionen von Tierhaltungsanlagen beschrieben, die eine Beurteilung der Immissionssituation ermöglicht und mit deren Hilfe der Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Gerüche sichergestellt werden kann. Bei immissionsschutzrechtlich nicht genehmigungsbedürftigen Tierhaltungsanlagen kann die zuständige Behörde die Genehmigungsentscheidung auf die Einhaltung der Abstände nach der Richtlinie VDI 3894 Blatt 2 (in Verbindung mit der Richtlinie VDI 3894 Blatt 1) gründen.

Die Ergebnisse von AUSTAL 2000 und AUSTAL 3 wurden deshalb mit den Ergebnissen von entsprechenden Abstandsermittlungen nach VDI 3894-2 [55] verglichen. Bei den Vergleichsberechnungen mit

AUSTAL 2000, AUSTAL 3 und der Berechnung der Abstände nach VDI 3894-2 wurden drei verschiedene Standorte untersucht. Die Standorte unterschieden sich hinsichtlich der Meteorologie und des Geländeeinflusses. Es wurde ein Standort mit günstigen meteorologischen Bedingungen und geringem Geländeeinfluss, ein Standort mit mäßigen meteorologischen Bedingungen und geringem Geländeeinfluss sowie ein Standort mit ungünstiger Windrichtungsverteilung und komplexem Gelände untersucht (Anhang A.4).

Als Eingangsparameter für die Ausbreitungsrechnungen wurden die Parameter der VDI 3894-2 gewählt (vertikale Linienquelle, Rauigkeitslänge  $z_0 = 0,2$  m). Eine Übersicht der Quellparameter ist in Tab. 30 wiedergegeben. Es wurden Vergleiche für fünf Quellstärken an den drei Standorten durchgeführt (siehe Tab. 30).

Tab. 30: Quellparameter für den Vergleich von AUSTAL 2000 und AUSTAL 3

Parameter	Einheit	Q 1	Q 2	Q 3	Q 4	Q 5
Tierplatzzahl	–	300	600	900	1.200	1.500
GV-Zahl	–	45	90	135	180	225
Emissionsfaktor	GE/(s*GV)	30	30	30	30	30
Quellstärke	GE/s	1.350	2.700	4.050	5.400	6.750
Rauigkeitslänge $z_0$	m	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

Die Ergebnisse der Vergleichsrechnungen mit AUSTAL 2000 und AUSTAL 3 im Vergleich zum Gültigkeitsbereich der VDI 3894-2 sind in Abb. 41 dargestellt. Ausgewertet wurde der maximale Abstand der 10 %-Geruchsisolinie (bewertete Geruchshäufigkeiten mit Faktor 0,75) für drei verschiedene Standorte.

Für die günstige und mäßige Ausbreitungssituation liegen die Ergebnisse der Ausbreitungsrechnung mit AUSTAL 2000 (für Ebene und komplexes Gelände) jeweils im Korridor der Abstände der VDI 3894-2 (grauer Bereich in Abb. 41). Die Ergebnisse mit AUSTAL 3 (für Ebene und komplexes Gelände) liegen für diese Ausbreitungssituationen nur bei geringen Quellstärken noch im Bereich der Abstände der VDI 3894-2, wobei die Unterschiede zwischen AUSTAL 2000 und AUSTAL 3 mit zunehmender Quellstärke größer werden. Für die ungünstige Ausbreitungssituation liegen die Abstände bei allen Ausbreitungsrechnungen deutlich über den errechneten Abständen der VDI 3894-2, allerdings liegt diese Situation außerhalb des Gültigkeitsbereiches der VDI-Richtlinie.

Insgesamt ist festzustellen, dass der Unterschied zwischen der Richtlinie VDI 3894-2 und den Ergebnissen der Ausbreitungsrechnung mit AUSTAL 3 ausgeprägt ist und die Richtlinie daher überarbeitet werden sollte. Eine Erarbeitung von Abstandskurven analog zur bayerischen Abstandsrichtlinie für Rinder ist auf der Basis der aktuellen VDI 3894-2 nicht sinnvoll.

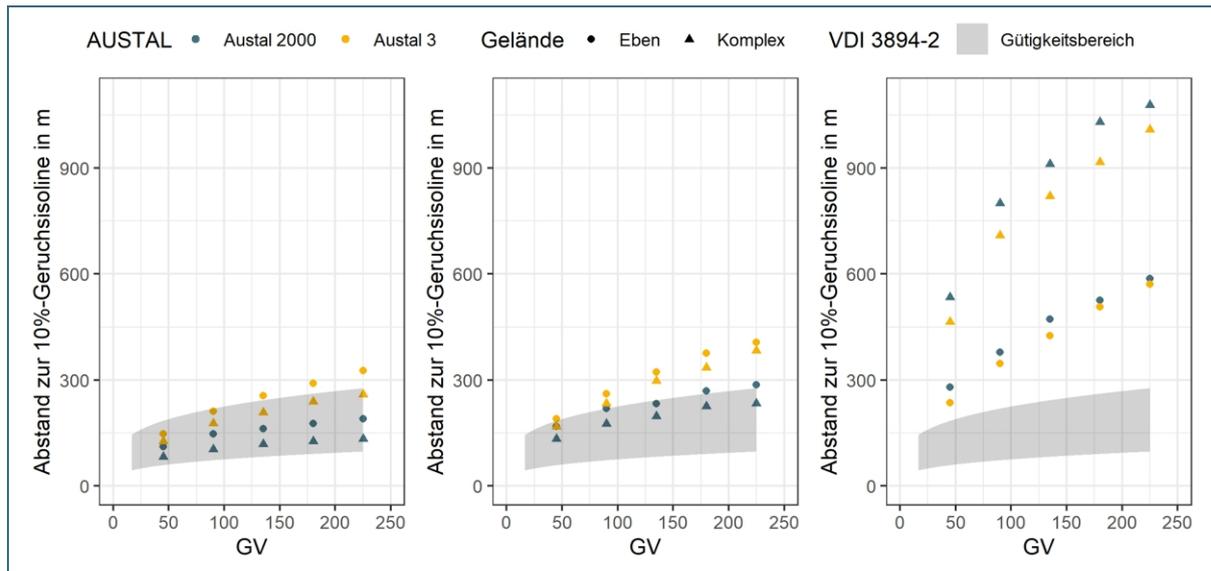


Abb. 41: Ergebnisse für die Berechnung des maximalen Abstandes zur 10 %-Geruchsisolinie (bewertete Geruchshäufigkeiten mit Faktor 0,75) mit AUSTAL 2000 und AUSTAL 3 für unterschiedliche Ausbreitungsbedingungen (Links: günstige Ausbreitungsbedingungen, Mitte: mäßige Ausbreitungsbedingungen, Rechts: ungünstige Ausbreitungsbedingungen) im Vergleich zum Gültigkeitsbereich der VDI 3894-2

## 6.2 Ammoniak

Aus den Ergebnissen der Messkampagnen der Ammoniakuntersuchung und dem Vergleich mit den Immissionsprognosen ergibt sich kein konkreter Anpassungsbedarf der Emissionsfaktoren für den Vollzug. Nach Anhang 11 der TA Luft darf bei tiergerechten Außenklimaställen im Mastbereich ein Emissionsfaktor von  $1,95 \text{ kg}/(\text{TP} \cdot \text{a})$  nicht überschritten werden. Die Ergebnisse zeigen, dass die ermittelten Emissionen in etwa in diesem Bereich liegen.

Im Bereich der Sauenhaltung sind nach TA Luft Anhang 11 bei tiergerechten Außenklimaställen keine weiteren Minderungstechniken erforderlich. Die anzuwendenden Emissionsfaktoren der VDI 3894-1 für den Bereich der Ferkelerzeugung und Sauenhaltung sind nach den Ergebnissen dieser Untersuchung ausreichend konservativ. Nach dieser Untersuchung überschätzen die Prognoseergebnisse die Messwerte, so dass eine Reduzierung der Emissionsfaktoren in den einzelnen Bereichen der Ferkelerzeugung um circa 20 % bis 30 % denkbar wäre. Grundsätzlich sollten noch weitere Untersuchungen durchgeführt werden, um die Ergebnisse abzusichern.

### Ermittlung des Mindestabstandes zu empfindlichen Pflanzen und Ökosystemen gemäß Anhang 1 der TA Luft

Für den bayerischen Vollzug soll zukünftig ein Softwaretool zur Verfügung stehen, mit dem die Ammoniakimmissionskonzentration für Tierhaltungen standortbezogen ermittelt werden kann. Übergangsweise wurde im Rahmen dieses Projektes ein teilautomatisiertes Verfahren für den Vollzug zur Verfügung gestellt, das mit Schreiben des StMUV vom 24.08.2023 eingeführt wurde. Den Vollzugsbehörden können damit im Bereich der baurechtlich zu genehmigenden Tierhaltungsanlagen standortbezogene Ammoniakkonzentrationsisolinien auf der Grundlage einer standardisierten Ausbreitungsrechnung mit AUSTAL 3 zur Verfügung gestellt werden.

Eine beispielhafte Ergebnisdarstellung dieser Übergangslösung für eine standardisierte Ammoniakfracht von  $1 \text{ Mg/a}$  ist in Abb. 42 dargestellt. Das Ergebnis zeigt abgestufte Isolinien für  $0,25 \text{ } \mu\text{g NH}_3/\text{m}^3$  bis  $4 \text{ } \mu\text{g NH}_3/\text{m}^3$ , mit denen sich aufgrund der nahezu linearen Abhängigkeit der Ammoniakimmissionen von den Emissionsfrachten die standortspezifische Ammoniakbelastung für unterschiedliche

Quellstärken abschätzen lässt. Das Verfahren ist genauer als die Berechnung des kreisrunden Mindestabstandes nach Anhang 1 der TA Luft, da lokale meteorologische Verhältnisse über synthetische Ausbreitungsklassenstatistiken und lokale Geländeeinflüsse in der Berechnung berücksichtigt werden. Mit den Isolinien kann nach Anhang 1 der TA Luft geprüft werden, ob der Schutz vor erheblichen Nachteilen durch Schädigung empfindlicher Pflanzen und Ökosysteme durch die Einwirkung von Ammoniak gewährleistet ist. Es empfiehlt sich auch für tierwohlorientierte Mastschweinehaltungen, mit den Ammoniakemissionsfaktoren der VDI 3894-1 für die Schweinemast zu rechnen.

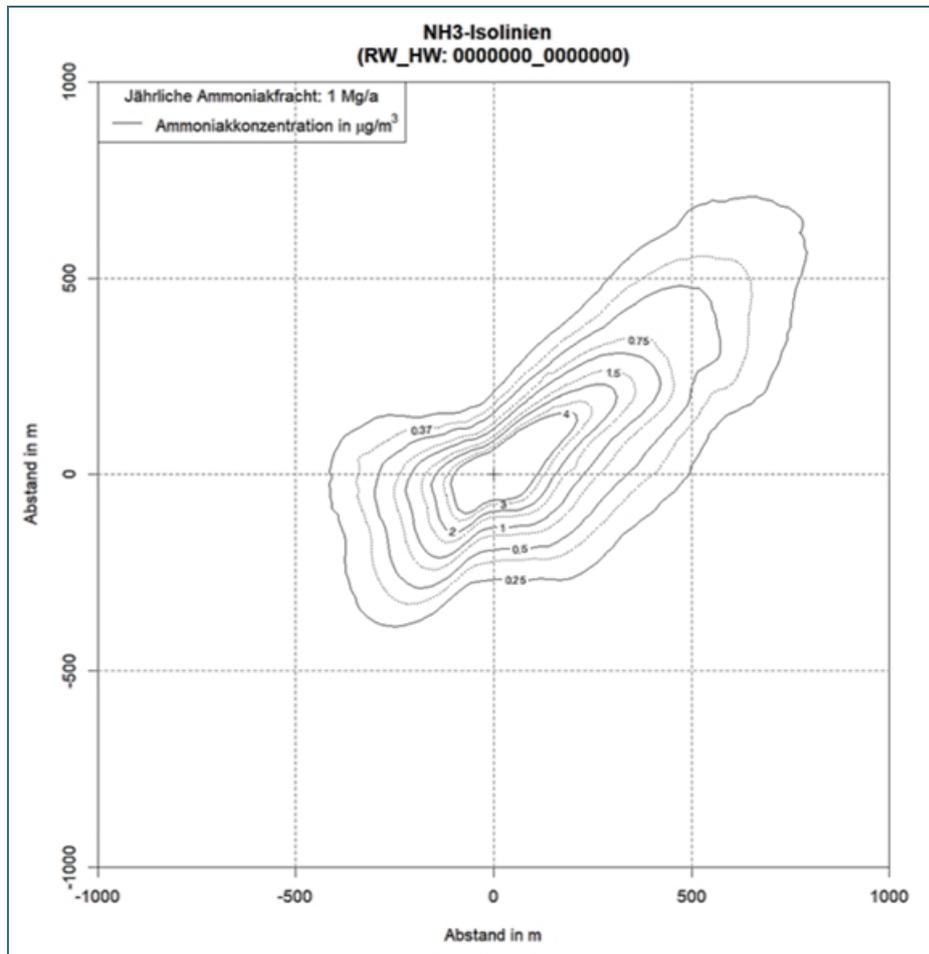


Abb. 42:  
Ergebnis der Berechnung der standortbezogenen Isolinien

## 7 Handlungsempfehlungen

Aus den Ergebnissen des Projektes können Handlungsempfehlungen für tierwohlorientierte Mastschweinehaltungen und den Bereich der Ferkelerzeugung mit Hinweisen zum Stand der Technik abgeleitet werden. Die Handlungsempfehlungen tragen zu einem emissionsarmen Betrieb von Tierwohlställen bei. Durch die Handlungsempfehlungen soll eine möglichst realitätsnahe Bewertung der tiergerechten Haltungsverfahren im Genehmigungsprozess ermöglicht werden.

Im Folgenden wird eine kurze Handreichung mit Handlungsempfehlungen für die Vollzugsbehörden vorgestellt. Darin werden die relevanten Emissionen bei tiergerechten Haltungsverfahren kompakt aufgeführt.

## 7.1 Funktionsbereiche

Emissionen an Staub, Gerüchen und Ammoniak können durch verhaltensbezogene Maßnahmen (gute fachliche Praxis) als auch durch technische Maßnahmen begrenzt werden. Bei den verhaltensbezogenen Maßnahmen sollten die landwirtschaftlichen Fachbehörden (Ämter für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten), die für die Betreuung der Betriebe zuständig und häufig in den Betrieben anwesend sind, mit einbezogen werden.

Aus fachtechnischer Sicht kann ein ausreichendes Platzangebot als wesentlicher Einflussfaktor für die Bildung von Funktionsbereichen betrachtet werden. Die Bildung von Funktionsbereichen ist entscheidend zur Reduzierung der emissionsrelevanten Flächen in der Schweinehaltung.

Als Empfehlung der Ad-Hoc Bund-Länder AG „Immissionsschutz und Tierwohl“ sind die Platzangebote in Tab. 31 bis Tab. 34 zusammengefasst [56, 57]. Für die tiergerechten Außenklimaställe im Bereich der Mastschweinehaltung wird bei einem Mastendgewicht von 120 kg ein Platzangebot von 1,30 m<sup>2</sup> pro Tier empfohlen, beim geschlossenen Stall soll als Stallinnenfläche 1 m<sup>2</sup> pro Tier und im Auslauf 0,5 m<sup>2</sup> pro Tier als zusätzliche Fläche angeboten werden. Davon sollen je nach Tiergewicht 0,25 m<sup>2</sup> bis 0,9 m<sup>2</sup> pro Tier als Liegebereich zu Verfügung gestellt werden (vergleiche Tab. 31).

Tab. 31: Platzangebote für tiergerechte Mastschweinehaltungen

Tierdurchschnittsgewicht	Einheit	Liegebereich	Außenklimastall	Geschlossener Stall innen	Auslauf zusätzlich zum Stall innen
über 30 kg bis 50 kg	m <sup>2</sup>	0,25	0,60	0,50	0,25
über 50 kg bis 120 kg	m <sup>2</sup>	0,60	1,30	1,00	0,50
über 120 kg	m <sup>2</sup>	0,90	1,50	1,50	0,80

Bei der Ferkelaufzucht wird für den Stall (Außenklimastall oder geschlossener Stall) eine nutzbare Fläche von bis zu 0,50 m<sup>2</sup> je Tier empfohlen, davon sollen bis zu 0,30 m<sup>2</sup> je Tier planbefestigt sein und einen planbefestigten Liegebereich von bis zu 0,20 m<sup>2</sup> je Tier aufweisen. Wird zusätzlich ein Auslauf zu Verfügung gestellt, soll dieser in Abhängigkeit vom durchschnittlichen Tiergewicht bis zu 0,20 m<sup>2</sup> je Tier betragen (vergleiche Tab. 32).

Tab. 32: Platzangebote für tiergerechte Ferkelaufzucht

Tierdurchschnittsgewicht	Einheit	Liegebereich	Stall	Davon planbefestigt <sup>1)</sup>	Auslauf zusätzlich
über 5 kg bis 10 kg	m <sup>2</sup>	0,10	0,20	0,12	0,10
über 10 kg bis 20 kg	m <sup>2</sup>	0,15	0,35	0,25	0,15
über 20 kg	m <sup>2</sup>	0,20	0,50	0,30	0,20

Für den Bereich der Sauenhaltung sind die empfohlenen Platzangebote in Tab. 33 und Tab. 34 zusammengefasst. Für die Abferkelbuch ist für das ungehinderte laterale Umdrehen der Sauen zu berücksichtigen, dass eine ausgewachsene Sau eine durchschnittliche Länge von 193 cm hat und 95 % der Sauen eine Körperlänge von weniger als 202 cm (95 %-Perzentil) aufweisen. Ab dem Absetzen ihrer Ferkel bis zur Besamung sollen mindestens 5 m<sup>2</sup> pro Tier mit einem Liegebereich von 1,3 m<sup>2</sup> pro Tier zu Verfügung stehen. Im Zeitraum nach dem Besamen bis eine Woche vor dem voraussichtlichen Abferkeln sollen Sauen 4 m<sup>2</sup> pro Tier, davon 1,3 m<sup>2</sup> pro Tier als Liegebereich zur Verfügung stehen. Für Jungsauen sollen 3 m<sup>2</sup> pro Tier, davon 0,95 m<sup>2</sup> pro Tier als Liegebereich bereitgestellt werden.

Tab. 33: Platzangebote für die Bereiche der tiergerechten Sauenhaltung ab dem Absetzen ihrer Ferkel bis zur Besamung

Stallbereich	Einheit	Stall	Davon Liegebereich im oben definierten Sinne	Auslauf zusätzlich
Sauen	m <sup>2</sup>	5,00	1,30	–

Tab. 34: Platzangebote für die Bereiche der tiergerechten Sauenhaltung, Zeitraum nach dem Besamen bis eine Woche vor dem voraussichtlichen Abferkeln

Stallbereich	Einheit	Stall	Davon Liegebereich im oben definierten Sinne	Auslauf zusätzlich
Jungsauen	m <sup>2</sup>	3,00	0,95	1,00
Sauen	m <sup>2</sup>	4,00	1,30	1,30

## 7.2 Geruch

Durch die Buchtenstrukturierung mit Funktionsbereichen, die niedrigere Durchschnittstemperatur in den Stallgebäuden und die bodennahe Ausbreitung der Geruchsemissionen sind für die Beurteilung von tiergerechten Haltungsverfahren für Geruch andere Bewertungsmaßstäbe erforderlich als für konventionelle Haltungsverfahren. Die Erkenntnisse aus dem Projekt zeigen, dass für Mastschweinehaltungen der Emissionsfaktor der VDI 3894-1 von 50 GE/(s\*GV) zu hoch ist. Aufgrund der Ergebnisse der Fahnenbegehungen und der vorgenommenen Quelltermrückrechnung mittels Immissionsprognosen empfehlen wir, zukünftig einen Emissionsfaktor für tiergerechte Mastschweinehaltungen von 30 GE/(s\*GV) zu verwenden. Bilden die Tiere Funktionsbereiche aus und erfolgt das Betriebsmanagement nach guter fachlicher Praxis, kann dieser Emissionsfaktor generell unabhängig vom Haltungsverfahren angewendet werden.

Bei der tiergerechten Ferkelerzeugung und Sauenhaltung empfehlen wir, für die Geruchsbeurteilung weiterhin die Emissionsfaktoren der VDI 3894-1 für die einzelnen Handlungsabschnitte der Ferkelerzeugung zu verwenden. Aufgrund der im Projekt ermittelten hedonischen Wirkung kann ein Gewichtungsfaktor für die tierartspezifische Geruchsqualität von 0,65 bei Betrieben, die dem Tierwohl dienen, für bis zu 90 Sauenplätze vertreten werden. In der TA Luft 2021 ist dieser Gewichtungsfaktor in Tabelle 24 bisher nur für Mastschweine bis zu einer Tierplatzzahl von 500 in qualitätsgesicherten Haltungsverfahren mit Auslauf und Einstreu, die nachweislich dem Tierwohl dienen, vorgesehen.

## 7.3 Ammoniak

Aufgrund der niedrigeren Temperaturen und der Bildung von Funktionsbereichen erhöhen sich die Emissionen bei tiergerechten Haltungsverfahren im Vergleich zu konventionellen Haltungsverfahren nicht. Grundvoraussetzung für die Bildung von Funktionsbereichen ist, dass den Tieren ein ausreichendes Platzangebot zu Verfügung steht.

Der Liegebereich muss planbefestigt und eingestreut oder verformbar sein. Durch Abdunkelung und Klimatisierung wird der Liegebereich besser angenommen. Der Kotbereich, ob im Stall oder im Auslauf, soll die weitest mögliche Entfernung vom Liegebereich haben. Um die Nutzung des Kotbereichs zusätzlich zu unterstützen, sollte der Kotbereich mit offenen Kontaktgittern zu den Nachbarbuchten ausgeführt sein sowie möglichst zum kälteren Bereich hin angeordnet werden. Diese Maßnahmen helfen, das Abkotverhalten zu steuern, und dienen damit der Sauberkeit der Bucht.

Die Buchten sind täglich auf Verunreinigungen hin zu kontrollieren und bei Bedarf zu reinigen, auch im Hinblick auf einen mit Kot und Einstreuresten verstopften perforierten Boden.

Diese Maßnahmen tragen laut der Ad-Hoc Bund-Länder AG „Immissionsschutz und Tierwohl“ dazu bei, dass tiergerechte Außenklimaställe mit einem perforierten Kotbereich im Vergleich zu konventionellen Haltungformen für Mastschweine in geschlossenen Ställen ein um etwa 33 Prozent geringeres Emissionspotenzial aufweisen. Bei tiergerechten Außenklimaställen mit planbefestigten und eingestreuten Ausläufen sind dagegen höhere Emissionen zu erwarten, was aber durch ein angepasstes Management vermindert werden kann. Dazu sollen folgende Anforderungen erfüllt werden:

- Die planbefestigten Flächen sollten im Auslauf mit Gefälle zu einer Jaucherinne hin versehen sein, damit Harn und Niederschlagswasser schnell abfließen können und die Einstreu stets trocken gehalten wird.
- Die Ausläufe sollten möglichst vollständig überdacht sein.
- Geschlossene Bodenflächen sollten im Auslauf bodendeckend, saugfähig und trocken eingestreut sein. Sie sind mindestens zweimal pro Woche durch stationäre oder mobile Einrichtungen zu entmisten. Wird die Einstreu z. B. durch Witterungseinflüsse feucht, ist häufiger, bis zu einmal täglich, zu entmisten.

Durch den Einsatz einer effektiven Kot-Harn-Trennung mit Schieberentmistung ist eine weitergehende Emissionsminderung möglich. Der Unterflurschieber muss vollautomatisch gesteuert sein, damit die Reinigung auch ohne Tierbetreuer erfolgen kann. Zur Dokumentation muss der Schieberbetrieb automatisch erfasst und aufgezeichnet werden.

## 7.4 Gesamtstaub

Durch eingestreute Liegebereiche kann es zu einer erhöhten Staubbelastung im Umfeld von tiergerechten Haltungsverfahren kommen. Eine vorhergehende Aufbereitung und Entstaubung der Einstreu kann die Staubbelastung mindern.

Der Bagatellmassenstrom für Gesamtstaub nach Nr. 4.6.1.1 der TA Luft wird bei eingestreuten Haltungsverfahren annähernd bei den in Tab. 35 aufgeführten Bestandsgrößen überschritten. Bei tiergerechten Mastschweinehaltungen wird der Bagatellmassenstrom bei 1.640 Tierplätzen überschritten, bei Zuchtsauen bei 650 Sauenplätzen.

Tab. 35: Tierzahl bis zum Überschreiten des Bagatellmassenstroms für Gesamtstaub

Haltungsform	Tierzahl
Mastschweine	1.640
Zuchtsauen inklusive Ferkel bis 25 kg	650

Anlagen zur Schweinehaltung leisten bei den in Bayern üblichen Betriebsgrößen auch bei Überschreitung des Bagatellmassenstromes in der Regel keinen relevanten Beitrag zum Entstehen schädlicher Umwelteinwirkungen im Hinblick auf Schwebstaub und die Staubdeposition. Orientierende Berechnungen mit AUSTAL 3 haben gezeigt, dass die Zusatzbelastung unterhalb  $1,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für Schwebstaub ( $\text{PM}_{10}$ ) liegt, wenn Geruchshäufigkeiten nach Anhang 7 unter 10 % auftreten.

## 7.5 Auflagenvorschläge

Die Auflagenvorschläge zur nährstoffangepassten Fütterung (Vollzugsschreiben vom 25.10.2023) und zur Güllelagerung (Vollzugsschreiben vom 14.12.2021) gelten auch für die tierwohlorientierte Mast-schweinehaltung und die Ferkelerzeugung. Für tierwohlorientierte Haltungsverfahren können folgende Auflagenvorschläge zusätzlich zu den Vorschlägen in den Vollzugsschreiben angewendet werden:

- Der Tierbestand darf zu jeder Zeit die genehmigte Anzahl an Tierplätzen nicht überschreiten. Der Tierbestand ist zu dokumentieren.
- Größtmögliche Sauberkeit und Trockenheit im Stall ist durch betriebliche Maßnahmen sicherzustellen. Hierzu gehört, dass alle Futter- und Fütterungshygienemaßnahmen bei Trocken- und Flüssigfütterung eingehalten werden. Die Kot-, Lauf- und Liegeflächen, der Stallgänge, der Stall-einrichtungen und der Außenbereiche um den Stall sind trocken und sauber zu halten. Tränkwas-serverluste sind durch eine verlustarme Tränktechnik zu vermeiden.
- [Bei planbefestigtem Kotbereich]: Die planbefestigten Flächen sollen im Auslauf mit Gefälle zu einer Jaucherinne hin versehen sein, damit Harn und Niederschlagswasser schnell abfließen können und die Einstreu stets trocken gehalten wird. Geschlossene Bodenflächen im Auslauf müssen bodendeckend, saugfähig und trocken eingestreut sein, sie sind mindestens zweimal pro Woche durch stationäre oder mobile Einrichtungen zu entmisten. Wird die Einstreu z. B. durch Witterungseinflüsse feucht, ist häufiger, bis zu einmal täglich, zu entmisten.
- [Bei (teil-)perforiertem Kotbereich und Schieberentmistung]: Die Kanalsohle soll beidseitig ein Ge-fälle zur mittig verlaufenden Harnrinne aufweisen. Durch das Gefälle und die im Kanal integrierte Harnrinne soll der Harn schnell abfließen und vom Kot getrennt werden. Der Unterflurschieber muss vollautomatisch gesteuert sein. Die Dokumentation des Schieberbetriebs erfolgt automa-tisch und muss aufgezeichnet werden.
- [Bei Flüssigmistverfahren mit perforiertem Kotbereich]: Zur Verringerung der Emissionen aus dem Stall sind anfallende Kot- und Harnmengen bei Güllesystemen kontinuierlich oder in kurzen Zeitabständen zum Lagerbehälter außerhalb des Stalles zu überführen. Zwischen Stallraum und außenliegenden Güllekanälen und Lagerbehältern ist ein Geruchsverschluss einzubauen.
- Die Buchten sind täglich auf Verunreinigungen hin zu kontrollieren und bei Bedarf zu reinigen, auch im Hinblick auf einen mit Kot und Einstreuresten verstopften perforierten Boden.
- Die vorgelegte Futtermenge ist so zu bemessen, dass möglichst wenig Futterreste entstehen. Futterreste sind regelmäßig aus dem Stall zu entfernen. Verdorbenes oder nicht mehr verwend-bares Futter oder Futterreste dürfen nicht offen gelagert werden. Werden geruchsintensive Fut-termittel, zum Beispiel Molke, verfüttert, sind diese in geschlossenen Behältern oder abgedeckt zu lagern.
- Beim Festmistverfahren ist eine ausreichende Einstreumenge zur Minderung der Geruchsemis-sionen einzusetzen. Die Einstreu muss trocken und sauber sein. Beim Einbringen der Einstreu sind Staubemissionen zu minimieren.
- [Tiergerechter geschlossener Stall mit Auslauf]: Für den Kot- und Harnbereich im Stallinnern sind analoge emissionsmindernde Einrichtungen beziehungsweise Maßnahmen vorzuhalten. Hinweis: Im Auslauf entstehen die meisten Emissionen. Die oben genannten Auflagen für den Kotbereich sind im Auslauf ebenfalls gültig.
- [Tiergerechter geschlossener Stall mit Auslauf]: Der Auslauf muss jederzeit zugänglich sein. Die Auslauföffnungen müssen mit geeigneten Vorrichtungen verschließbar sein und insbesondere im Fall einer Unterdrucklüftung mit selbstschließenden Türen eine Trennung der Luftführung von In-nenbereich zum Auslauf gewährleisten.

- [bei Ställen mit Auslauf]: Der Auslauf soll soweit wie möglich überdacht werden, um Flüssigkeitseintrag durch Niederschlag zu reduzieren. (Hinweis: Durch Anforderungen aus anderen Rechtsbereichen ist eine vollständige Überdachung nicht immer möglich.)

## 8 Zusammenfassung und Ausblick

### 8.1 Zusammenfassung

Aufgrund der Erkenntnisse des Projektes lässt sich der Zielkonflikt zwischen Tierwohl und Immissionsschutz weitestgehend minimieren. Niedrigere Temperaturen und Funktionsbereiche in Außenklimaställen führen zu keinen höheren Emissionen im Vergleich zu konventionellen Haltungsverfahren. Maßgeblich für den emissionsreduzierten Betrieb von tiergerechten Haltungsverfahren ist die Ausbildung von Funktionsbereichen. Im Kot- und Harnbereich können gezielt emissionsmindernde Techniken zum Einsatz kommen. Damit lassen sich die emissionsrelevanten Flächen begrenzen. Daher ergibt sich ein gegenüber zwangsbelüfteten Haltungsverfahren verändertes Emissionspotenzial.

Die Geruchsimmissionsmessungen ergaben für die drei Mastschweinehaltungen mittlere Fahnenreichweiten von 250 m bis circa 420 m für Anlagen im Bereich von 1.000 TP bis 1.500 TP. Quelltermrückrechnungen mit AUSTAL 3 haben gezeigt, dass der bisher verwendete Emissionsfaktor der VDI 3894-1 von 50 GE/(s\*GV) für Außenklimaställe im Bereich der Mastschweine die tatsächliche Immissionssituation überschätzt. Aufgrund der Untersuchungen empfiehlt es sich, für die tiergerechte Mastschweinehaltung einen Geruchsstoffemissionsfaktor von 30 GE/(s\*GV) einzuführen. Damit ist eine realitätsnahe Abschätzung der Immissionssituation für tiergerechte Mastschweinehaltungen mit AUSTAL 3 möglich.

Trotz des geringeren Tierbesatzes hatte die Sauenhaltung mit Auslauf mit der Mastschweinehaltung vergleichbare Fahnenreichweiten (mittlere Fahnenreichweite 267 m). Quelltermrückrechnungen mit AUSTAL 3 haben gezeigt, dass eine Reduzierung der Emissionsfaktoren der VDI 3894-1 bei der Sauenhaltung derzeit nicht empfohlen werden kann. Aufgrund der Auswertung der Intensität und Hedonik der Geruchswahrnehmung empfiehlt es sich jedoch, im Bereich der Sauenhaltungen mit Ferkelerzeugung den gemäß TA Luft 2021 für die tiergerechte Mastschweinehaltung bis 500 TP geltenden Gewichtungsfaktor von 0,65 auch im Bereich der Sauenhaltungen für Haltungsgrößen bis zu 90 Sauenplätze anzuwenden.

Bei vergleichenden Geruchsberechnungen mit AUSTAL 2000, AUSTAL 3 und den Abstandsberechnungen nach VDI 3894-2 wurde festgestellt, dass mit der Ausbreitungsrechnung nach AUSTAL 3 höhere Abstände im Vergleich zu AUSTAL 2000 und zur VDI 3894-2 ermittelt werden. Daher ist eine Überarbeitung der Richtlinie erforderlich.

Für Ammoniak konnte festgestellt werden, dass die Konventionswerte der Emissionsfaktoren der VDI 3894-1 auch für tierwohlorientierte Haltungsverfahren in der Schweinehaltung geeignet sind. Die Emissionen sind im Vergleich zur konventionellen Tierhaltung nicht höher. Die Anforderungen der TA Luft 2021 an Emissionsminderungsmaßnahmen können erfüllt werden. Die verwendeten Emissionsfaktoren der VDI 3894-1 für den Bereich der Ferkelerzeugung und Sauenhaltung sind nach den Ergebnissen dieser Untersuchung sehr konservativ. Nach dieser Untersuchung überschätzen die Prognoseergebnisse die Messwerte, eine Reduzierung der Emissionsfaktoren in den einzelnen Bereichen der Ferkelerzeugung um circa 20 % bis 30 % wäre denkbar.

Zur Beurteilung, ob der Schutz vor erheblichen Nachteilen durch Schädigung empfindlicher Pflanzen und Ökosysteme durch Einwirkung von Ammoniak gewährleistet ist, wird derzeit eine EDV-technische

Lösung für den Vollzug entwickelt, mit der eine qualifizierte Abschätzung der Ammoniaketräge erfolgen kann.

Im Ergebnis ist insgesamt festzustellen, dass Außenklimaställe eine gute Möglichkeit bieten, um sowohl den Bedürfnissen der Tiere als auch den Anforderungen des Immissionsschutzes gerecht zu werden.

## **8.2 Ausblick**

Aufgrund der Ergebnisse des Projektes können zukünftig geplante Baumaßnahmen im Bereich tiergerechter Haltungsverfahren in der Schweinehaltung besser eingeordnet werden. Die Ergebnisse des Vorhabens werden in die Richtlinienarbeit der VDI 3894-1 einfließen.

Durch das neue Ausbreitungsmodell AUSTAL 3 verändern sich die Ergebnisse der Immissionsprognose gegenüber AUSTAL 2000. Für die Beurteilung hinsichtlich des Luftschadstoffes Geruch ergibt sich daraus ein Überarbeitungsbedarf der Richtlinie VDI 3894-2.

Für tiergerechte Sauenhaltungen liegen bisher nur wenige Erkenntnisse über deren Emissions- und Immissionspotenzial vor. Im Rahmen dieser Studie wurde zumindest eine Anlage untersucht. Weitere Untersuchungen sollten durchgeführt werden.

Auch in der Geflügel- und Rinderhaltung findet ein Strukturwandel hin zu tiergerechteren Haltungsverfahren statt, der sich auf die Emissions- und Immissionsverhältnisse auswirkt. Hier sollten ebenfalls weitere Untersuchungen angestrebt werden. Das Bayerische Landesamt für Umwelt hat bereits ein Projekt im Bereich der Rinderhaltung initiiert und dieses im Frühjahr 2024 gestartet.

## Abkürzungsverzeichnis

### Einheiten

<b>Einheit</b>	<b>Beschreibung</b>
°C	Grad Celsius
µg	Mikrogramm
a	Jahr
d	Tag
GE	Geruchseinheit
GV	Großvieheinheit
ha	Hektar
KBE	Koloniebildende Einheit
kg	Kilogramm
m	Meter
m <sup>2</sup>	Quadratmeter
m <sup>3</sup>	Kubikmeter
MAF	Mittlerer absoluter Fehler
Mg	Megagramm
s	Sekunde
TP	Tierplatz

### Abkürzungen

<b>Abkürzung</b>	<b>Beschreibung</b>
AG	Arbeitsgruppe
BB	Brandenburg
BVT	Beste Verfügbare Techniken
BW	Baden-Württemberg
BY	Bayern
EU	Europäische Union
HE	Hessen
KTBL	Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V.
LANUV	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen
LfU	Bayerisches Landesamt für Umwelt
LUFÄ	Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt

<b>Abkürzung</b>	<b>Beschreibung</b>
MP	Messpunkt
MV	Mecklenburg-Vorpommern
MZI	Messzeitintervall
N	Stickstoff
NEC	National Emission Ceilings Directive (Richtlinie über nationale Emissionshöchstmengen für bestimmte Luftschadstoffe)
NH <sub>3</sub>	Ammoniak
NI	Niedersachsen
NN	Normalnull
NW	Nordrhein-Westfalen
PM	Feinstaub (engl. Particulate Matter)
RP	Rheinland-Pfalz
SH	Schleswig-Holstein
SL	Saarland
SN	Sachsen
ST	Sachsen-Anhalt
StMUV	Bayerisches Staatsministerium für Umwelt- und Verbraucherschutz
TH	Thüringen
USAT	Ultraschallanemometer
UV	Ultraviolett
v	Geschwindigkeit
z <sub>0</sub>	Rauigkeitslänge

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Schweinebestände (links) und Schweinehalter (rechts) nach Betriebsgröße mit mehr als 50 Tierplätzen (TP) in 2021; eigene Darstellung nach Destatis, 2022 [8]	11
Abb. 2:	Stallaufbau und Buchtenstruktur Betrieb M1	19
Abb. 3:	Umgebung des Betriebs M1	20
Abb. 4:	Stallaufbau und Buchtenstruktur Betrieb M2	21
Abb. 5:	Umgebung des Betriebs M2	22
Abb. 6:	Stallaufbau und Buchtenstruktur Betrieb M3	23
Abb. 7:	Umgebung des Betriebs M3	24
Abb. 8:	Bauweise beziehungsweise Buchtenstruktur der einzelnen Ställe von Betrieb S1: Deck- und Wartestall (oben links), Abferkelstall (oben rechts), Aufzuchtstall (unten links) und Gruppensäugestall (unten rechts)	25
Abb. 9:	Umgebung des Betriebs S1	26
Abb. 10:	Messpunkte der statischen Fahnenbegehung; eigene Darstellung nach DIN 16841-2 [45]	30
Abb. 11:	Messpunkte am Mastschweinegestall M1	31
Abb. 12:	Messpunkte an der Sauenhaltung S1	31
Abb. 13:	Beispiel der Quelltermrückrechnung für eine Anlage; eigene Darstellung nach DIN EN 16841-2 [45]	35
Abb. 14:	Prinzipskizze zum Vergleich der Fahnenreichweite mit den Prognoseergebnissen	36
Abb. 15:	Ergebnisse der meteorologischen Begleitmessung für die einzelnen Begehungstage an Anlage M1	38
Abb. 16:	Ergebnisse der Geruchshäufigkeiten der Begehungen an Anlage M1	39
Abb. 17:	Ergebnisse der meteorologischen Begleitmessung für die einzelnen Begehungstage an Anlage M2	41
Abb. 18:	Ergebnisse der Geruchshäufigkeiten der Begehungen an Anlage M2	42
Abb. 19:	Ergebnisse der meteorologischen Begleitmessung für die einzelnen Begehungstage an Anlage M3	44
Abb. 20:	Ergebnisse der Geruchshäufigkeiten der Begehungen an Anlage M3	45
Abb. 21:	Ergebnisse der meteorologischen Begleitmessung für die einzelnen Begehungstage an Anlage S1	47
Abb. 22:	Ergebnisse der Geruchshäufigkeiten der Begehungen an Anlage S1	48
Abb. 23:	Fahnenreichweiten der einzelnen Anlagen	51
Abb. 24:	Ergebnisse der Intensität zu klassierten Geruchshäufigkeiten der Begehungen	52
Abb. 25:	Ergebnisse der Hedonik zu klassierten Geruchshäufigkeiten der Begehungen	53
Abb. 26:	Konzentrationsverlauf der Ammoniakimmissionen, durchschnittliche Außentemperatur, Anteil der Westwinde und Stallbelegung über den Messzeitraum am Betrieb M1	55
Abb. 27:	Konzentrationsverlauf der Ammoniakimmissionen über den Messzeitraum am Standort S1	57

Abb. 28:	Ergebnisse der statischen Fahnenbegehung im Vergleich zu den Prognoseergebnissen für Betrieb M1 für die verschiedenen Begehungstage	59
Abb. 29:	Vergleich der Auswertung der maximalen Fahnenreichweite der statischen Fahnenbegehungen je Begehungstag mit den Ergebnissen von Immissionsprognosen (maximaler Abstand 10 %-Geruchsisolinie) mit verschiedenen Emissionsfaktoren für Anlage M1 (Hinweis: Beim Messtag Winter ist der weitest entfernte Messpunkt dargestellt, da die Fahnenreichweite nicht ermittelt werden konnte.)	60
Abb. 30:	Ergebnisse der statischen Fahnenbegehung im Vergleich zu den Prognoseergebnissen für Betrieb M2 für die verschiedenen Begehungstage	61
Abb. 31:	Vergleich der Auswertung der maximalen Fahnenreichweite der statischen Fahnenbegehungen je Begehungstag mit den Ergebnissen von Immissionsprognosen (maximaler Abstand 10 %-Geruchsisolinie) mit verschiedenen Emissionsfaktoren für Anlage M2	62
Abb. 32:	Ergebnisse der statischen Fahnenbegehung im Vergleich zu den Prognoseergebnissen für Betrieb M3 für die verschiedenen Begehungstage	63
Abb. 33:	Vergleich der Auswertung der maximalen Fahnenreichweite der statischen Fahnenbegehungen je Begehungstag mit den Ergebnissen von Immissionsprognosen (maximaler Abstand 10 %-Geruchsisolinie) mit verschiedenen Emissionsfaktoren für Anlage M3	64
Abb. 34:	Ergebnisse der statischen Fahnenbegehung im Vergleich zu den Prognoseergebnissen für Betrieb S1 für die verschiedenen Begehungstage	65
Abb. 35:	Vergleich der Auswertung der maximalen Fahnenreichweite der statischen Fahnenbegehungen je Begehungstag mit den Ergebnissen von Immissionsprognosen (maximaler Abstand 10 %-Geruchsisolinie) mit verschiedenen Emissionsfaktoren für Anlage S1	66
Abb. 36:	Vergleich der Messergebnisse mit den Prognoseergebnissen der Anlage M1; blau: berechnet mit Emissionsfaktor nach VDI 3894-1, gelb: berechnet mit Emissionsfaktor, reduziert auf 80 % des VDI-Wertes	68
Abb. 37:	Vergleich der Messergebnisse mit den Prognoseergebnissen unter Berücksichtigung der variablen Stallbelegung der Anlage M1; blau: berechnet mit dem Emissionsfaktor von 2,43 kg/(TP*a) nach VDI 3894-1, gelb: berechnet mit Emissionsfaktor, reduziert auf 80 % des VDI-Wertes	69
Abb. 38:	Vergleich der Messergebnisse mit den Prognoseergebnissen der Anlage S1; blau: berechnet mit den Emissionsfaktoren nach VDI 3894-1, gelb: Emissionsfaktoren, reduziert auf 80 % der VDI-Werte, rot: Emissionsfaktoren, reduziert auf 70 % der VDI-Werte	70
Abb. 39:	Vergleich der maximalen Abstände zur 10 %-Geruchsisolinie der Prognoseergebnisse mit verschiedenen Emissionsfaktoren für circa 1.039 TP (mittlerer Tierbestand der Fahnenbegehungen); n: Anzahl der gerechneten Standorte beziehungsweise der ermittelten Fahnenreichweiten	72
Abb. 40:	Vergleich der maximalen Abstände zur 10 %-Geruchsisolinie der Prognoseergebnisse mit verschiedenen Emissionsfaktoren für circa 700 TP (geringster Tierbestand der Fahnenbegehungen); n: Anzahl der gerechneten Standorte beziehungsweise der ermittelten Fahnenreichweiten	73

---

Abb. 41:	Ergebnisse für die Berechnung des maximalen Abstandes zur 10 %-Geruchsisolinie (bewertete Geruchshäufigkeiten mit Faktor 0,75) mit AUSTAL 2000 und AUSTAL 3 für unterschiedliche Ausbreitungsbedingungen (Links: günstige Ausbreitungsbedingungen, Mitte: mäßige Ausbreitungsbedingungen, Rechts: ungünstige Ausbreitungsbedingungen) im Vergleich zum Gültigkeitsbereich der VDI 3894-2	75
Abb. 42:	Ergebnis der Berechnung der standortbezogenen Isolinien	76
Abb. 43:	Ergebnisse der Fahnenbegehung (Frühling) am Mastschweinestall M1	99
Abb. 44:	Ergebnisse der Fahnenbegehung (Herbst) am Mastschweinestall M1	99
Abb. 45:	Ergebnisse der Fahnenbegehung (Sommer) am Mastschweinestall M1	100
Abb. 46:	Ergebnisse der Fahnenbegehung (Winter) am Mastschweinestall M1	100
Abb. 47:	Ergebnisse der Fahnenbegehung (Frühling) am Mastschweinestall M2	101
Abb. 48:	Ergebnisse der Fahnenbegehung (Herbst) am Mastschweinestall M2	101
Abb. 49:	Ergebnisse der Fahnenbegehung (Sommer) am Mastschweinestall M2	102
Abb. 50:	Ergebnisse der Fahnenbegehung (Winter) am Mastschweinestall M2	102
Abb. 51:	Ergebnisse der Fahnenbegehung (Frühling) am Mastschweinestall M3	103
Abb. 52:	Ergebnisse der Fahnenbegehung (Herbst) am Mastschweinestall M3	103
Abb. 53:	Ergebnisse der Fahnenbegehung (Sommer) am Mastschweinestall M3	104
Abb. 54:	Ergebnisse der Fahnenbegehung (Winter) am Mastschweinestall M3	104
Abb. 55:	Ergebnisse der Fahnenbegehung (Frühling) an der Sauenhaltung S1	105
Abb. 56:	Ergebnisse der Fahnenbegehung (Herbst) an der Sauenhaltung S1	105
Abb. 57:	Ergebnisse der Fahnenbegehung (Sommer) an der Sauenhaltung S1	106
Abb. 58:	Ergebnisse der Fahnenbegehung (Winter) an der Sauenhaltung S1	106
Abb. 59:	Polaritätenprofile der Anlagen	107
Abb. 60:	Vergleichsberechnung mit günstigen Ausbreitungsbedingungen (Meteorologie: oben, Geländesteigung: unten)	108
Abb. 61:	Vergleichsberechnung mit moderaten Ausbreitungsbedingungen (Meteorologie: oben, Geländesteigung: unten)	109
Abb. 62:	Vergleichsberechnung mit ungünstigen Ausbreitungsbedingungen (Meteorologie: oben, Geländesteigung: unten)	110

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Betriebsdaten der untersuchten Mastschweinebetriebe M1, M2, M3 und der Sauenhaltung S1	27
Tab. 2:	Anlagendaten für Anlage M1 zu den Begehungen	28
Tab. 3:	Anlagendaten für Anlage M2 zu den Begehungen	28
Tab. 4:	Anlagendaten für Anlage M3 zu den Begehungen	28
Tab. 5:	Anlagendaten für Anlage S1 zu den Begehungen	29
Tab. 6:	Ganzjährige Stallbelegung Anlage S1	29
Tab. 7:	Emissionspotenziale verschiedener Emissionskategorien der Schweinehaltung für Ammoniak und Geruch, eigene Darstellung mit Ergänzungen nach VDI 3894 Blatt 1 [10]	32
Tab. 8:	Mess-, Probennahme- und Analyseverfahren nach beziehungsweise in Anlehnung an DIN EN-Vorschriften oder VDI-Richtlinien	33
Tab. 9:	Emissionsfaktoren der VDI 3894-1	34
Tab. 10:	Ergebnisse der meteorologischen Begleitmessung an Anlage M1	39
Tab. 11:	Schätzwerte der Fahnenreichweite bei Anlage M1 (MZI: Messzeitintervall)	40
Tab. 12:	Ergebnisse der meteorologischen Begleitmessung an Anlage M2	42
Tab. 13:	Schätzwerte der Fahnenreichweite bei Anlage M2 (MZI: Messzeitintervall)	43
Tab. 14:	Ergebnisse der meteorologischen Begleitmessung an Anlage M3	45
Tab. 15:	Schätzwerte der Fahnenreichweite bei Anlage M3 (MZI: Messzeitintervall)	46
Tab. 16:	Ergebnisse der meteorologischen Begleitmessung an Anlage S1	48
Tab. 17:	Schätzwerte der Fahnenreichweite bei Anlage S1 (MZI: Messzeitintervall)	49
Tab. 18:	Ergebnisse der Fahnenreichweiten	50
Tab. 19:	Pearson-Korrelation der einzelnen Anlagen zum repräsentativen Duft- und Gestankprofil	52
Tab. 20:	Messergebnisse Passivsammleruntersuchung an der Anlage M1; Ammoniakkonzentration in $\mu\text{g NH}_3/\text{m}^3$ in 1,5 m Höhe, soweit nicht anders angegeben	54
Tab. 21:	Messergebnisse der Proben des Wet-Only-Sammlers an der Anlage M1	56
Tab. 22:	Messergebnisse Passivsammleruntersuchung an der Anlage S1; Ammoniakkonzentration in $\mu\text{g NH}_3/\text{m}^3$ in 1,5 m Höhe, soweit nicht anders angegeben	57
Tab. 23:	Emissionsfaktoren für Geruch der VDI 3894-1	58
Tab. 24:	Ergebnisse der Berechnung des mittleren absoluten Fehlers für die Anlagen an den einzelnen Begehungstagen; MAF in % Geruchsstundenhäufigkeit (fett: geringste durchschnittliche Abweichung)	67
Tab. 25:	MAF für verschiedene Quellstärken bei der Anlage M1 (100 % entsprechen der Quellstärke nach VDI 3894-1 ohne Minderung)	68
Tab. 26:	Verwendete Ammoniakemissionsfaktoren für die Sauenhaltung	69
Tab. 27:	MAF für verschiedene Quellstärken bei der Anlage S1 (100 % entsprechen der Quellstärke nach VDI 3894-1 ohne Minderung)	70
Tab. 28:	Eingangsparameter für die Vergleichsberechnungen mit AUSTAL 3 mit der mittleren Tiermasse aus den Fahnenbegehungen	72

---

Tab. 29:	Eingangsparameter für die Vergleichsberechnungen mit AUSTAL 3 mit der geringsten Tiermasse aus den Fahnenbegehungen	73
Tab. 30:	Quellparameter für den Vergleich von AUSTAL 2000 und AUSTAL 3	74
Tab. 31:	Platzangebote für tiergerechte Mastschweinehaltungen	77
Tab. 32:	Platzangebote für tiergerechte Ferkelaufzucht	77
Tab. 33:	Platzangebote für die Bereiche der tiergerechten Sauenhaltung ab dem Absetzen ihrer Ferkel bis zur Besamung	78
Tab. 34:	Platzangebote für die Bereiche der tiergerechten Sauenhaltung, Zeitraum nach dem Besamen bis eine Woche vor dem voraussichtlichen Abferkeln	78
Tab. 35:	Tierzahl bis zum Überschreiten des Bagatellmassenstroms für Gesamtstaub	79

## Literaturverzeichnis

- [1] Kompetenznetzwerk Nutztierhaltung, „Empfehlungen des Kompetenznetzwerks Nutztierhaltung,“ 11 Februar 2020. [Online]. [https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/\\_Tiere/Nutztiere/200211-empfehlung-kompetenznetzwerk-nutztierhaltung.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=3](https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Tiere/Nutztiere/200211-empfehlung-kompetenznetzwerk-nutztierhaltung.pdf?__blob=publicationFile&v=3). [Zugriff am 27 Juli 2021].
- [2] Zukunftskommission Landwirtschaft, „Zukunft Landwirtschaft. Eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe,“ Juli 2021. [Online]. [https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/\\_Landwirtschaft/abschlussbericht-zukunftskommission-landwirtschaft.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Landwirtschaft/abschlussbericht-zukunftskommission-landwirtschaft.pdf?__blob=publicationFile&v=2). [Zugriff am 27 Juli 2021].
- [3] DPA, „Handel setzt auf mehr Tierwohl: Abschied vom Billigfleisch,“ Die Zeit, 01 Juli 2021. [Online]. <https://www.zeit.de/news/2021-07/01/einzelhandel-abschied-vom-billigfleisch-geht-weiter>. [Zugriff am 27 Juli 2021].
- [4] Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, „Richtlinie Bayerisches Programm Tierwohl (BayProTier),“ *Bayerisches Ministerialblatt*, 2023.
- [5] Statistisches Bundesamt, „Land- und Forstwirtschaft, Fischerei. Stallhaltung, Weidehaltung 2020,“ 4 August 2021. [Online]. [https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Produktionsmethoden/Publikationen/Downloads-Produktionsmethoden/stallhaltung-weidehaltung-tb-5411404209004.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Produktionsmethoden/Publikationen/Downloads-Produktionsmethoden/stallhaltung-weidehaltung-tb-5411404209004.pdf?__blob=publicationFile). [Zugriff am 16 August 2021].
- [6] Statistisches Bundesamt, „Viehhaltung Fachserie 3 Reihe 2.1.3. März 2021,“ 2021.
- [7] Staatsministeriums für Ernährung, Landwirtschaft, „Bayerischer Landtag Drucksache 17/19441,“ 19 November 2017. [Online]. [https://www.bayern.landtag.de/www/ElanTextAblage\\_WP17/Drucksachen/Schriftliche%20Anfragen/17\\_0019441.pdf](https://www.bayern.landtag.de/www/ElanTextAblage_WP17/Drucksachen/Schriftliche%20Anfragen/17_0019441.pdf). [Zugriff am 26 Juli 2021].
- [8] Statistisches Bundesamt (Destatis), „Viehbestand - Fachserie 3 Reihe 4.1 - 3. November 2021,“ 2022.
- [9] J. Oldenburg, Geruchs- und Ammoniak-Emissionen aus der Tierhaltung, Darmstadt: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, 1989.
- [10] VDI 3894 Blatt 1:2011-09: Emissionen und Immissionen aus Tierhaltungsanlagen - Haltungsverfahren und Emissionen - Schweine, Rinder, Geflügel, Pferde.
- [11] U. Wolf, B. Eurich-Menden, G. Dehler, A. Smirnov und D. Horlacher, „Wie beeinflusst Auslaufhaltung die Ammoniakemissionen aus Mastschweineeställen?,“ *LANDTECHNIK*, Bd. 78 Nr. 3 (2023).
- [12] Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V., „Verbundvorhaben Emissionsminderung Nutztierhaltung,“ 2021. [Online]. <https://www.ktbl.de/themen/emimin>. [Zugriff am 26 Juli 2021].
- [13] LUFA NORD-WEST, „Abschlussbericht – Emissionsmessungen an Außenklimaställen in der Schweinehaltung,“ 22 Januar 2019. [Online]. <https://umwelt.hessen.de/sites/default/files/media/hmuelv/endberidchtumhessen230120.pdf>. [Zugriff am 27 Juli 2021].

- [14] A. Loussouarn, S. Lagadec, P. Robin und M. Hassouna, „Raclage en « V » : bilan environnemental et zootechnique lors de sept années de fonctionnement à Guernévez,“ Bd. Journées Recherche Porcine, Nr. 46, 2014.
- [15] G. D. Stalljohan, S. D. Schneider, H. D. Spiekers und D. D. Kampf, „N-/P-reduzierte Schweinefütterung im Fokus!“, *DLG kompakt*, 6 2020.
- [16] T. Bauer, J. Böhmfeld, S. Bönsch, B. Feller, B. D. Formowitz, G. Franke, S. Fritzsche, E. Grimm, S. Häuser, C. D. Jais, H. D. Janssen, D. D. Lösel, J. Menning, E. D. Meyer und S. Nesper, Gesamtbetriebliches Haltungskonzept Schwein - Mastschweine, Bonn: Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, 2021.
- [17] N. Recharla, K. Kim, J. Park, J. Jeong, Y. Jeong, H. Lee, O. Hwang, J. Ryu, Y. Baek, Y. Oh und S. Park, „Effects of amino acid composition in pig diet on odorous compounds and microbial characteristics of swine excreta,“ *Journal of animal science and technology*, S. 28, 11 Dezember 2017.
- [18] S. Trabue, B. Kerr, K. Scoggin, D. Andersen und M. v. Weelden, „Swine diets impact manure characteristics and gas emissions: Part I protein level,“ *Science of The Total Environment*, Bd. 2, 10 Februar 2021.
- [19] D. P. Le, Odor from pig production: its relation to diet, Wageningen, 2006.
- [20] S. Trabue, B. Kerr, K. Scoggin, D. Andersen und M. v. Weelden, „Swine diets impact manure characteristics and gas emissions: Part II protein source,“ *Science of The Total Environment*, 1 April 2021.
- [21] J. Hartung und B. Spindler, „Beschäftigungsmaterial und Einstreu versus Partikelbelastung in der Nutztierhaltung - Probleme und Lösungsansätze,“ *Nutztierschutztagung Gumpenstein*, S. 55-61, 29 Mai 2008.
- [22] VDI 4255 Blatt 4:2017-03. Bioaerosole und biologische Agenzien. Emissionsfaktoren für Schweinehaltung..
- [23] T. M. Banhazi, „Quantification of Environmental Conditions in Australian Livestock Buildings,“ *2012 IX International Livestock Environment Symposium (ILES IX). 2012 IX International Livestock Environment Symposium (ILES IX). St. Joseph, MI: American Society of Agricultural and Biological Engineers.*, 2012.
- [24] J. Seedorf, J. Hartung, M. Schröder, K. H. Linkert, V. R. Phillips, M. R. Holden, R. W. Sneath, J. L. Short, R. P. White, S. Pedersen, H. Takai, J. O. Johnsen, J. Metz, P. Groot Koerkamp, G. H. Uenk und C. M. Wathes, „Concentrations and Emissions of Airborne Endotoxins and Microorganisms in Livestock Buildings in Northern Europe,“ *Journal of Agricultural Engineering Research*, Bd. 70, Nr. 1, S. 97–109, 1998.
- [25] Y. Zhao, A. J. A. Aarnink, M. C. M. d. Jong und P. W. G. Groot Koerkamp, „Airborne Microorganisms From Livestock Production Systems and Their Relation to Dust,“ *Critical reviews in environmental science and technology*, Nr. 10, S. 1071–1128, 2014.
- [26] N. Stefan und E. Grimm, „Umweltwirkungen verschiedener Stallsysteme für die Schweinemast und Maßnahmen zur Ammoniakreduzierung,“ *Schweinehaltung Neue Herausforderungen meistern!*, S. 53-61, 2019.
- [27] K.-H. Krause, „Erfassung und Beurteilung der Geruchsausbreitung mit der Methode der begehungs-kalibrierten Ausbreitungsrechnung,“ *Geruchsemissionen der Landwirtschaft*, Bd. Arbeitspapier 244, 1997.
- [28] M. Piringer, W. Knauder, E. Petz und G. Schauburger, „Site-dependent decrease of odour-related peak-to-mean factors with distance,“ *Adv. Sci. Res.*, Nr. 11, S. 69-73, 2014.

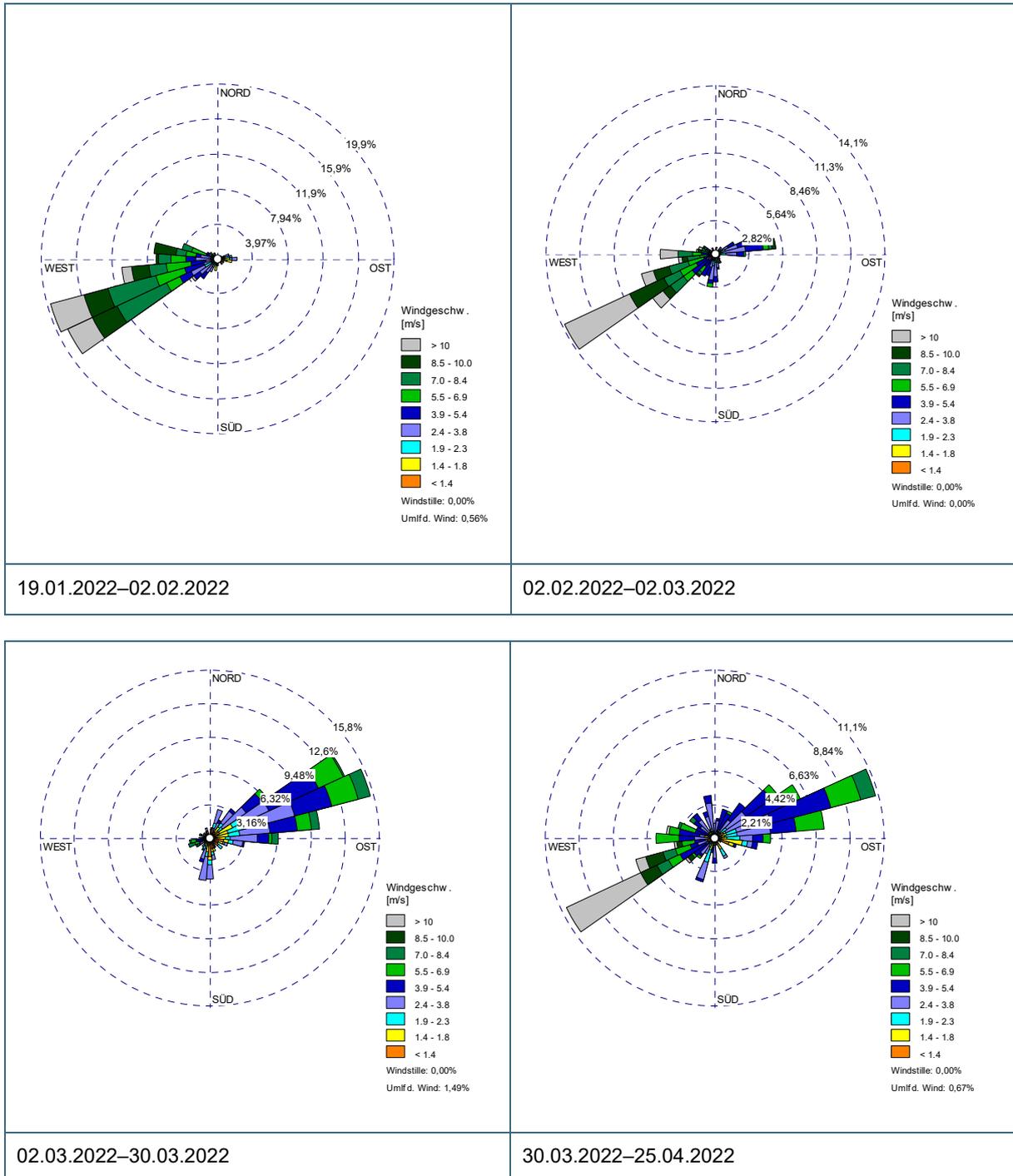
- [29] M. Piringer, W. Knauder, E. Petz und G. Schaubberger, „A comparison of separation distances against odour annoyance calculated with two models,“ *Atmospheric Environment*, Nr. 116, S. 22–35, 2015.
- [30] G. Schaubberger, M. Piringer, R. Schmitzer, M. Kamp, A. Sowa, R. Koch, W. Eckhof, E. Grimm, J. Kypke und E. Hartung, „Concept to assess the human perception of odour by estimating short-time peak concentrations from one-hour mean values. Reply to a comment by Janicke et al,“ *Atmospheric Environment*, Nr. 54, S. 624–628, 2012.
- [31] U. Janicke und L. Janicke, „Berücksichtigung von Konzentrationsfluktuationen in AUSTAL200/G,“ in *Gerüche in der Umwelt*, Baden-Baden, 2013.
- [32] L. Janicke und U. Janicke, „Berichte zur Umweltphysik - Die Entwicklung des Ausbreitungsmodell AUSTAL2000G,“ März 2007. [Online]. <http://www.janicke.de/data/bzu/bzu-005-02.pdf>.
- [33] M. Lee, J. A. Koziel, W. Murphy, W. S. Jenks, B. Chen, P. Li und C. Banik, „Mitigation of Odor and Gaseous Emissions from Swine Barn with UV-A and UV-C Photocatalysis,“ *Atmosphere*, 2021 (5).
- [34] Š. Nosek, Z. Jaňour, D. Janke, Q. Yi, A. Aarnink, S. Calvet, M. Hassouna, M. Jakubcová, P. Demeyer und G. Zhang, „Review of Wind Tunnel Modelling of Flow and Pollutant Dispersion within and from Naturally Ventilated Livestock Buildings,“ *Applied Sciences*, Bd. 3783, Nr. 11, 2021.
- [35] A. Weidmann-Rose, „Tierwohl contra Immissionsschutz? Erste Vergleiche der Resultate von Fahnenmessungen mit Prognosewerten nach Richtlinie VDI 3894 Blatt 1,“ *Gerüche in der Umwelt*, S. 61-70, 2021.
- [36] D. Oettl, E. Zentner, A. Zentner, R. Mair, H. Oettl und M. Kropsch, „Assessment of Odour and Ammonia Impacts for a Novel Fattening Piggery Tailored for Animal Welfare and Low Emission Rates,“ *Atmosphere*, Nr. 1, S. 75, 2023.
- [37] D. Oettl und E. Ferrero, „Ein neues Modell zur Berechnung von Geruchsstunden im Rahmen von Genehmigungsverfahren,“ *VDI Gerüche in der Umwelt*, 2017.
- [38] Landesamt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg; Bayerisches Landesamt für Umwelt, „Erstellung von Polaritätenprofilen für das Konzept Gestank und Duft für die Tierarten Mastbullen, Pferde und Milchvieh,“ 2017. [Online]. <https://www.lfu.bayern.de/luft/mustergutachten/index.htm>. [Zugriff am 27 Juli 2021].
- [39] TÜV Austria Services GmbH, „Geruchsbegehungen mittels Fahnenmessung in Meggenhofen und Rückrechnung Geruchsstoffstrom mittels Ausbreitungsmodell,“ 30 Juni 2018. [Online]. <https://www.ooe-umweltanwaltschaft.at/Mediendateien/Geruchsbegehung%20Meggenhofen.pdf>. [Zugriff am 27 Juli 2021].
- [40] K. Schöpf und A. Gronauer, „Geruchsimmissionen durch Außenklimaställe für Schweine,“ *Landtechnik*, Nr. 4, 2003.
- [41] K. Kwiatkowski und R. Both, „Ermittlung des Belästigungspotentials von Gerüchen ausgehend von Mastschweineeställen mit Auslauf mittels Polaritätenprofilen,“ *Gerüche in der Umwelt*, S. 53 - 60, 2021.
- [42] M. Keck, M. Frei, B. Steiner und S. Schrade, „Synthesis of the attenuation of odour intensity with distance of cattle and pig husbandry as well as animal husbandry combined with biogas facilities,“ *Chemical Engineering Transactions*, Bd. 68.

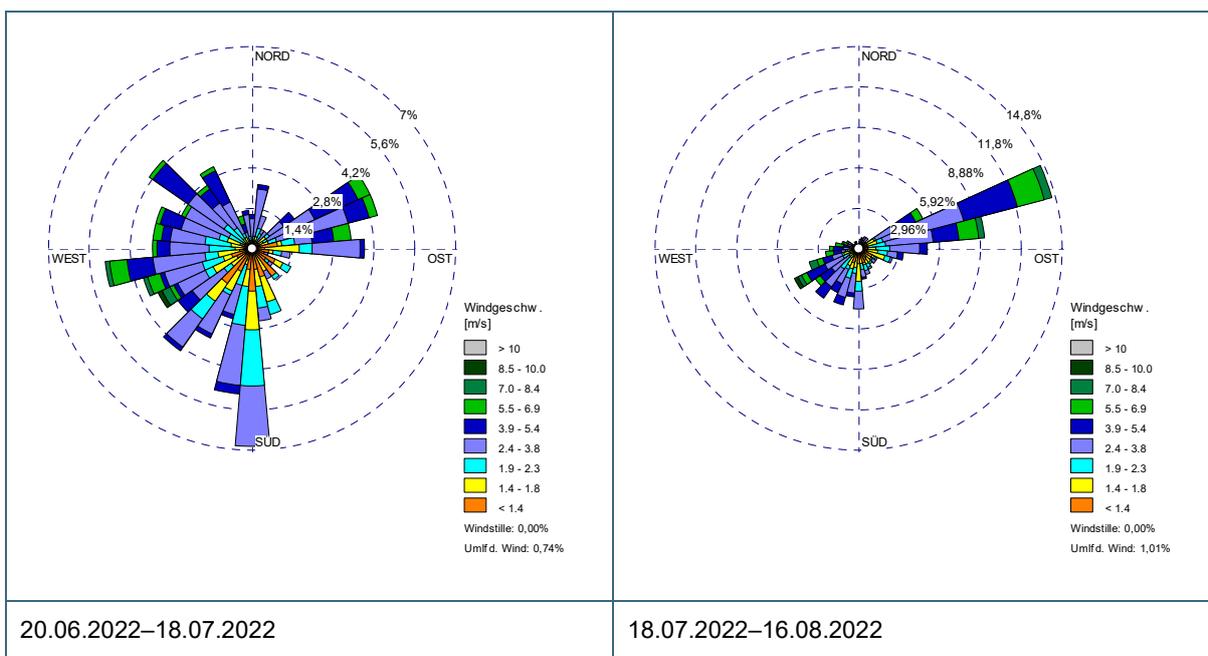
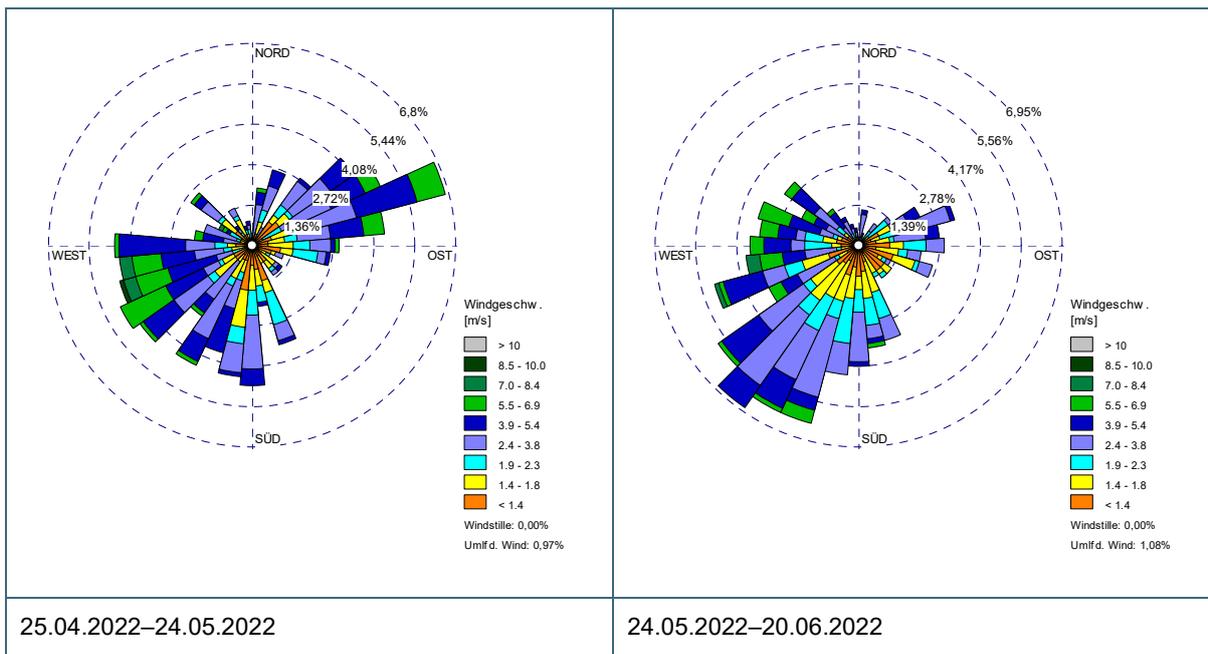
- [43] Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz, 02 2024. [Online]. <https://www.stmuv.bayern.de/themen/luftreinhaltung/massnahmen/tierwohlstaele/index.htm>.
- [44] Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik, „Wege zu einer gesellschaftlich akzeptierten Nutztierhaltung,“ 2015. [Online]. [https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/\\_Ministerium/Beiraete/agrarpolitik/GutachtenNutztierhaltung.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Ministerium/Beiraete/agrarpolitik/GutachtenNutztierhaltung.pdf?__blob=publicationFile&v=2).
- [45] DIN EN 16841-2:2017-03. Außenluft - Bestimmung von Geruchsstoffimmissionen durch Begehungen - Teil 2: Fahnenmessung; Deutsche Fassung EN 16841-2:2016.
- [46] VDI 3940 Blatt 4:2010-06. Bestimmung der hedonischen Geruchswirkung - Polaritätenprofile.
- [47] VDI 3940 Blatt 3:2010-01. Bestimmung von Geruchsstoffimmissionen durch Begehungen - Ermittlung von Geruchsintensität und hedonischer Geruchswirkung im Feld.
- [48] VDI 3869 Blatt 4:2012-03. Messen von Ammoniak in der Außenluft - Probenahme mit Passivsammlern - Fotometrische oder ionenchromatografische Analyse.
- [49] DIN ISO 15923-1:2014-07. Wasserbeschaffenheit - Bestimmung von ausgewählten Parametern mittels Einzelanalysensystemen - Teil 1: Ammonium, Nitrat, Nitrit, Chlorid, Orthophosphat, Sulfat und Silikat durch photometrische Detektion (ISO 15923-1:2013).
- [50] *VDI 4320 Blatt 1:2010-01. Messung atmosphärischer Depositionen - Probenahme mit Bulk- und Wet-only-Sammlern - Grundlagen.*
- [51] DIN EN ISO 10304-1:2009-07. Wasserbeschaffenheit - Bestimmung von gelösten Anionen mittels Flüssigkeits-Ionenchromatographie - Teil 1: Bestimmung von Bromid, Chlorid, Fluorid, Nitrat, Nitrit, Phosphat und Sulfat (ISO 10304-1:2007).
- [52] VDI 3786 Blatt 2:2018-05. Umweltmeteorologie - Meteorologische Messungen - Wind
- [53] M. Kersten und C. Seuffert, „Geruchsimmissionsmessungen an Außenklimaställen mit Schweinehaltung - Bericht Nr. 164668/23,“ München, 2024.
- [54] Bayerisches Landesamt für Umwelt, „Stickstoff-Deposition aus dem Niederschlag zur Anwendung in Genehmigungsverfahren,“ [Online]. [https://www.lfu.bayern.de/luft/schadstoffe\\_luft/eutrophierung\\_versauerung/n\\_deposition/index.htm](https://www.lfu.bayern.de/luft/schadstoffe_luft/eutrophierung_versauerung/n_deposition/index.htm). [Zugriff am 01 04 2024].
- [55] VDI 3894 Blatt 2:2012-11. Emissionen und Immissionen aus Tierhaltungsanlagen - Methode zur Abstandsbestimmung - Geruch..
- [56] Ad-Hoc-Expertengruppe "Immissionsschutz und Tierwohl", *Hinweise zur Konkretisierung qualitätsgesicherter Haltungsverfahren in der Schweinemast, die nachweislich dem Tierwohl dienen, im Vollzug der Nummer 5.4.7.1 der TA Luft (nicht veröffentlicht).*
- [57] Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz, *Vollzugsschreiben vom 08.07.2022.*

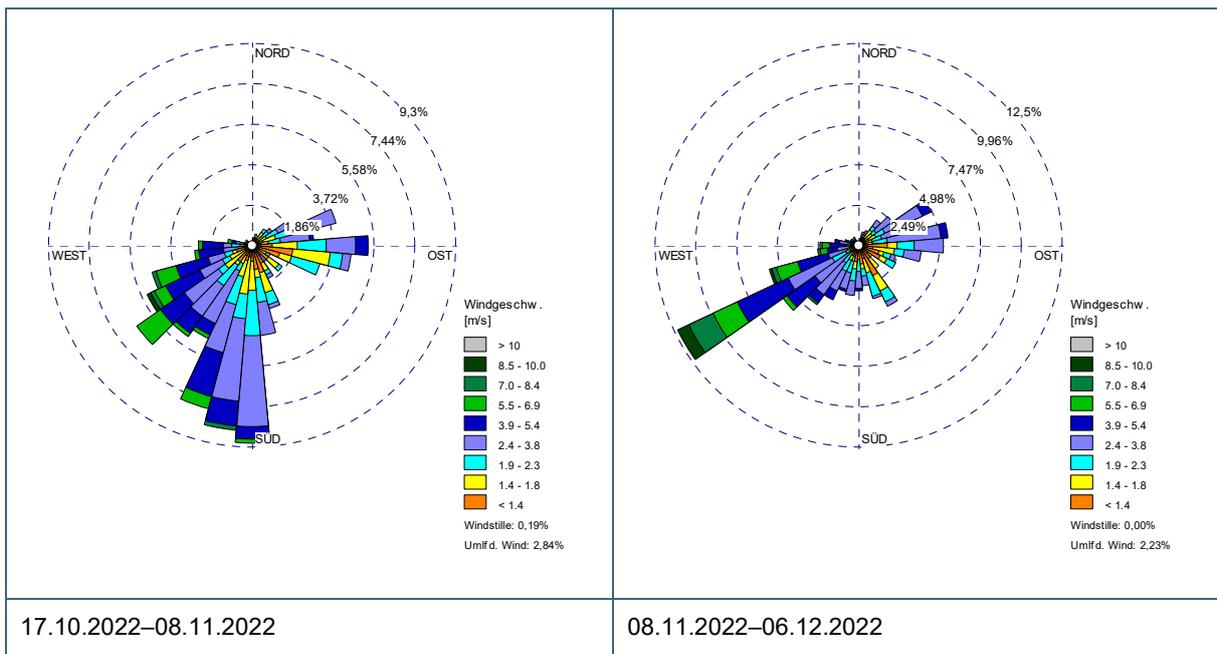
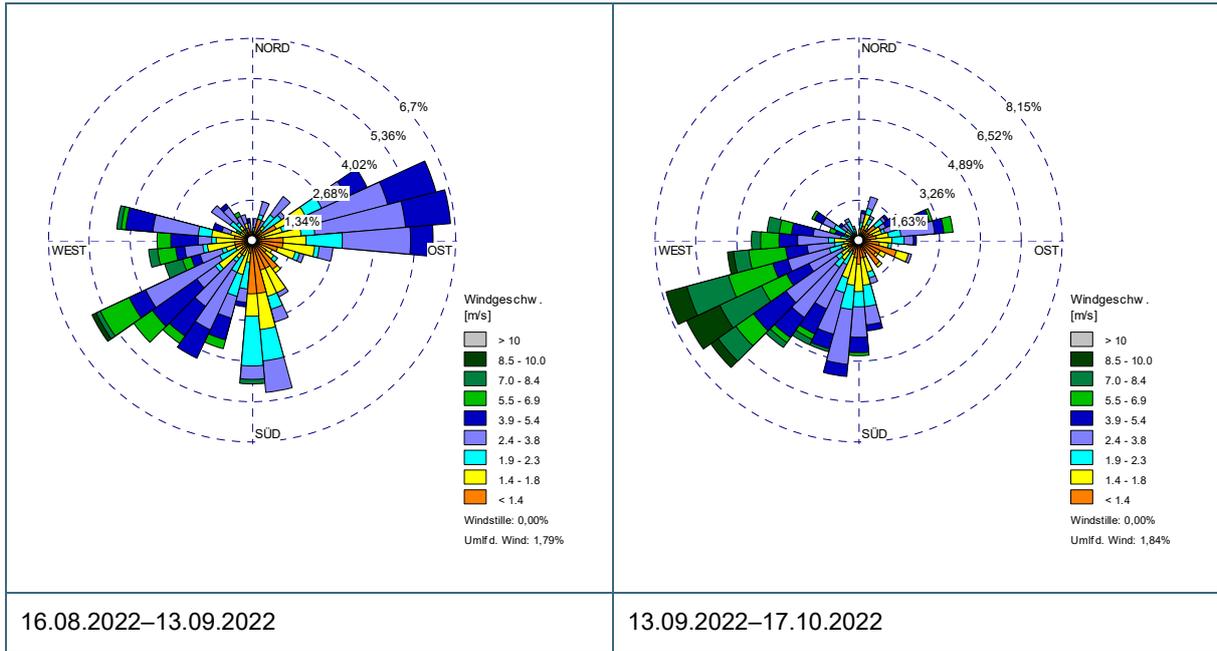
# A Anhang

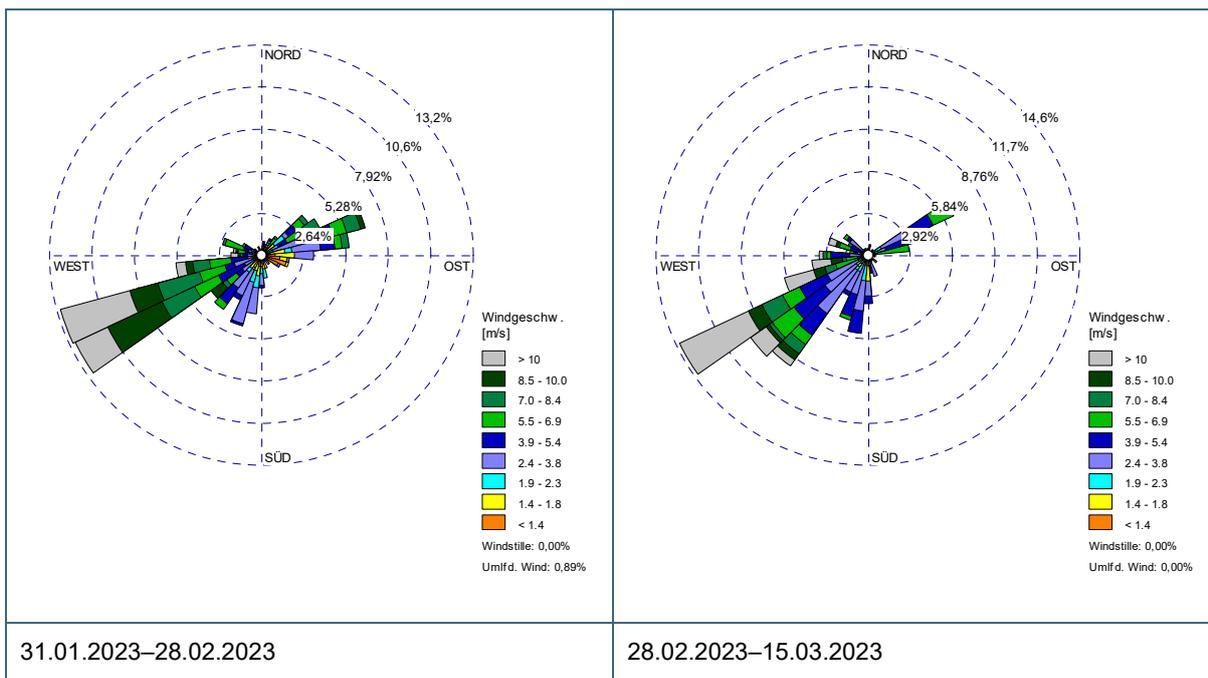
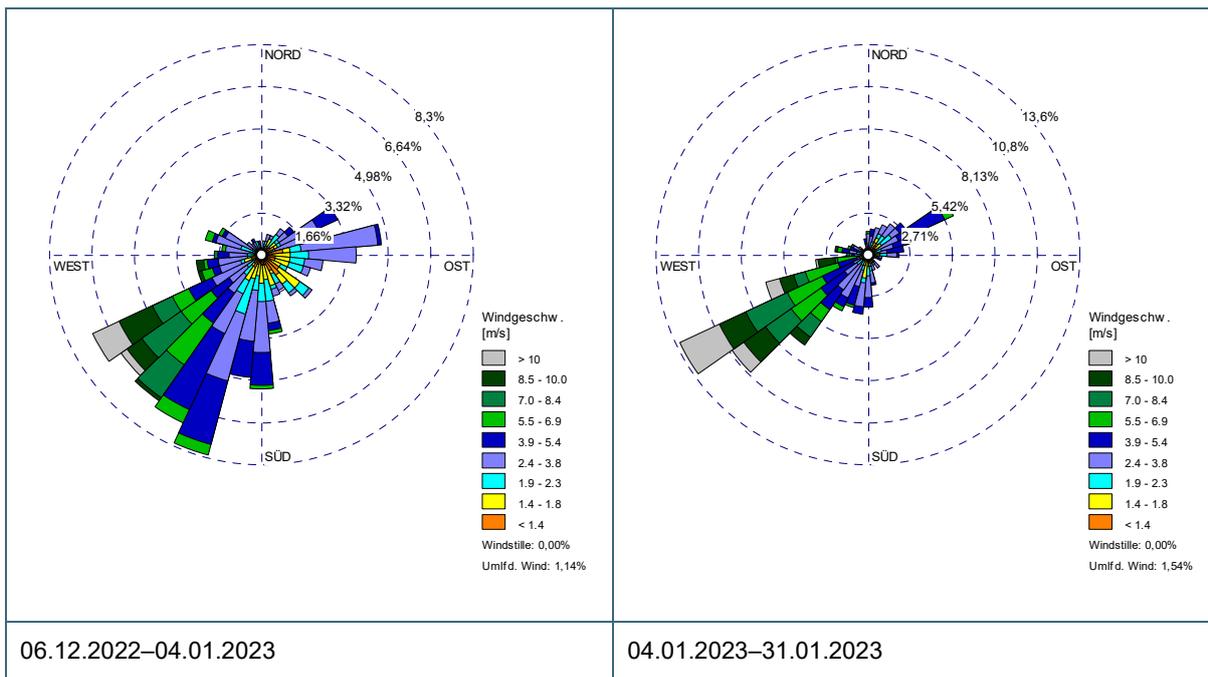
## A.1 Ergebnisse der meteorologischen Messung am Standort M1

Die Messperiode für die meteorologischen Messungen war vom 19.01.2022 bis 15.03.2023. Die letzte Messperiode sollte ursprünglich bis zum 28.03.2023 laufen, jedoch wurde die Stromversorgung am 15.03.2023 unterbrochen. Vom 02.02.2022 bis zum 10.02.2022 war die Stromversorgung ebenfalls unterbrochen. Für diesen Zeitraum liegen keine meteorologischen Messdaten vor. Die Darstellung erfolgt analog zu den Messzeiträumen der Ammoniakuntersuchung am Standort M1.

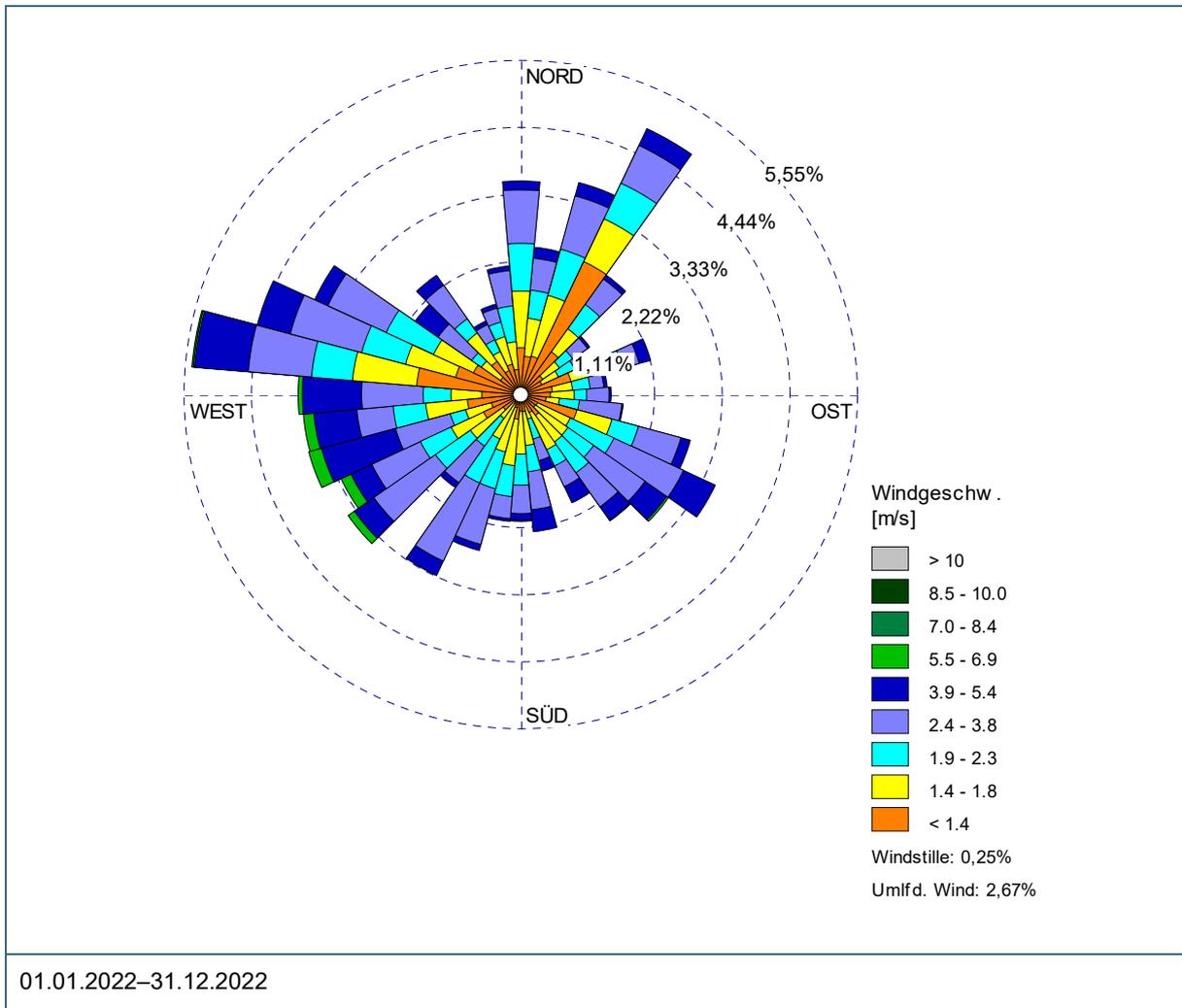








## A.2 Modellierte Windrose für den Standort S1



### A.3 Ergebnisse der Fahnenbegehung Betrieb M1, Frühling



Abb. 43: Ergebnisse der Fahnenbegehung (Frühling) am Mastschweinestall M1

### Betrieb M1, Herbst

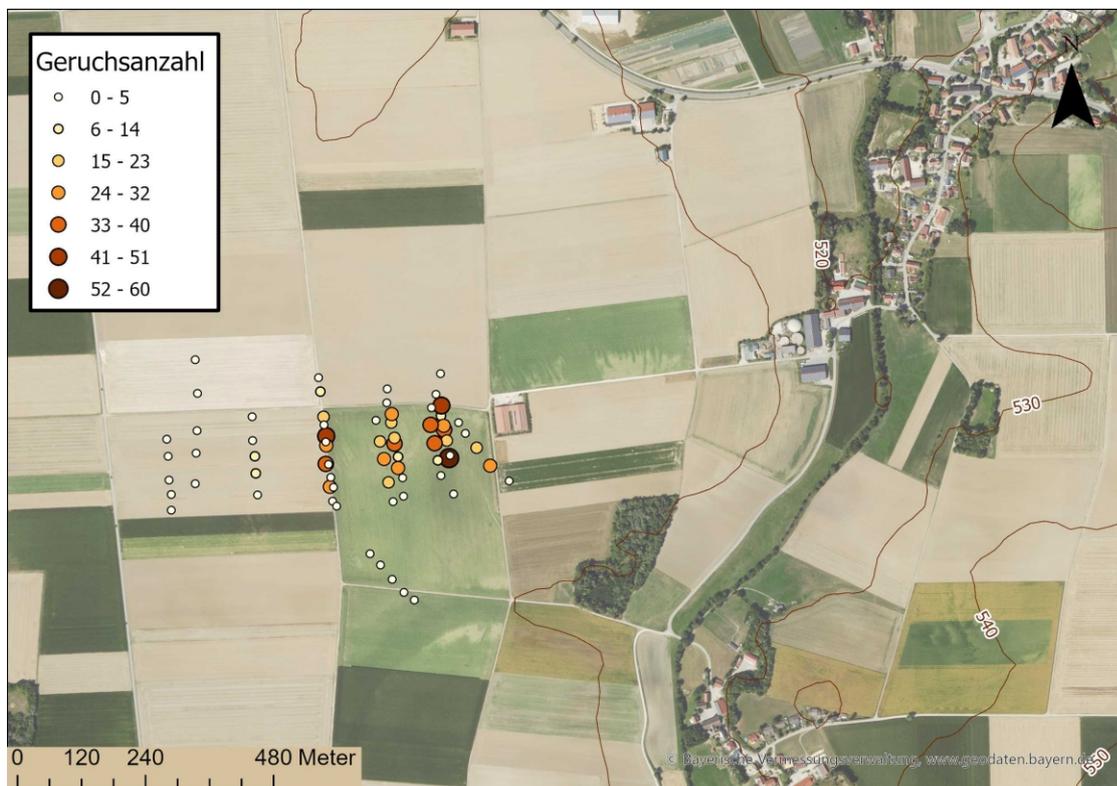


Abb. 44: Ergebnisse der Fahnenbegehung (Herbst) am Mastschweinestall M1

### Betrieb M1, Sommer



Abb. 45: Ergebnisse der Fahnenbegehung (Sommer) am Mastschweinestall M1

### Betrieb M1, Winter

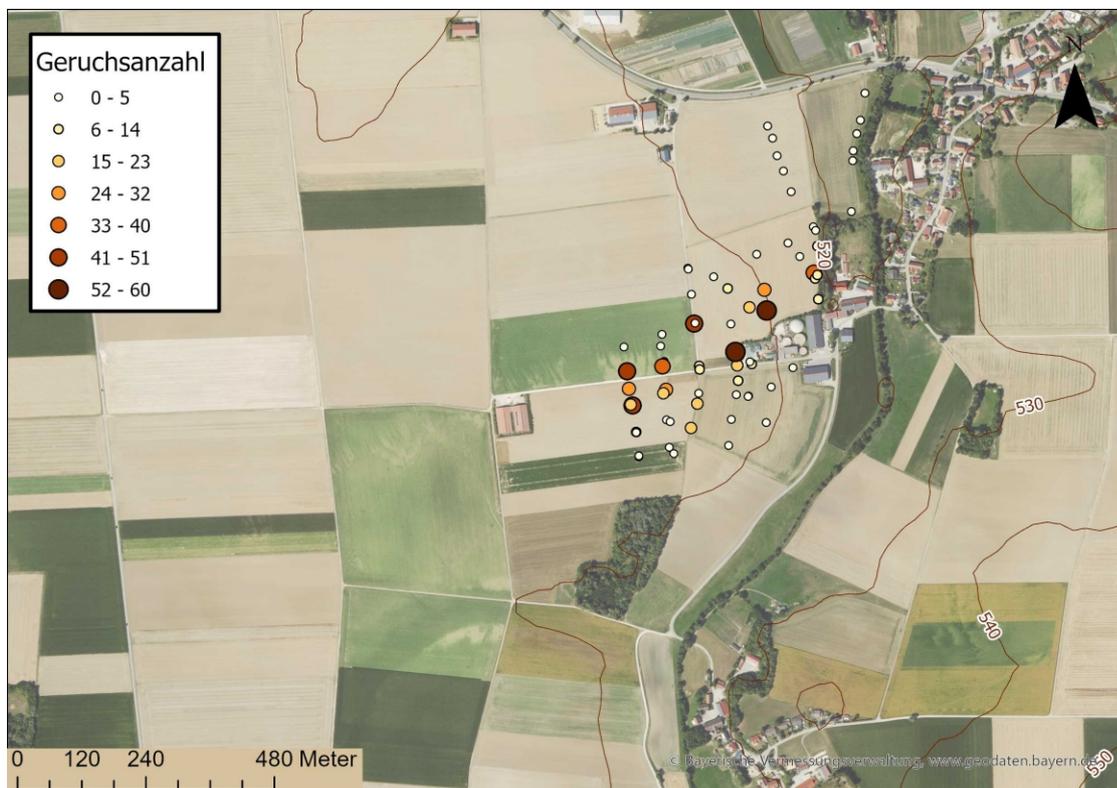


Abb. 46: Ergebnisse der Fahnenbegehung (Winter) am Mastschweinestall M1

## Betrieb M2, Frühling

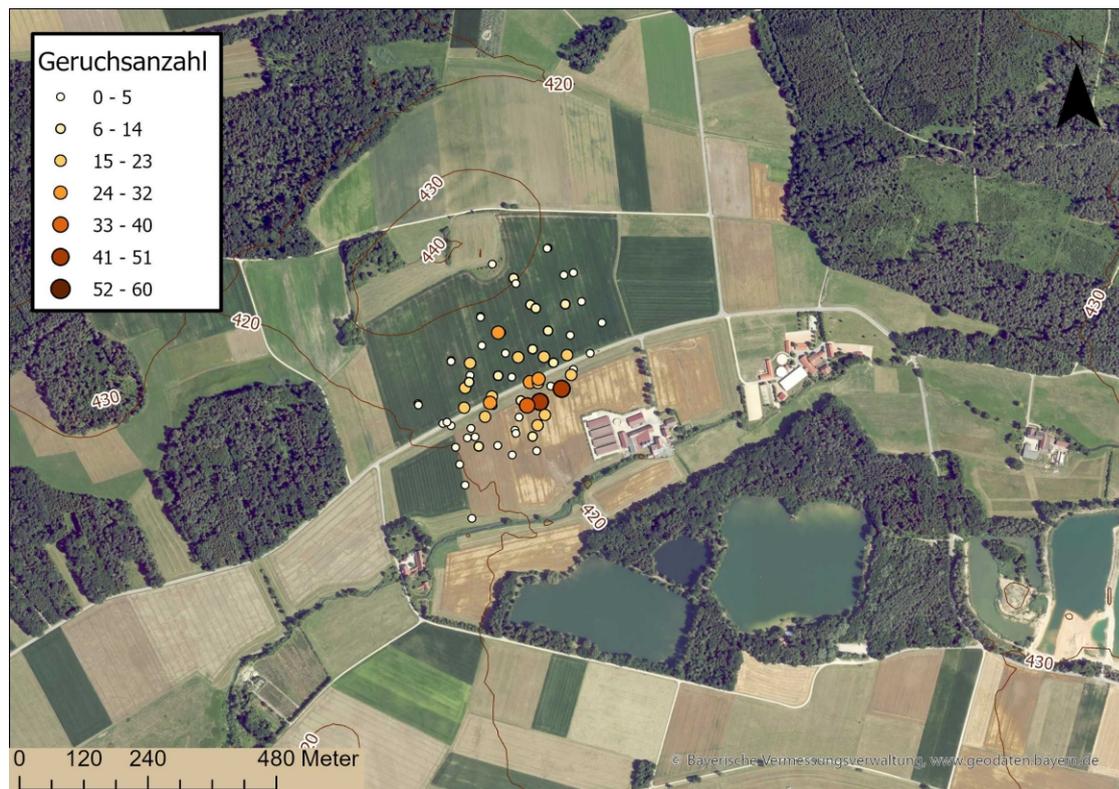


Abb. 47: Ergebnisse der Fahnenbegehung (Frühling) am Mastschweinestall M2

## Betrieb M2, Herbst

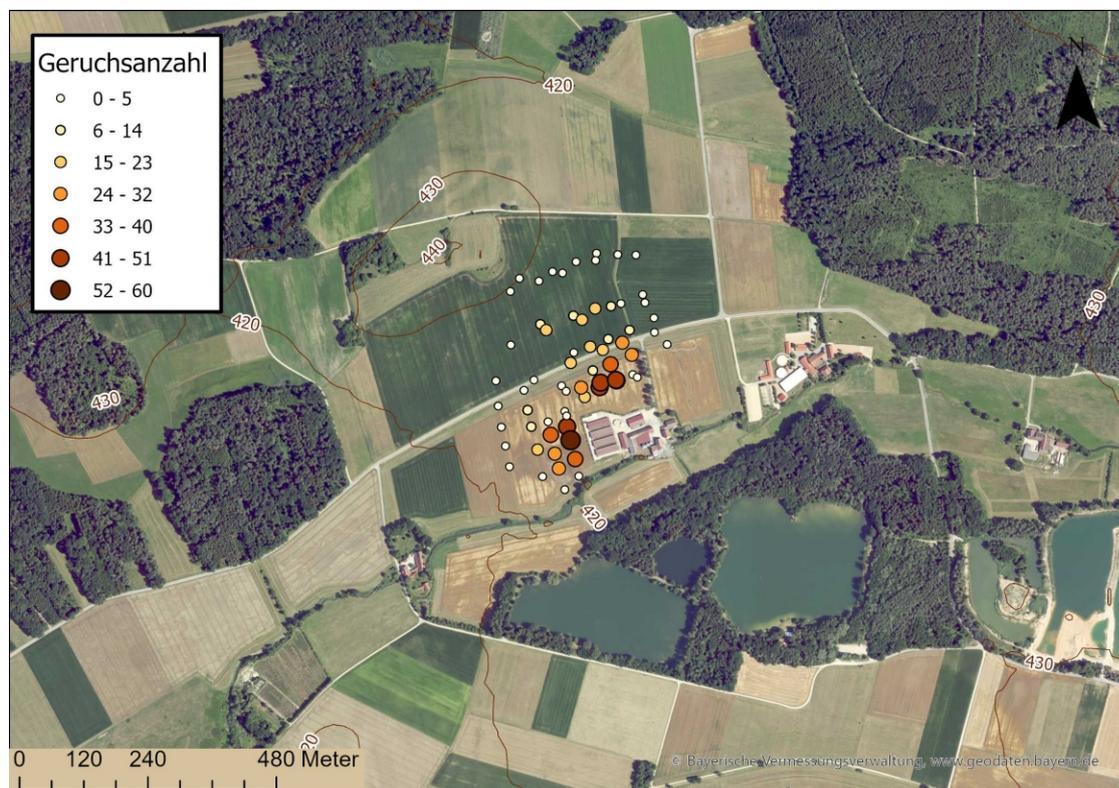


Abb. 48: Ergebnisse der Fahnenbegehung (Herbst) am Mastschweinestall M2

### Betrieb M2, Sommer

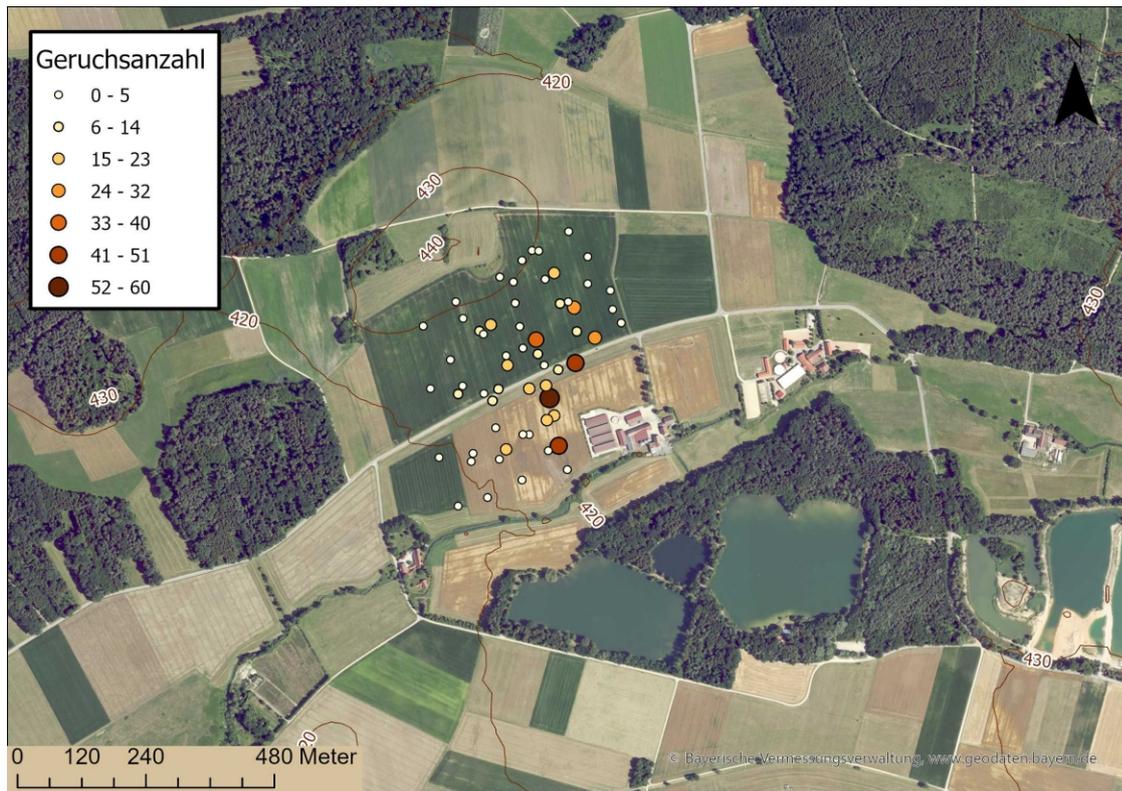


Abb. 49: Ergebnisse der Fahnenbegehung (Sommer) am Mastschweinegestall M2

### Betrieb M2, Winter

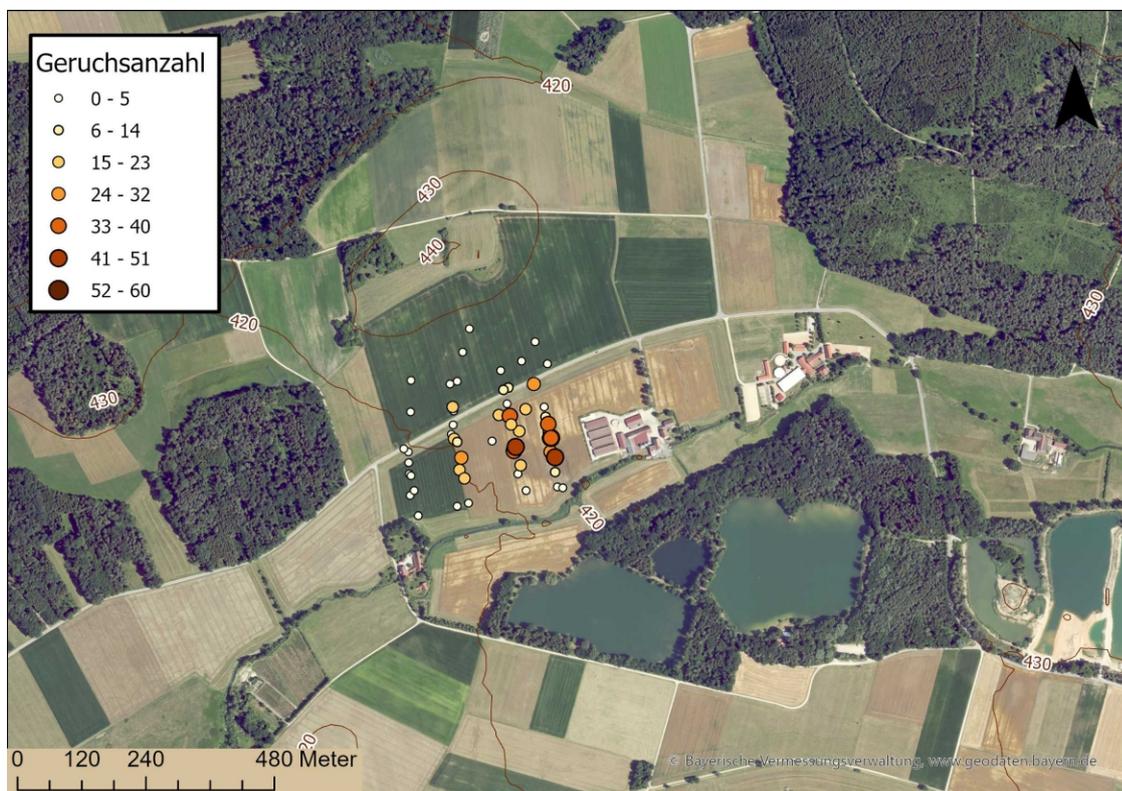


Abb. 50: Ergebnisse der Fahnenbegehung (Winter) am Mastschweinegestall M2

### Betrieb M3, Frühling

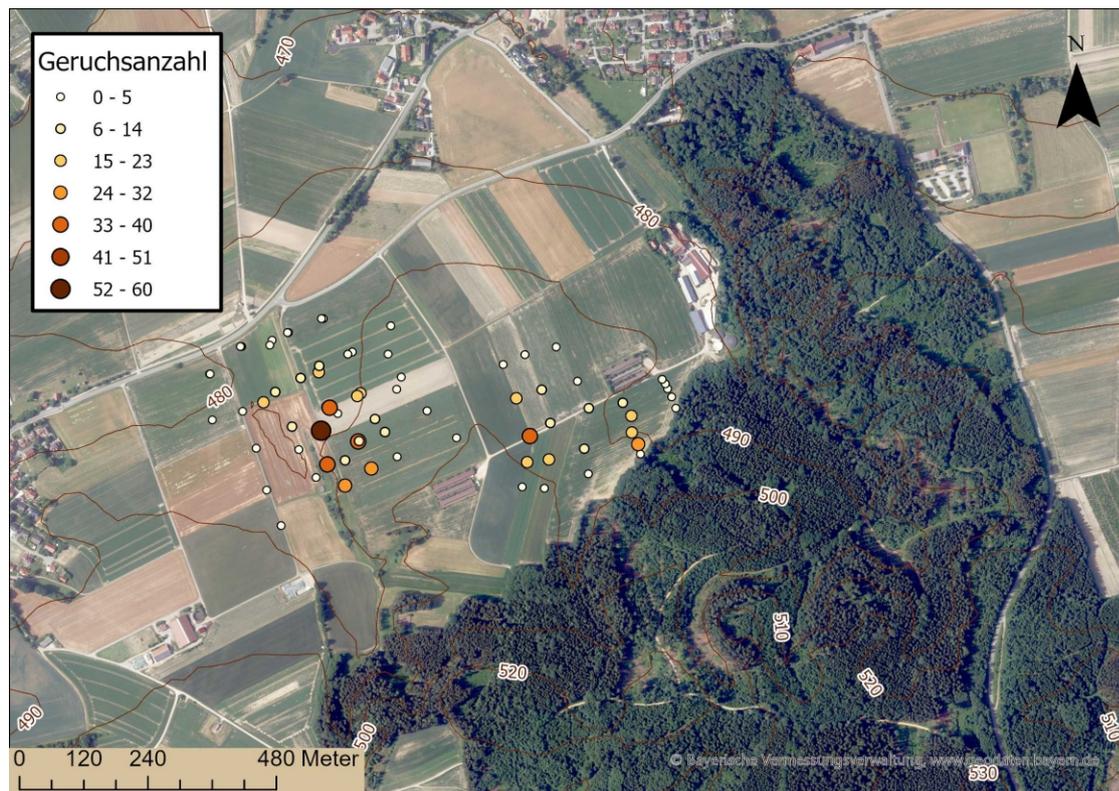


Abb. 51: Ergebnisse der Fahnenbegehung (Frühling) am Mastschweinestall M3

### Betrieb M3, Herbst

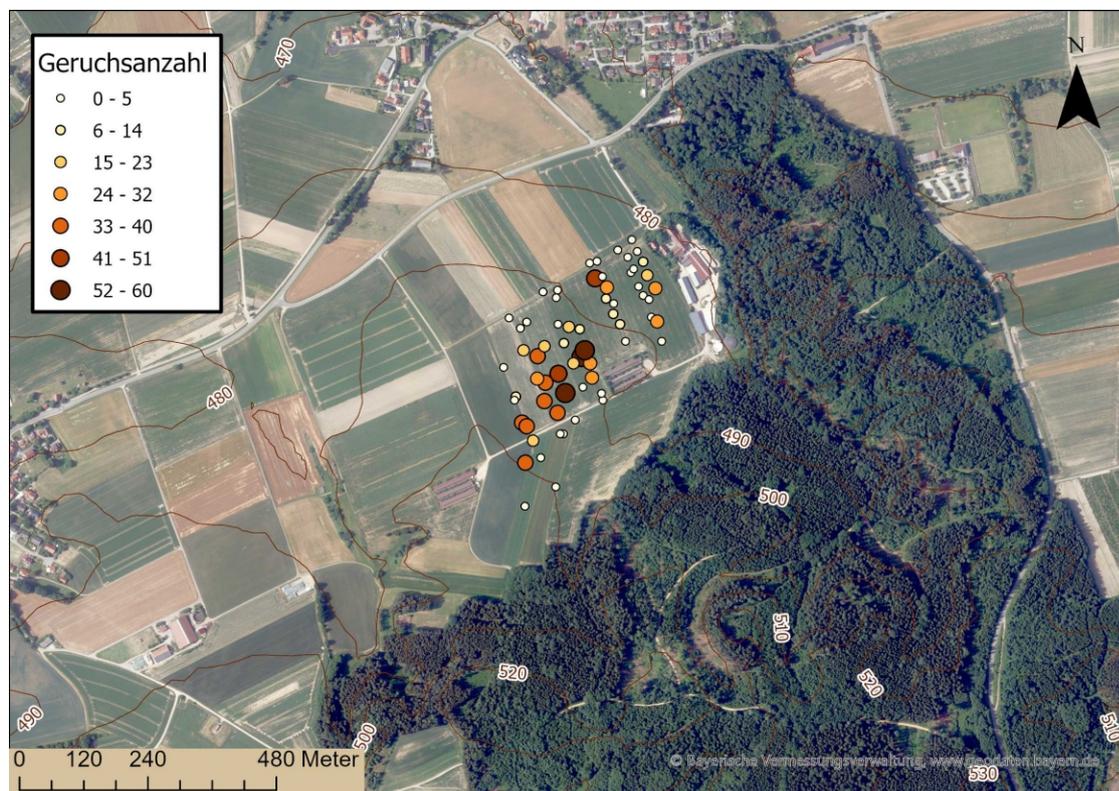


Abb. 52: Ergebnisse der Fahnenbegehung (Herbst) am Mastschweinestall M3

### Betrieb M3, Sommer

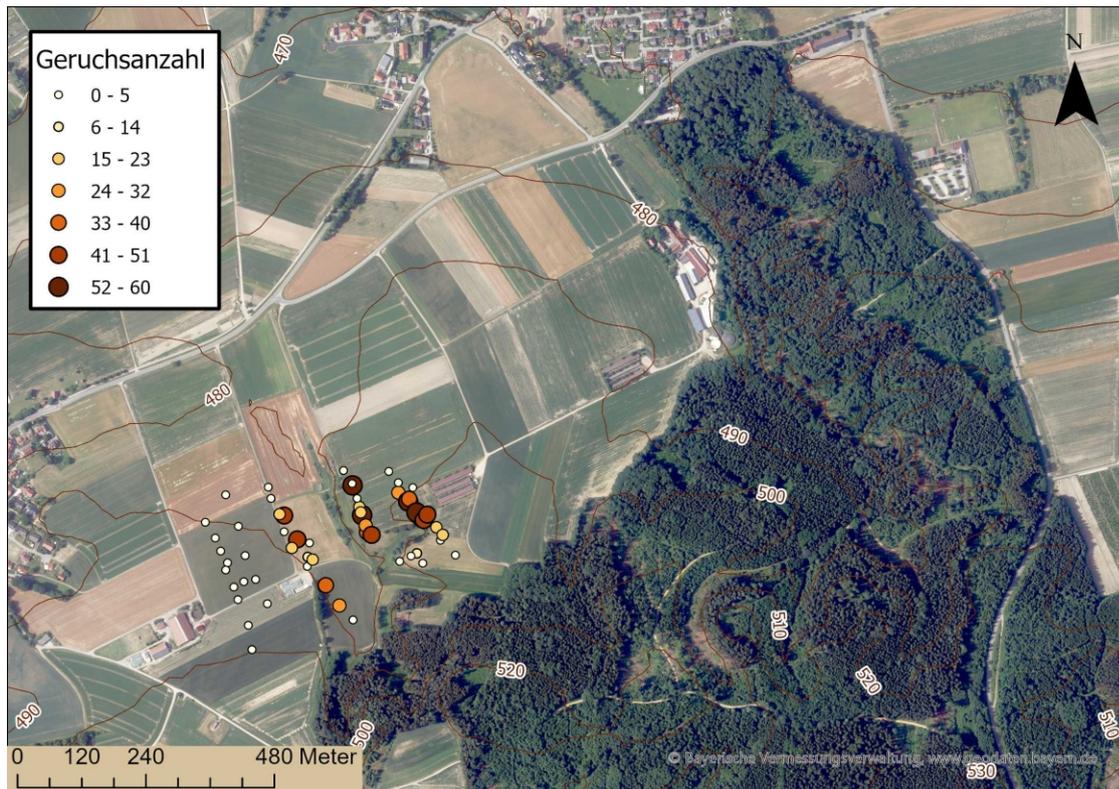


Abb. 53: Ergebnisse der Fahnenbegehung (Sommer) am Mastschweinegestall M3

### Betrieb M3, Winter

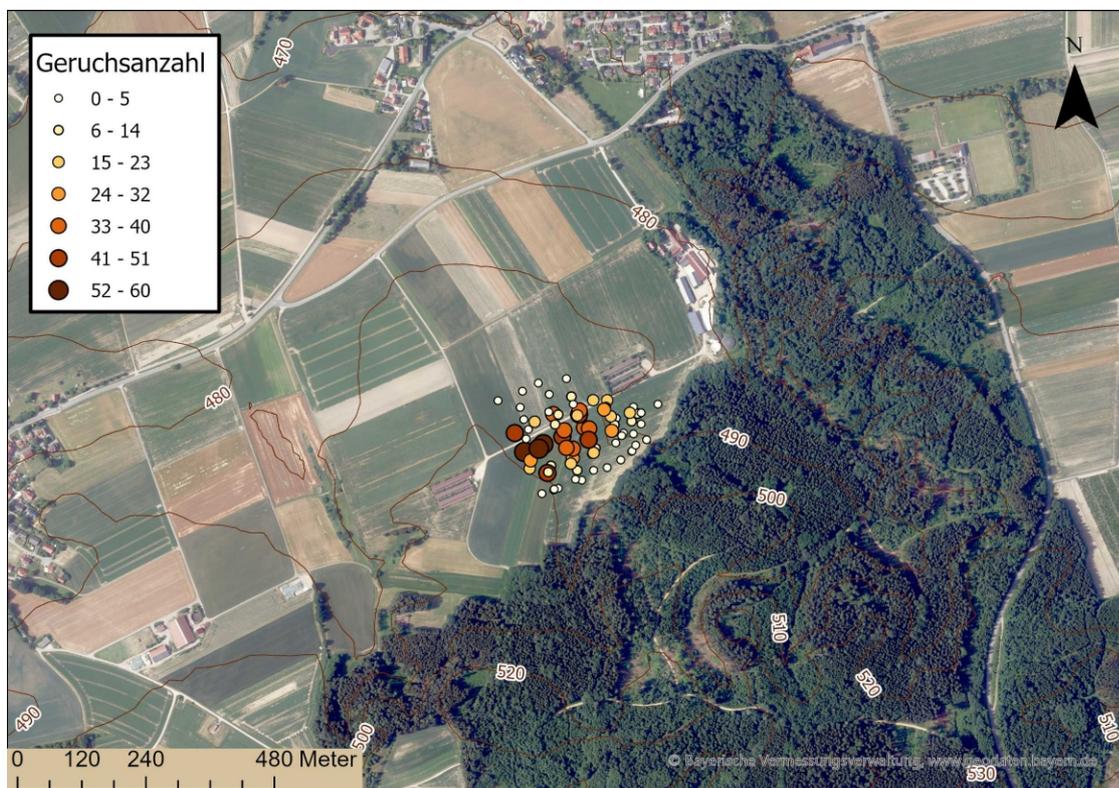


Abb. 54: Ergebnisse der Fahnenbegehung (Winter) am Mastschweinegestall M3

## Betrieb S1, Frühling

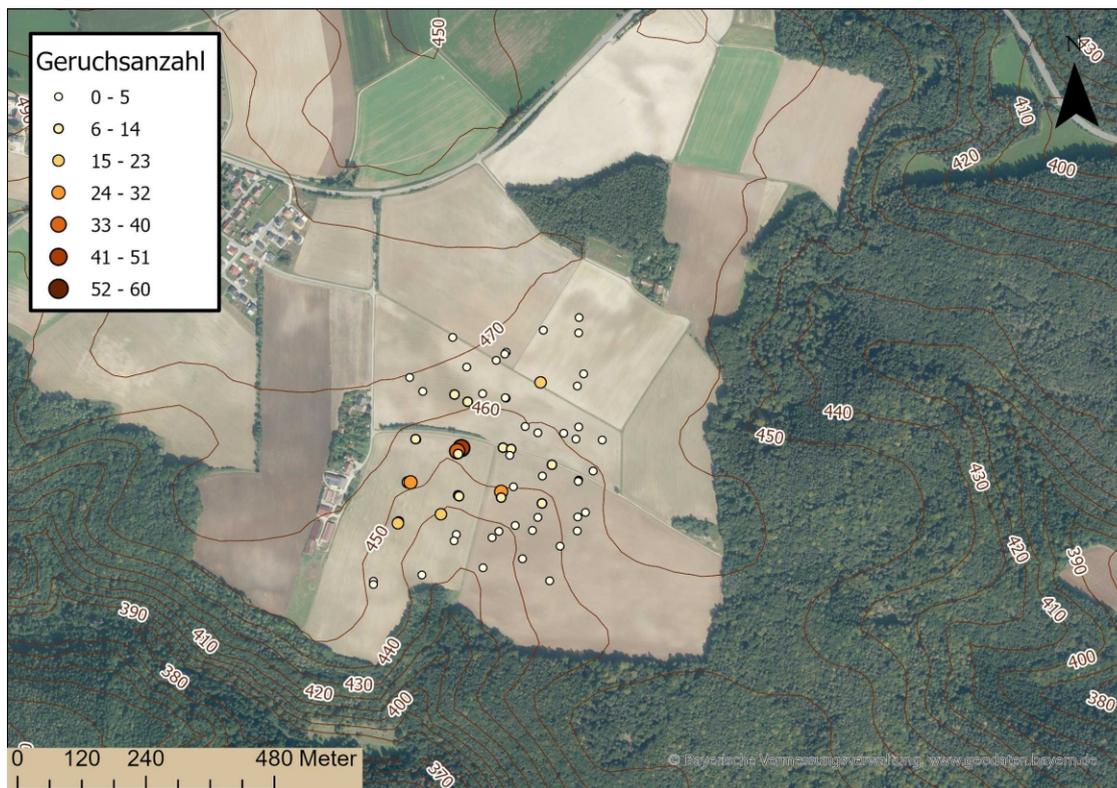


Abb. 55: Ergebnisse der Fahnenbegehung (Frühling) an der Sauenhaltung S1

## Betrieb S1, Herbst



Abb. 56: Ergebnisse der Fahnenbegehung (Herbst) an der Sauenhaltung S1

### Betrieb M1, Sommer

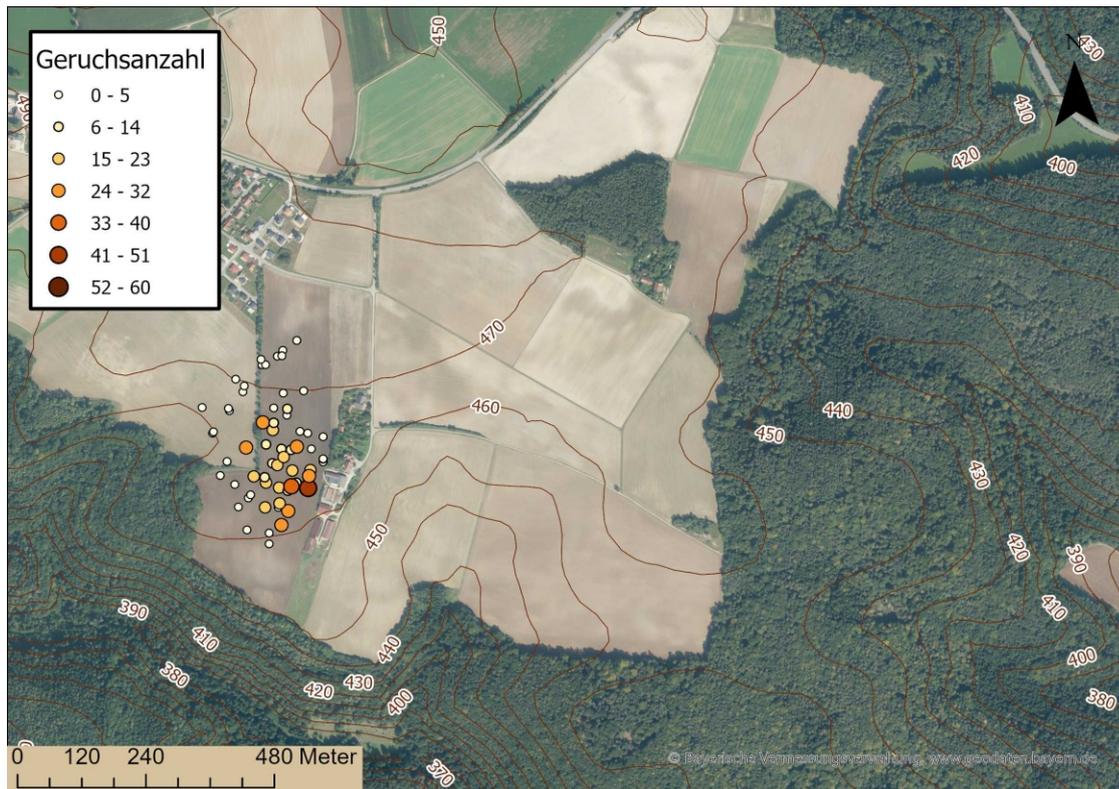


Abb. 57: Ergebnisse der Fahnenbegehung (Sommer) an der Sauenhaltung S1

### Betrieb M1, Winter

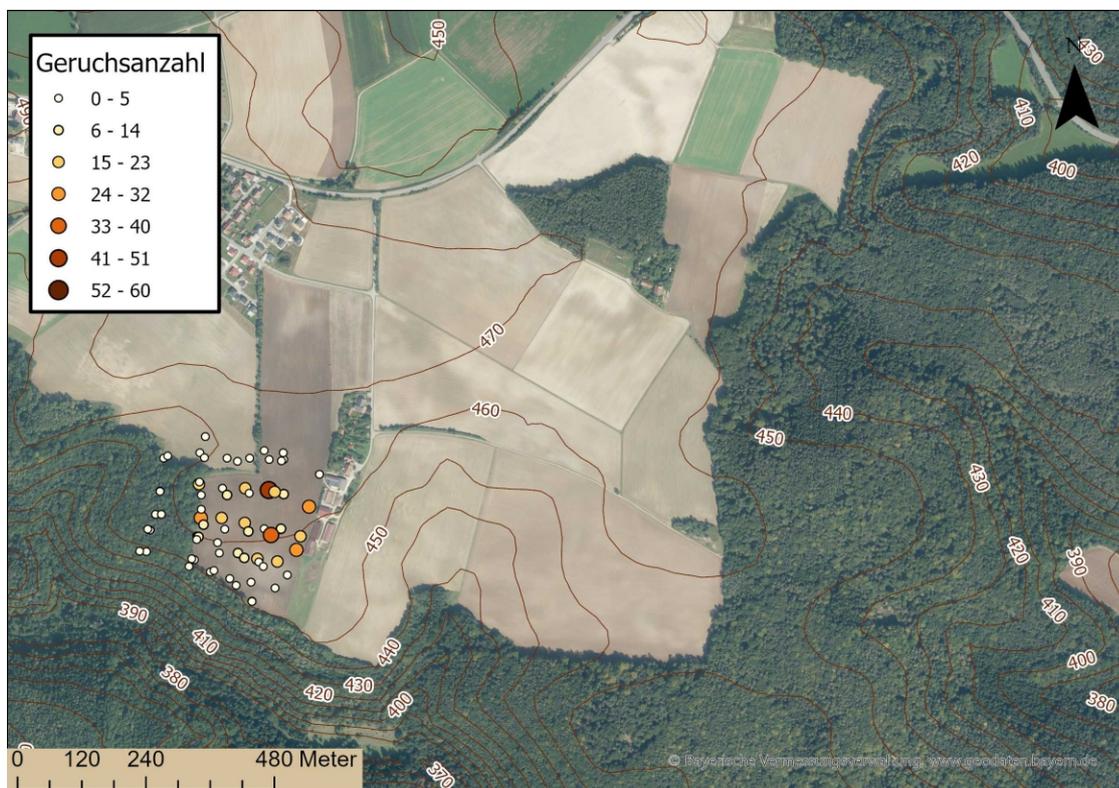


Abb. 58: Ergebnisse der Fahnenbegehung (Winter) an der Sauenhaltung S1

## A.4 Ergebnisse der Polaritätenprofile

In Abb. 59 sind die Ergebnisse der gemittelten Polaritätenprofile für die einzelnen Anlagen bei schwacher und starker Intensität im Vergleich zu den repräsentativen Gestank- und Duftprofil dargestellt.

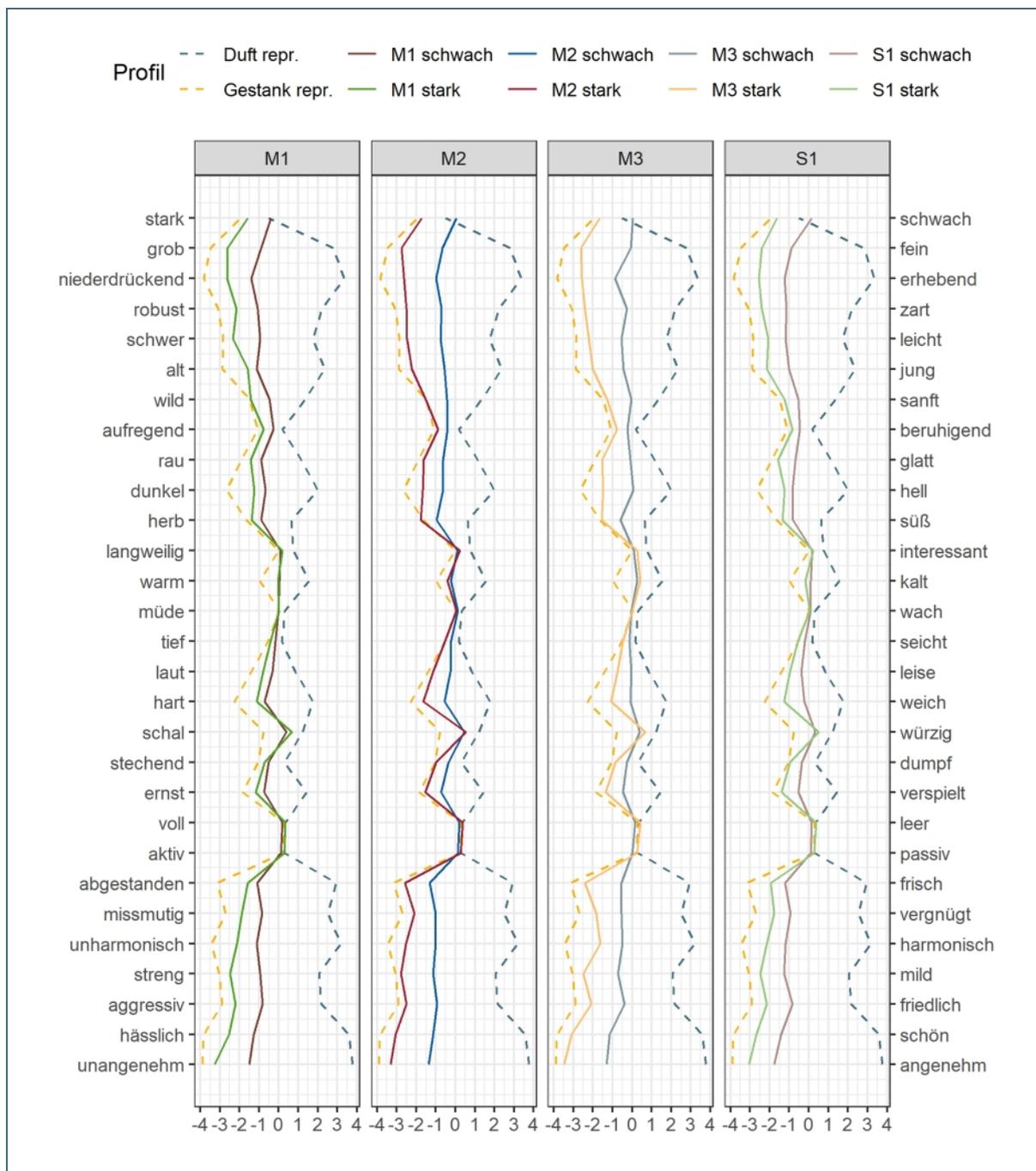


Abb. 59: Polaritätenprofile der Anlagen

### A.5 Bedingungen der Vergleichsberechnung AUSTAL 2000 und AUSTAL 3

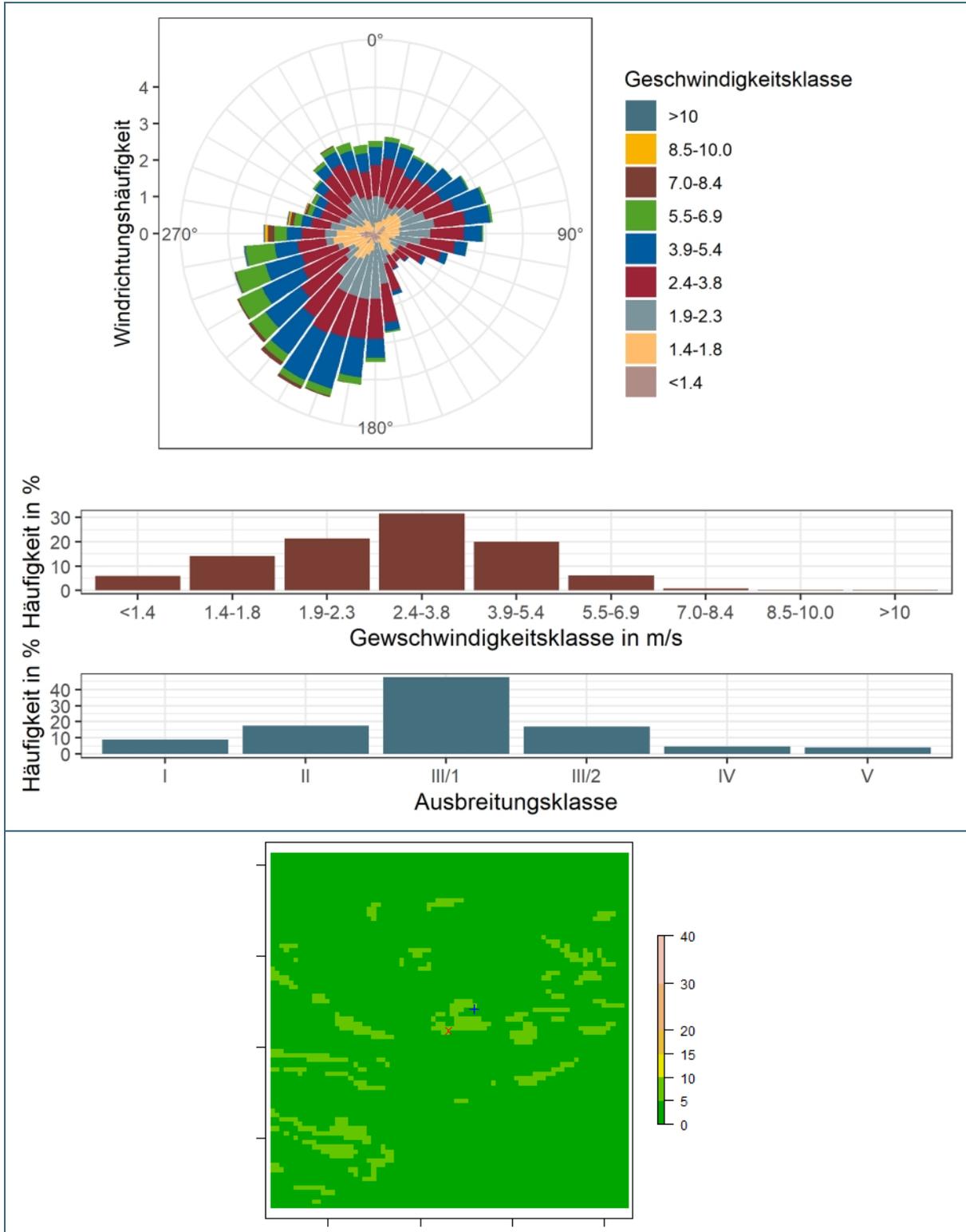


Abb. 60: Vergleichsberechnung mit günstigen Ausbreitungsbedingungen (Meteorologie: oben, Geländesteigung: unten)

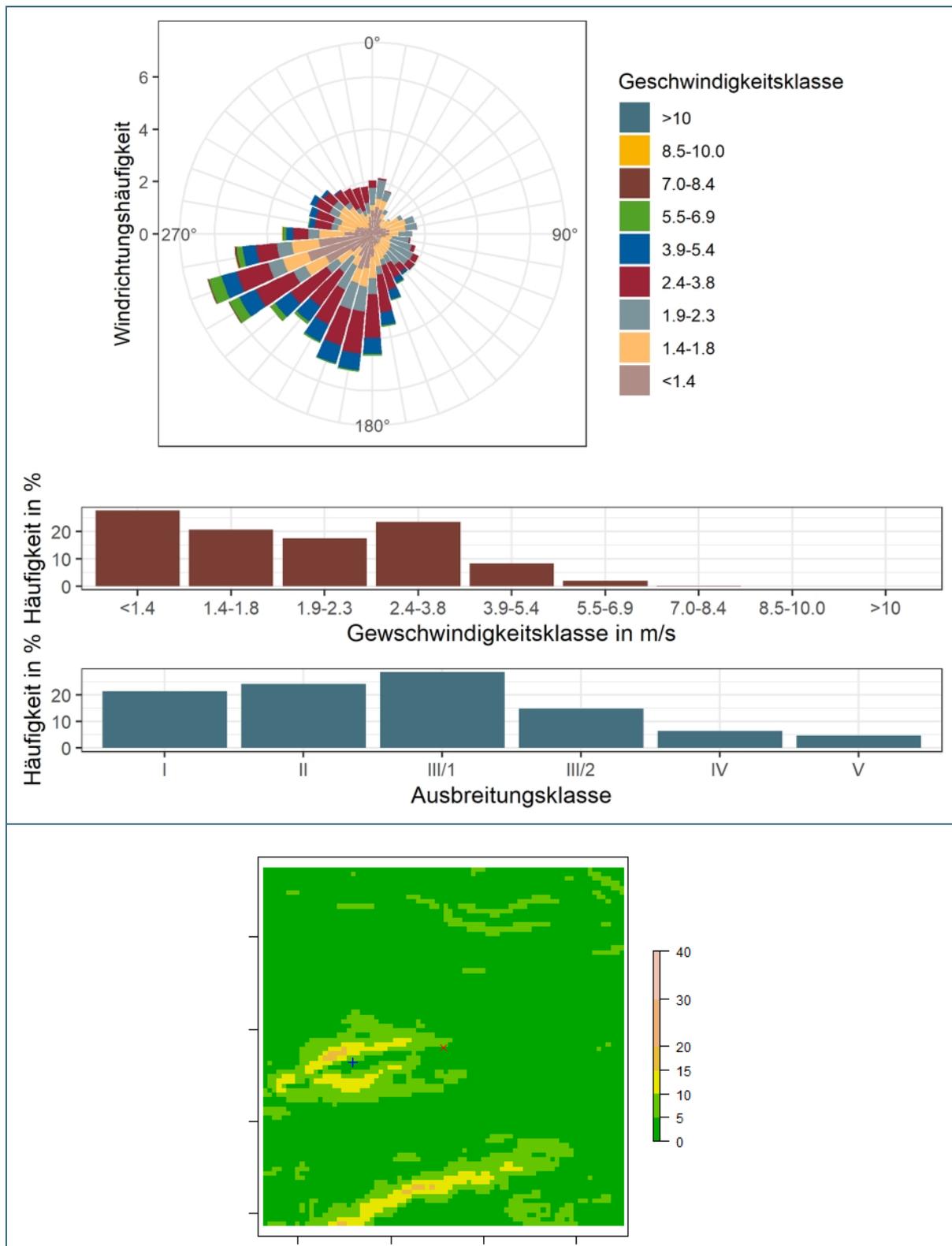


Abb. 61: Vergleichsberechnung mit moderaten Ausbreitungsbedingungen (Meteorologie: oben, Geländesteigung: unten)

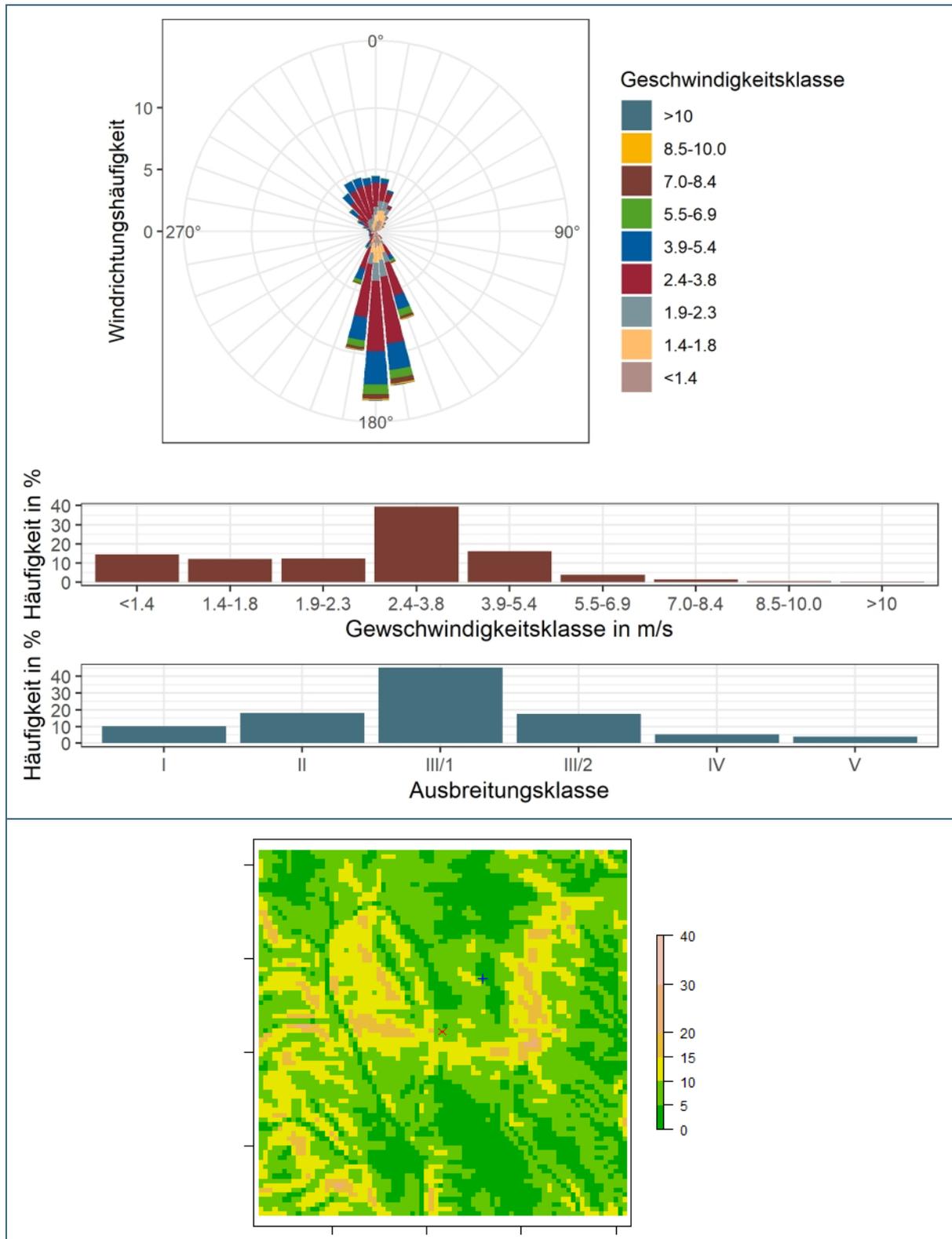


Abb. 62: Vergleichsberechnung mit ungünstigen Ausbreitungsbedingungen (Meteorologie: oben, Geländesteigung: unten)

## A.6 Verwendete Software

Statistik-Software R

R Core Team (2021): *R: A Language and Environment for Statistical Computing*, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, URL <https://www.R-project.org/>.

tidyverse (R-Package)

Wickham et al., (2019). Welcome to the tidyverse. *Journal of Open Source Software*, 4(43), 1686, <https://doi.org/10.21105/joss.01686>

EnvStats (R-Package)

Millard SP (2013). *\_EnvStats: An R Package for Environmental Statistics\_*. Springer, New York. ISBN 978-1-4614-8455-4

reshape2 (R-Package)

Hadley Wickham (2007). Reshaping Data with the reshape Package. *Journal of Statistical Software*, 21(12), 1-20. URL: <http://www.jstatsoft.org/v21/i12/>.

ArcGis Pro

Copyright © 1995-2023 Esri. All rights reserved.

Austal View 10

Copyright © 2001 – 2023 Lakes Environmental Software.

## B Anlagen

Anlage I Messbericht M164668-23

Müller-BBM Industry Solutions GmbH  
Helmut-A.-Müller Straße 1 - 5  
82152 Planegg

Telefon +49(89)85602 0  
Telefax +49(89)85602 111

www.mbbm-ind.com

Dipl.-Ing. (FH) Christine Seuffert  
Telefon +49(89)85602 274  
christine.seuffert@mbbm-ind.com

02. Februar 2024  
M164668/23 Version 1 SE/WG

## **Bayerisches Landesamt für Umwelt**

### **Geruchsimmissionsmessungen an Außenklimaställen mit Schweinehaltung**

**Bericht Nr. M164668/23**

Auftraggeber:	Bayerisches Landesamt für Umwelt Bürgermeister-Ulrich-Straße 160 86179 Augsburg
Bearbeitet von:	Mira Kersten, M. Sc. Dipl.-Ing. (FH) Christine Seuffert
Berichtsumfang:	Insgesamt 93 Seiten, davon 88 Seiten Textteil, 3 Seiten Anhang 1 1 Seite Anhang 2 1 Seite Verweis auf digitale Anlagen

Müller-BBM Industry Solutions GmbH  
HRB München 86143  
USt-IdNr. DE812167190

Geschäftsführer:  
Joachim Bittner, Walter Grotz,  
Dr. Carl-Christian Hantschk,  
Dr. Alexander Ropertz

## Inhaltsverzeichnis

<b>Zusammenfassung</b>	<b>4</b>
<b>1 Aufgabenstellung</b>	<b>8</b>
<b>2 Methodik</b>	<b>10</b>
2.1 Fahnenbegehung	10
2.2 Messverfahren zu Intensität und Hedonik	14
2.3 Messverfahren zur Erstellung der Polaritätenprofile (PP)	16
<b>3 Durchführung der Messungen</b>	<b>18</b>
3.1 Planung der Messtermine	18
3.2 Meteorologie	18
3.3 Festlegung der Messpunkte	19
3.4 Datenaufnahmebogen und Geruchsart	19
3.5 Auswahl und Einteilung der Prüfer	20
3.6 Auswertung der Daten	20
<b>4 Kurzbeschreibung der Betriebe</b>	<b>21</b>
4.1 Örtliche Beschreibung	21
4.2 Anlagenbeschreibung	26
4.3 Betriebsbedingungen während der Messtage	32
<b>5 Ergebnisse</b>	<b>35</b>
5.1 Meteorologische Randbedingungen	35
5.2 Schätzwerte der maximalen Fahnenreichweiten	44
5.3 Intensität und Hedonik	65
5.4 Polaritätenprofile	74
5.5 Zusammenfassung der Ergebnisse	78
<b>6 Diskussion der Ergebnisse</b>	<b>82</b>
6.1 Meteorologie	82
6.2 Fahnenreichweiten	83
6.3 Intensität und Hedonik	84
6.4 Polaritätenprofile	85
6.5 Vergleich mit der Literatur	85
<b>7 Literatur, verwendete Unterlagen</b>	<b>87</b>
<b>Anhang 1 – Datenaufnahmebögen</b>	<b>89</b>
<b>Anhang 2 – Verwendete Begriffe und Erläuterungen</b>	<b>92</b>

<b>Anlage 1 – Grafische Darstellung der Geruchsfahnen und der meteorologischen Randbedingungen</b>	<b>93</b>
<b>Anlage 2 – Einzelergebnisse Wahrnehmungshäufigkeiten, Hedonik und Intensität</b>	<b>93</b>

## Zusammenfassung

Das Bayerische Landesamt für Umwelt (LfU) führt ein Forschungsvorhaben zum Thema „Immissionsschutzanforderung bei der Errichtung von Tierwohlställen – Schwerpunkt Schweinehaltung“ durch.

Hintergrund dieser Untersuchung ist die Umstellung von Tierhaltungsbetrieben aufgrund des gesellschaftspolitisch erwünschten Wandels von Tierhaltungen zu mehr Tierwohl. Schweinehaltungsbetriebe in Bayern sind aufgrund meist kleiner Betriebsgrößen für die Umstellung auf tierwohlorientierte Haltungsverfahren prädestiniert.

Ein wesentliches Kriterium für tierwohlgerechtere Haltungsverfahren ist der Kontakt der Schweine mit dem Außenklima. Die Ausführung solcher Stallsysteme erfolgt häufig als natürlich belüfteter Außenklimastall. Durch den Umbau auf solche Stallsysteme können Zielkonflikte zwischen Tierwohl und Immissionsschutz entstehen.

Die Umstellung von zwangsbelüfteten Ställen mit gefasster Ableitung der Abluft über Kamine und teilweise vorgeschalteten Abluftreinigungsmaßnahmen auf frei belüftete Ställe mit bodennahen diffusen Emissionsquellen kann einerseits zu einem höheren Belästigungspotenzial bei Gerüchen in der Nachbarschaft führen. Andererseits ist denkbar, dass aufgrund niedrigerer Durchschnittstemperaturen in den Stallungen, einer windinduzierten Ableitung und der Ausbildung von Funktionsbereichen die Immissionsbelastungen von tierwohlorientierten Haltungsverfahren im Vergleich zu zwangsbelüfteten Ställen niedriger sind und deshalb andere Beurteilungsmaßstäbe notwendig sind.

Ziel des Projektes „Immissionsschutzanforderung bei der Errichtung von Tierwohlställen mit Schwerpunkt Schweinehaltung“ am Bayerischen Landesamt für Umwelt ist es, durch Untersuchungen an bereits existierenden nach Baurecht genehmigten Schweinehaltungen Erkenntnisse für eine realitätsnahe immissionsschutztechnische Bewertung von tiergerechten Haltungsverfahren zu gewinnen. Aus den Untersuchungsergebnissen sollen Handlungsempfehlungen für den Vollzug abgeleitet werden.

Als Teil des Projektes wurde die Müller-BBM Industry Solutions GmbH mit der Durchführung von Geruchsimmissionsmessungen in Form von statischen Fahnenbegehungen gemäß DIN EN 16841-2 [5] an Außenklimaställen mit Schweinehaltung beauftragt, die typische bayerische Betriebsgrößen abbilden. Im Rahmen der Untersuchung waren an vier Außenklimaställen unterschiedlicher Bauart (drei Mastställe mit jeweils bis zu 1500 Tierplätzen und eine Sauenhaltung mit Ferkelerzeugung mit etwa 45 GV) die Fahnenreichweiten zu ermitteln sowie die vorherrschenden meteorologischen Bedingungen zu bestimmen. Weiterhin waren die Geruchsintensität und Hedonik nach VDI 3940-3 [8] sowie die Geruchspolaritäten nach VDI 3940-4 [9] zu ermitteln.

Die Ergebnisse der Geruchsfahnenbegehungen an den vier Außenklimaställen können folgendermaßen zusammengefasst werden:

## Allgemeines

- Es wurden insgesamt 16 Geruchsfahnenbegehungen an den vier Standorten M1, M2, M3 und S1 in unterschiedlichen Jahreszeiten durchgeführt. Die Fahnenabgrenzung wurde durch in der Regel sechs Übergangspunkte bestimmt. Bei den meisten Fahnenbegehungen konnte die Fahnenreichweite bestimmt werden. Zudem wurden die Intensitäten und hedonischen Eindrücke erfasst und an zwei Messpunkten mit hoher und niedriger Geruchsintensität Polaritätenprofile erstellt.
- Die in der DIN EN 16841-2 festgelegten Kriterien an die meteorologischen Bedingungen während der Messzeitintervalle konnten nicht immer erfüllt werden. Die Bedingungen an die Windgeschwindigkeit waren teilweise erfüllt. Die Vorgaben zur Stabilität der Atmosphäre lagen an einzelnen Messtagen nur bedingt vor. Meteorologische Wetterlagen mit konstanter Windrichtung, bei denen der Sektor der auftretenden Windrichtungen weniger als 25° betrug, waren – auch aufgrund der erforderlichen Dauer der Begehungen – selten, so dass dieses Kriterium der Norm in der Regel nicht eingehalten werden konnte.

## Fahnenreichweiten

- Es wurden mittlere Fahnenreichweiten von 285 m bis 473 m für die vier Standorte festgestellt. Die Mediane entsprachen im Wesentlichen den mittleren Reichweiten. Die maximalen Fahnenreichweiten lagen im Bereich von 370 m bis 570 m.  
Aufgrund einer Betriebsstörung floss ein Messtag nicht in die Auswertung ein.
- Einflussfaktoren für die Fahnenreichweiten sind neben den meteorologischen Bedingungen Parameter wie der Tierbestand, das Haltungsverfahren, das Entmistungsverfahren, Be- und Entlüftungssystem sowie Güllelagerung. Rückschlüsse auf Einzelparameter können anhand dieser Untersuchung nicht gezogen werden.
- Es wird deutlich, dass mit steigender mittlerer Tiermasse die mittleren Fahnenreichweiten an den drei untersuchten Standorten mit Mastschweinehaltung zunehmen.  
Da die Mastbetriebe ähnlich große Tierbestände aufwiesen, können keine Korrelationen zwischen Tierbestand und Fahnenreichweite abgeleitet werden.
- Die signifikant niedrigere Tiermasse in der Sauenhaltung mit Ferkelerzeugung in S1 hatte keine entsprechend geringere Fahnenreichweite zur Folge.  
Vermutlich spielen beim untersuchten Quelltyp analog zu anderen bodennahen Volumenquellen auch Effekte wie die Größe der emittierenden Fläche, die Geruchskonzentration und die Geruchscharakteristik eine primäre Rolle bei der resultierenden Fahnenreichweite des untersuchten Anlagentyps.
- Die unterschiedliche Haltungsformen der Mastschweinehaltung scheinen nur einen geringen und in dieser Untersuchung nicht quantifizierbaren Einfluss zu haben.
- Eine eindeutige Abhängigkeit zwischen Windgeschwindigkeit und Geruchsfahnenreichweite oder der Stallbelegung lässt sich aus dieser Untersuchung nicht ableiten.

- Ein bestimmungsgemäßer Betrieb der Anlage kann einen wesentlichen Einfluss auf die Fahnenreichweite haben.

## Intensitäten, hedonische Bewertung

- Die mittleren anlagenbezogenen Geruchsintensitäten der Mastschweinebetriebe lagen zwischen 2,5 und 2,7 und für die Sauenhaltung mit Ferkelaufzucht bei 2,0. Die Intensitäten lagen demnach im Bereich schwach bis deutlich. Bei den Begehungen wurden jedoch auch vereinzelt starke und sehr starke Intensitäten festgestellt. Die schwächste mittlere Intensität mit 2,0 trat bei der Sauenhaltung mit Ferkelaufzucht auf, wobei die Differenz zu den stärksten Intensitäten gering ist.  
Es ergibt sich diesbezüglich ein einheitliches Gesamtbild. Unterschiede zwischen den einzelnen Begehungstagen sind nicht feststellbar.
- Für die Sauenhaltung mit Ferkelaufzucht wurde der am wenigsten unangenehme mittlere hedonische Eindruck mit -0,7 festgestellt. Bei den Mastschweinebetrieben lagen die mittleren hedonischen Bewertungen in einem engen Bereich zwischen -1,4 bis -1,2. Auf der Hedonikskala, die von -4 (äußerst unangenehm) bis +4 (äußerst angenehm) reicht, ist somit für alle untersuchten Tierhaltungen eine einheitliche Tendenz zu einer geringfügig unangenehmen Geruchscharakteristik zu erkennen.
- An allen untersuchten Ställen lagen die festgestellten hedonischen Eindrücke überwiegend im Bereich unangenehmer Geruchscharakteristik. Es wurden jedoch auch vereinzelt leicht angenehme Gerüche festgestellt.
- Bei Geruchswahrnehmungshäufigkeiten von  $< 0,15$  wurde die Geruchsintensität mit „sehr schwach“ bis „schwach“ eingeordnet und die hedonische Bewertung war nur leicht unangenehm.  
Demgegenüber wurden bei hohen Wahrnehmungshäufigkeiten von  $> 0,50$  die Intensitäten als „schwach“ bis „stark“ eingestuft.
- Die Auswertung der Polaritätenprofile zur hedonischen Klassifikation ergibt eine positive Korrelation zu dem Konzept "Gestank" und eine negative Korrelation zum Konzept „Duft“. Dieses Ergebnis korreliert mit den Hedonikbewertungen.
- In der zum Vergleich herangezogenen Literatur (Sucker et al. sowie Kwiatkowski et al.) wurden Korrelationskoeffizienten nach Pearson für Schweinehaltungen ermittelt. Die Korrelationen mit dem Konzept „Gestank“ betragen 0,92 bzw. 0,89, die negative Korrelation mit dem Konzept „Duft“ betrug -0,72 bzw. -0,68. Die anlagenbezogenen Korrelationskoeffizienten mit dem Profil „Gestank“ betragen in dieser Untersuchung 0,85 bis 0,96. Die anlagenbezogenen Korrelationskoeffizienten mit dem Konzept „Duft“ lagen zwischen -0,69 und -0,82.

Für den Inhalt des Berichtes zeichnet verantwortlich:

Dipl.-Ing. (FH) Christine Seuffert  
Tel. +49(89)85602-274

(Projektdurchführung,  
Berichterstellung)

Mira Kersten, M. Sc.  
Tel. +49(89)85602-3048

(Projektdurchführung,  
Berichterstellung)

Dipl.-Geol. Boris Zimmermann  
Tel. +49(209)98308-28

(Fachlich Verantwortlich)

Dipl.-Phys. Ing. Frank Müller  
Tel. +49(209)98308-35

(Qualitätssicherung)

Dieser Bericht darf nur in seiner Gesamtheit, einschließlich aller Anlagen, vervielfältigt, gezeigt oder veröffentlicht werden. Die Veröffentlichung von Auszügen bedarf der schriftlichen Genehmigung durch Müller-BBM. Die Ergebnisse beziehen sich nur auf die untersuchten Gegenstände.



Durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018  
akkreditiertes Prüflaboratorium.  
Die Akkreditierung gilt nur für den in der  
Urkundenanlage aufgeführten Akkreditierungsumfang.

## 1 Aufgabenstellung

Das Bayerische Landesamt für Umwelt (LfU) führt ein Forschungsvorhaben zum Thema „Immissionsschutzanforderung bei der Errichtung von Tierwohlställen mit dem Schwerpunkt Schweinehaltung“ durch.

Hintergrund für diese Untersuchung ist die Umstellung von Tierhaltungsbetrieben aufgrund des gesellschaftlich erwünschten Wandels der Tierhaltung zu mehr Tierwohl.

Ein wesentliches Kriterium für tiergerechte Haltungsverfahren ist der Kontakt der Schweine zum Außenklima. Anders als bei konventionellen Ställen erfolgt die Be- und Entlüftung der Außenklimaställe nicht zwangsbelüftet und damit ohne gerichtete Ableitung über Dach und ohne technische Abluftreinigung. Dabei entstehen diffuse Geruchsemissionen, welche windinduziert freigesetzt werden und sich bodennah ausbreiten. Eine Vermischung in höheren Luftschichten ergibt sich kaum.

Grundsätzlich wäre zu erwarten, dass aufgrund der Bauart von Außenklimaställen im Vergleich zu konventionellen Schweineställen aufgrund der Ableitbedingungen mit einer Erhöhung der Immissionen im direkten Umfeld zu rechnen ist. Andererseits ist denkbar, dass sich die stetige Verdünnung der Geruchsemissionen durch die windinduzierte, großflächige Emissionsfreisetzung günstig auf die Immissionsbelastung auswirkt.

Immissionsprognosen von Gerüchen für Tierhaltungsanlagen unter Berücksichtigung der tierspezifischen Emissionsfaktoren nach der VDI 3894 Blatt 1 führen in der Regel zu einer konservativen Abschätzung der Geruchswahrnehmungshäufigkeiten. Aus von Müller-BBM durchgeführten Berechnungen ist bekannt, dass insbesondere im Nahbereich von Tierhaltungsanlagen bei Immissionsprognosen mit dem neuen Ausbreitungsmodell AUSTAL 3.1 höhere Geruchswahrnehmungshäufigkeiten prognostiziert werden als mit dem alten Modell AUSTAL2000.

Um eine breitere Datengrundlage für die fachgerechte Beurteilung von tiergerechten Haltungsverfahren in der Genehmigungspraxis zu schaffen, sollten Geruchsfahnenbegehungen im direkten Umfeld von für Bayern typischen Außenklimaställen mit Schweinehaltung durchgeführt werden.

Ein Teil des LfU Projektes „Immissionsschutzanforderung bei der Errichtung von Tierwohlställen in Bayern mit Schwerpunkt Schweinehaltung“ ist es, durch Geruchsuntersuchungen an bereits existierenden nach Baurecht genehmigten Schweinehaltungen Erkenntnisse für eine realitätsnahe immissionsschutztechnische Bewertung von tiergerechten Haltungsverfahren zu gewinnen. Aus den Untersuchungsergebnissen sollen Handlungsempfehlungen für den Vollzug abgeleitet werden. Die Ergebnisse der Messungen dienen für Rückrechnungen mittels Immissionsprognosen zur Prüfung der Eignung der Geruchsimmisionsfaktoren der Richtlinie VDI 3894 Blatt 1 im Hinblick auf tierwohlorientierte Haltungsverfahren. Die Rückrechnungen sind nicht Bestandteil dieser Aufgabenstellung.

Die Müller-BBM Industry Solutions GmbH wurde mit der Durchführung von Geruchsimmisionsmessungen in Form von statischen Fahnenbegehungen gemäß DIN EN 16841-2 [5] an vier vorher ausgewählten bayerischen Außenklimaställen mit Schweinehaltung beauftragt. An vier verschiedenen Außenklimaställen (drei Mastställe und eine Ferkelerzeugung) unterschiedlicher Bauart wurden je Jahreszeit drei Messzeitintervalle innerhalb eines Tages zur Ermittlung der Fahnenreichweiten durchgeführt. Währenddessen wurden die meteorologischen Daten mittels Ultraschallanemometer aufgenommen und dokumentiert. Weiterhin wurden die Geruchsintensität und Hedonik nach VDI 3940-3 [8] sowie Geruchspolaritäten nach VDI 3940-4 [9] ermittelt.

Die messtechnische Ermittlung der Geruchsemissionen an diffusen, teils windinduzierten Flächenquellen, wie sie an Außenklimaställen vorliegen, ist aufgrund der zu erwartenden räumlichen und zeitlichen Inhomogenitäten der Emissionen mit großen Ungenauigkeiten und großem Aufwand verbunden. Daher wurde im durchgeführten Projekt die immissionsseitige Messung der Gerüche für diese Quell- und Anlagenart zur Ermittlung der Situation vor Ort gewählt.

Die angewendete Messmethode der statischen Fahnenbegehungen ergibt im Ergebnis die Ausdehnung der Geruchsfahne bei den zum Zeitpunkt der Messung vorliegenden Emissions- und Ausbreitungsbedingungen. An jedem Messpunkt werden Informationen über die Häufigkeit der Geruchswahrnehmung in einem Intervall von zehn Minuten dokumentiert.

Als eine Variante der Fahnenmessungen können dynamische Geruchsfahnenbegehungen angewendet werden. Diese sind personell weniger aufwändig, da sie von zwei Personen durchgeführt werden, die die Geruchsfahne wiederholt im Zick-Zack-Muster durchqueren. Als Ergebnis erhält man die Fahnenausdehnung, allerdings ohne Kenntnisse zu den Häufigkeiten der Geruchswahrnehmungen.

Alternativ steht die Messmethode der Rasterbegehungen zur Verfügung. Diese wird zur Ermittlung der Kenngröße für die Geruchsimmision, der Geruchswahrnehmungshäufigkeit, an zuvor festgelegten Messpunkten eingesetzt. Die Messpunkte liegen üblicherweise im Bereich von Wohnnutzungen. Um die Fahne vollständig zu erfassen, müsste ein vergleichsweise großes Beurteilungsgebiet mit vielen Messpunkten begangen werden. Zudem kann in der Regel nicht zwischen den Immissionen einzelner Emittenten gleicher Geruchsqualität unterschieden werden.

Dieser Bericht stellt die Grundlagen, die Durchführung und die Ergebnisse der jeweils vier statischen Geruchsfahnenbegehungen an vier Außenklimaställen dar, fasst sie zusammen, vergleicht und beurteilt sie.

## 2 Methodik

Die Methode der Fahnenbegehung dient dazu, Informationen über die Geruchsstoffimmissionen innerhalb einer Geruchsfahne und über die Ausdehnung der Geruchsfahne zu erlangen.

Dabei werden nur eindeutig erkennbare anlagenspezifische Gerüche erfasst, wobei allein das Kriterium der Erkennbarkeit ausreicht, um eine quantitative Ermittlung vorzunehmen. Die Kenntnis der genauen Geruchsstoffkonzentration am Immissionsort ist nicht erforderlich.

Die Unterscheidung verschiedener Geruchsarten kommt bei einer Fahnenbegehung nur in Betracht, wenn eine Anlage über Emissionsquellen mit unterschiedlichen Geruchsarten verfügt oder wenn sich die Geruchsfahnen mehrerer Anlagen überlagern.

Im Folgenden werden die angewendeten Methoden erläutert und detailliert beschrieben.

### 2.1 Fahnenbegehung

Das Ziel der Fahnenbegehung ist die Ermittlung der Fahnenreichweite, die sich aus Übergangspunkten ergibt. Übergangspunkte sind definiert als der Ort in der Mitte zwischen der letzten Einzelmessung ohne und der ersten Einzelmessung mit erkennbarem zu untersuchendem Geruch.

Die verschiedenen während eines Messzeitintervalls (MZI) bestimmten Übergangspunkte legen die Ausdehnung der Fahne fest. Die für die Beschreibung der Fahnenausdehnung mindestens erforderlichen Daten sind der Schätzwert der maximalen Reichweite der Geruchsfahne und die maximale Fahnenbreite, die sich üblicherweise in einem Abstand von etwa der Hälfte der maximalen Reichweite der Geruchsfahne befindet.

Im Projekt wurden statische Fahnenbegehungen nach DIN EN 16841-2 [5] durchgeführt. Die Auswertung der Fahnenausdehnung erfolgte ausschließlich über die Abschätzung der Fahnenreichweite, wobei die maximale Fahnenbreite und die Fahnenausdehnung nicht bestimmt wurden.

#### 2.1.1 Verfahren der statischen Fahnenbegehung

Die statische Fahnenmessung besteht aus mehreren Einzelmessungen von je zehn Minuten Dauer auf mehreren Schnittlinien senkrecht zur aktuellen Windrichtung (Fahnenrichtung). Eine Schnittlinie umfasst mindestens fünf vom Projektleiter gewählte Messpunkte; an jedem Messpunkt ist ein Prüfer angeordnet.

Die Abstände der Schnittlinien und der Messpunkte hängen von der Ausdehnung der Fahne ab, die als Orientierungshilfe für die Messung im Voraus grob abgeschätzt wird. Die Ausdehnung der Fahne wird durch die Bauhöhe der Emissionsquelle, die Stärke der Geruchsemission, die aktuellen meteorologischen Bedingungen sowie durch die Orographie (Bebauung/Bewuchs) und Topographie beeinflusst.

Die Lage der Schnittlinien und Messpunkte wird in eine Karte eingetragen.

Die erste Schnittlinie sollte so gewählt werden, dass der zu untersuchende Geruch eindeutig erkannt werden kann.

Die Einzelmessung an der ersten Schnittlinie muss so durchgeführt werden, dass der Projektleiter die Möglichkeit hat, unmittelbar auf besondere Vorkommnisse oder Unklarheiten zu reagieren und möglicherweise auftretende Fragen zu beantworten. Bei den Einzelmessungen an den aufeinanderfolgenden Schnittlinien sollte die Position der Prüfer getauscht werden, um systematischen Fehlern vorzubeugen.

Zur Bestimmung des Geruchszeitanteils während der Dauer einer Einzelmessung wird folgendes Verfahren angewendet.

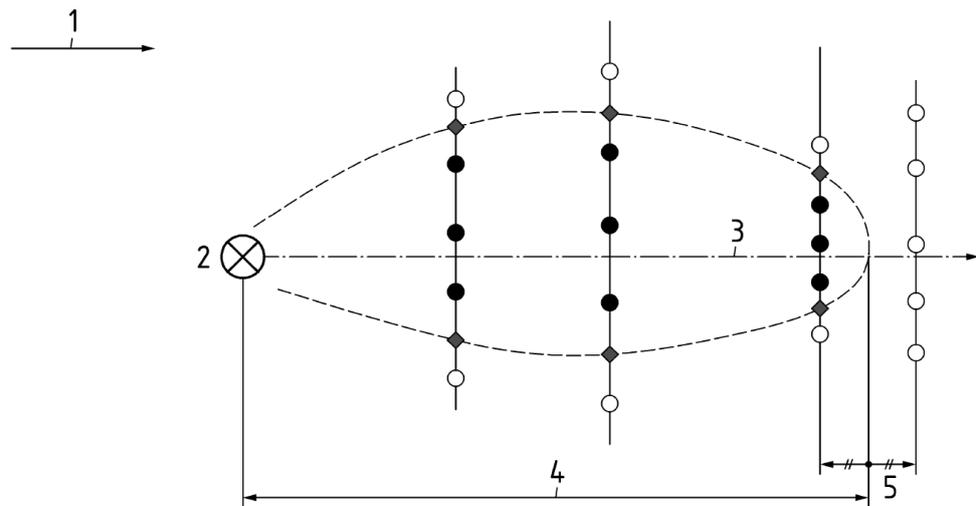
Der Prüfer nimmt alle 10 Sekunden eine Riechprobe und registriert das Ergebnis (ggf. differenziert nach Geruchsarten) in einem Datenaufnahmebogen (s. Anhang 1).

Am Ende der 10-minütigen Dauer der Einzelmessung hat der Prüfer 60 Riechproben beurteilt. Bei jedem 10-Sekunden-Intervall wird nur der einzelne Atemzug und nicht der während der vorangegangenen 10 Sekunden gewonnene Geruchseindruck beurteilt. Im Falle einer Störung während der einzelnen Geruchsbeurteilungen innerhalb der zehn Minuten können unmittelbar im Anschluss Proben in Zehn-Sekunden-Intervallen angehängt werden.

Der Geruchszeitanteil ist der Quotient aus der Anzahl der positiven Geruchsbeurteilungen und der Gesamtanzahl von Beurteilungen während der Dauer der Einzelmessung. Das Nichtvorhandensein von Geruch ist definiert als Geruchszeitanteil von  $< 10\%$  während einer Einzelmessung; das Vorhandensein von Geruch ist definiert durch einen Geruchszeitanteil  $\geq 10\%$ .

Der Messbeginn wird vom Projektleiter akustisch oder optisch angezeigt. Ist das nicht möglich, kann mit der Messung zu einem vereinbarten Zeitpunkt begonnen werden. Im Voraus sollten die Uhren abgeglichen werden.

Angaben zu anderen Geruchsarten (die nicht zu untersuchen sind) sollten vermerkt werden.



#### Legende

- Einzelmessung: Punkt mit Geruch
- Einzelmessung: Punkt ohne Geruch
- ◆ Übergangspunkt
- | Schnittlinien
- ⤷ Fahnenausdehnung
- 1 Windrichtung
- 2 Quelle
- 3 Fahnenachse
- 4 Schätzwert für die maximale Reichweite der Geruchsfahne
- 5 Gleicher Abstand zwischen der letzten Schnittlinie mit und der ohne erkennbaren Geruch

Abbildung 1. Schematische Darstellung eines Beispiels der statischen Fahnenmessung (aus DIN EN 16841-2 [5]).

### 2.1.2 Erhebungsumfang

Für eine vollständige Felderhebung ist nach DIN EN 16841-2 [5] folgender Mindestumfang erforderlich:

- Mindestens zehn Messzeitintervalle (Verteilung auf mindestens fünf Tage empfohlen).
- Bei der vorliegenden Untersuchung wurden je Anlage 12 Messzeitintervalle verteilt auf vier Tage geplant. Je Messzeitintervall erfolgten mindestens 20 Einzelmessungen, aus denen mindestens sechs Übergangspunkte (Nichtvorhandensein zu Vorhandensein von Geruch) bestimmt werden können.
- Der Schätzwert für die maximale Fahnenreichweite muss aus den Riechproben bestimmt werden, die an zwei Schnittlinien/zwei Durchquerungen erhalten wurden. Davon enthält eine Schnittlinie mindestens einen Punkt mit Geruch, und eine andere Schnittlinie/Durchquerung, bei der nur Punkte ohne Geruch ermittelt wurden.

- Der Abstand zwischen der Schnittlinie/Durchquerung ohne Geruchsfeststellung und der nächstgelegenen Schnittlinie/Durchquerung mit Geruchsfeststellung(en) muss weniger als 20 % der maximalen Reichweite der Geruchsfahne, die durch diese Riechproben bestimmt wurde, betragen.
- Mindestens vier Übergangspunkte, zwei auf jeder Seite der Fahne, müssen entlang der Fahnenrichtung in Abständen zwischen 30 % und 70 % der maximalen Reichweite der Geruchsfahne aufgezeichnet werden.

Alle Messzeitintervalle sind unter den folgenden meteorologischen Bedingungen durchzuführen:

- kein signifikanter Niederschlag (Regen, Schnee)  
(nach Regen ist vor Beginn/Wiederaufnahme der Messungen eine Pause von mind. 15 Minuten einzuhalten)
- Umgebungstemperaturen über 0 °C
- Schwankungsbreite der Windrichtung während eines Messzeitintervalls weniger als 25 °
- mittlere Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe während des Messzeitintervalls zwischen 2 m/s und 8 m/s
- konstante Turbulenzbedingungen (keine wechselnde Ausbreitungsklasse)  
(Die atmosphärische Stabilität wird durch die Angabe der Monin-Obukhov-Länge  $L_M$  festgelegt. Die Monin-Obukhov-Länge ( $L_M$ ) muss – bezogen auf eine Rauigkeitslänge von  $z_0 = 1,5$  m – kleiner als  $-150$  oder größer als  $250$  sein.)

Turbulenzklassen leicht stabil, neutral oder leicht labil  
(z. B. nach Klug/Manier: III/1 oder III/2 oder Teile von II und IV).

Diese meteorologischen Bedingungen sollten mindestens auch eine Stunde vor Beginn der Messungen, zur vollständigen Ausbildung der Fahne, vorherrschen.

### 2.1.3 Auswerteverfahren

Zur Bestimmung des Geruchszeitanteils  $P_{od}$  an jedem Messpunkt wird die Anzahl der positiven Riechproben ausgezählt und durch die Gesamtanzahl der Riechproben je Einzelmessung dividiert (Gleichung 1).

$$P_{od} = \frac{L_+}{R} \quad (1)$$

mit:

$P_{od}$  Geruchszeitanteil  $P_{od}$  an einem Messpunkt in %

$L_+$  Anzahl der positiven Riechproben je Einzelmessung und Messpunkt

$R$  Gesamtanzahl der Riechproben je Einzelmessung

Eine Einzelmessung zählt als Geruchsstunde, wenn 10 % der Gesamtzahl der zeitlich festgelegten Geruchsproben während einer Messdauer von 10 Minuten erreicht oder überschritten werden.

Der Geruchszeitanteil wird für jede Einzelmessung berechnet und in einer Tabelle angegeben. Anschließend werden die Punkte mit oder ohne Geruch bestimmt und in der Tabelle unterschieden.

Das Ergebnis der Fahnenmessung ist die Grenze der Fahnenausdehnung.

Das Geruchsstundenkriterium (positive Einzelmessung) wird nur zur Bestimmung der Fahngrenze eingesetzt. Zur Ermittlung der Quellstärke mittels Rückrechnung sowie zur Kalibrierung oder Validierung von Ausbreitungsmodellen wird der tatsächliche Zeitanteil mit Geruchswahrnehmungen während der Einzelmessung verwendet.

## 2.2 Messverfahren zu Intensität und Hedonik

Das Verfahren zur Bestimmung der Hedonik und Intensität von Außenluft nach VDI 3940 Blatt 3 [8] ist nur in Verbindung mit einer Fahnenmessung bzw. Rastermessung möglich. Im Rahmen der Immissionsfeststellung kann die Intensitätsbestimmung Anhaltspunkte für vergleichende Aussagen zur Stärke der Geruchsempfindung in verschiedenen Beurteilungsflächen innerhalb des Beurteilungsgebietes liefern und zum Verlauf in einem zunehmenden Abstand zur Quelle. Die Hedonik lässt Rückschlüsse zur Abschätzung des Belästigungspotentials der Anwohner zu. Die Ordinalskala der Intensität beinhaltet sechs Klassen von 1 – 6. Diese sind mit sehr schwach < schwach < deutlich < stark < sehr stark < extrem stark belegt. Die Empfindungsskala mit Werten zwischen "äußerst unangenehm" (-4) über "weder angenehm noch unangenehm" (0) nach "äußerst angenehm" (+4) wurde eingesetzt, um die hedonische Geruchswirkung zu beschreiben.

Bei der Bestimmung der Intensität einer Geruchsqualität wurde auf einem Datenaufnahmeblatt (s. Anhang 1) zunächst der maximale Intensitätseindruck (stärkster Eindruck) beurteilt, der während der Einzelmessung aufgetreten ist. Zusätzlich wird nach der Häufigkeit des stärksten Eindrucks gefragt. Erst danach wird der durchschnittliche Eindruck als ganzzahliger Wert erfasst. Diese Form der Datenerfassung ermöglicht es, die Extrema zu ermitteln, über die der Prüfer integriert und zu seinem durchschnittlichen Urteil findet. Im Rahmen der Auswertung wird mithilfe des stärksten Eindrucks die Zuverlässigkeit (Reliabilität) der Prüferurteile geprüft. Es werden nur die Takte mit Geruch bewertet, die vom Prüfer eindeutig einem Anlagengeruch zugeordnet worden sind.

Die Angaben der Prüfer zur mittleren Intensität und zur mittleren Hedonik der Anlagen werden nur dann in die Auswertung miteinbezogen, wenn das Geruchsstundenkriterium erfüllt ist und der Geruchszeitanteil  $\geq 10\%$  beträgt, d. h. sechs oder mehr Takte mit Geruch von insgesamt 60 Takten. Neben der Bewertung nach VDI 3940 Blatt 3 werden auch Bewertungen der Intensität und Hedonik in Abhängigkeit von verschiedenen Wahrnehmungshäufigkeiten durchgeführt.

### 2.2.1 Erhebungsumfang

Nach jeder Einzelmessung wurde vom Prüferkollektiv die extremste Geruchsintensität, die Häufigkeit des stärksten Eindrucks und der durchschnittliche Geruchseindruck aufgezeichnet. Analog dazu wurde mit der Hedonik (angenehmster und unangenehmster Eindruck, durchschnittlicher Eindruck) verfahren.

## 2.2.2 Auswerteverfahren

Die Angaben der Prüfer zur mittleren Intensität und zur mittleren Hedonik der Anlagengerüche werden nur dann in die Auswertung miteinbezogen, wenn das Geruchsstundenkriterium erfüllt ist und der Geruchszeitanteil  $\geq 10\%$  beträgt, d. h. sechs oder mehr Takte mit Geruch von insgesamt 60 Takten. Für weitere Auswertungen erfolgt die Auswertung hinsichtlich der Einteilung in verschiedene Geruchszeitanteile analog.

Die Intensitäts-Mittelwerte auf eine Anlage bezogen werden als arithmetische Mittelwerte (Gleichung 2) berechnet.

$$\bar{I}_A = \sum_{k=1}^N \frac{(ID_K * \delta_{k0})}{n_A} \quad (2)$$

Dabei ist

$I_A$  = mittlere Intensität pro Anlagengeruch

$k$  = Laufindex der Begehung

$N$  = Erhebungsumfang (Anzahl aller Begehungen)

$ID_k$  = durchschnittlicher Eindruck auf der Intensitätsskala (1 bis 6) bei der Begehung  $k$

$\delta_k$  Auswahlkriterium für Takte mit Geruch bei der Begehung  $k$

$\delta_k = 0$ , wenn weniger als 6 Takte mit Geruch

$\delta_k = 1$ , wenn 6 und mehr Takte mit Geruch

$n_A$  = Anzahl der Begehungen an der Anlage A, bei denen das Geruchsstundenkriterium erfüllt wurde.

Die Berechnung der Hedonik-Mittelwerte pro Anlage erfolgt in Anlehnung an das energetische Mittelungsverfahren (Gleichung 3). Die Formel dafür lautet:

$$\overline{H_A} = \frac{\sum_{k=1}^N (HD_k \cdot \delta_k)}{n_A} \quad (3)$$

Dabei ist

$H_A$  = mittlere Hedonik pro Anlagengeruch

$k$  = Laufindex der Begehung

$N$  = Erhebungsumfang (Anzahl aller Begehungen)

$HD_k$  = durchschnittlicher Eindruck auf der Hedonikskala (1 bis 9) bei der Begehung  $k$

Zusätzlich wurden die Ergebnisse der mittleren Intensität und Hedonik nach der Wahrnehmungshäufigkeit ausgewertet.

### 2.3 Messverfahren zur Erstellung der Polaritätenprofile (PP)

Die Polaritätenprofile wurden nach VDI 3940 Blatt 4 [9] erstellt. Sie dienen der hedonischen Klassifikation von Anlagengerüchen. Durch Auswertung der ermittelten Polaritätenprofile ist eine Zuordnung der Anlagengerüche zu den Konzepten "Gestank" oder "Duft" möglich.

#### 2.3.1 Erhebungsumfang

Die Ermittlung der Polaritätenprofile im Feld erfolgte an einem geruchsintensiven Messpunkt und an einem Messpunkt mit geringer Geruchsintensität. Dazu wurde die Geruchsfahne am jeweiligen Messpunkt aufgesucht und das Prüferkollektiv machte sich mit dem Geruch vertraut. Anschließend wurden die Protokolle außerhalb der Geruchsfahne ausgefüllt, um eine Adaption der Nase an den Geruch zu vermeiden. Die Aufnahme des quellnahen Messpunktes erfolgte nahe am Außenklimastall in dessen Lee und des quellfernen Messpunktes bei noch deutlichen Wahrnehmungshäufigkeiten und i. d. R. Intensitäten von „schwach“ bis „stark“. In Abhängigkeit des Emissionszustands des untersuchten Stalls und der meteorologischen Bedingungen ergaben sich unterschiedliche Entfernungen der Messpunkte zum Stall.

#### 2.3.2 Auswerteverfahren

Die Auswertung erfolgt mit einer hausintern entwickelten Software. Diese setzt die Richtlinie VDI 3940 Blatt 4 um. Dementsprechend werden für die Auswertung die 29 Zahlenwerte aus dem Datenblatt als negative bzw. positive Zahlen festgehalten und jeweils mit dem Hedonik-Faktor-Score aus der VDI 3940 Blatt 4 multipliziert.

Die gewichteten Zahlenwerte werden über alle Prüfer/innen arithmetisch nach folgender Gleichung 4 gemittelt:

$$\frac{\sum_{i=1}^N (X_{lj} * HF_j)}{N} \quad (4)$$

mit:

- $j$  = Polarität; Wortpaar
- $l$  = Profil des Anlagengeruchs
- $M_{lj}$  = Mittelwert des Profils l auf der Polarität j
- $X_{lj}$  = Zahlenwert des Profils l auf der Polarität j
- $HF_j$  = Hedonik-Faktor-Score für die Polarität j
- $N$  = Anzahl der Prüfer

Demnach werden 29 Mittelwerte über alle Prüfer für einen Anlagengeruch gebildet. Die Ähnlichkeit des Polaritätenprofils mit den repräsentativen Profilen der Konzepte „Duft“ und „Gestank“ wird mithilfe der Produkt-Moment-Korrelation nach Pearson, wie in Gleichung 5 dargestellt, berechnet.

$$r_{dl} = \frac{\sum_{j=1}^J [(M_{dj} - \bar{M}_d) * (M_{lj} - \bar{M}_l)]}{\sqrt{\sum_{j=1}^J (M_{dj} - \bar{M}_d)^2 * \sum_{j=1}^J (M_{lj} - \bar{M}_l)^2}} \quad (5)$$

mit:

- $J$  = Anzahl der Polaritäten
- $d$  = Profil des Konzepts Duft
- $r_{dl}$  = Produkt-Moment-Korrelationskoeffizient nach Pearson
- $M_{dj}$  = Mittelwert des Duftprofils d auf der Polarität j
- $\bar{M}_d$  = arithmetischer Mittelwert aller  $M_{dj}$
- $M_{lj}$  = Mittelwert des Anlagenprofils l auf der Polarität j
- $\bar{M}_l$  = arithmetischer Mittelwert aller  $M_{lj}$

Die Korrelation ist ein Maß für den Zusammenhang zwischen zwei oder mehreren Variablen und kann Werte zwischen -1,00 und +1,00 annehmen. Ein Wert von -1,00 bedeutet eine große Unähnlichkeit des Anlagengeruchs mit dem Konzept Duft. Ein Wert von +1,00 beschreibt eine große Ähnlichkeit des Anlagengeruchs mit dem Konzept Duft. Für eine eindeutige hedonische Klassifizierung eines Anlagengeruchs als Duft muss die Korrelation zwischen dem ermittelten Polaritätenprofil der Anlage und dem repräsentativen Duftprofil größer als 0,5 sein.

Analog wird die Gleichung für das Konzept „Gestank“ verwendet.

### 3 Durchführung der Messungen

#### 3.1 Planung der Messtermine

Für jeden der vier Außenklimaställe wurden an vier Messtagen statische Geruchsfahnenbegehungen durchgeführt und zusätzlich Hedonik und Intensität sowie Polaritätenprofile der Geruchsqualität „Schweinestall“ ermittelt. Die Termine je Stall wurden entsprechend den Vorgaben des Messprogramms auf die meteorologischen Jahreszeiten verteilt, um unterschiedliche meteorologische Randbedingungen zu erfassen. Allerdings wiesen im Sommer die Ackerflächen bis zu 2 m hohe Maisbestände auf, weshalb die Flächen um die Ställe nur eingeschränkt bzw. nicht begehbar waren und keine Fahnenbegehungen mehr durchgeführt werden konnten. Die Sommerfahnenbegehungen an den vier Ställen wurden im Sommer oder aufgrund des Bewuchses im späten Frühling bei höheren Temperaturen durchgeführt. In der nachfolgenden Tabelle 1 sind die Messtermine dargestellt.

*Hinweis: Die statischen Fahnenbegehungen wurden zu verschiedenen Jahreszeiten durchgeführt, da aber nur ein Messtag pro Jahreszeit durchgeführt wurde, sind diese nicht zwingend repräsentativ für die Jahreszeit. Für die Auswertung werden die Messtage jedoch aus Gründen der Übersichtlichkeit den einzelnen Jahreszeiten zugeordnet.*

Tabelle 1. Übersicht über die Messtermine.

	Frühling	Sommer	Herbst	Winter
M1	23.03.2023	30.08.2022	20.10.2022	20.02.2022
M2	13.04.2022	07.07.2023	23.09.2022	17.01.2023
M3	31.05.2022	25.05.2023	09.11.2022	08.02.2022
S1	13.05.2022	09.05.2023	06.09.2022	02.03.2022

Die Herausforderung bei der Planung lag darin, Termine mit nach DIN EN 16841-2 geeigneten meteorologischen Bedingungen für den jeweiligen Standort zu finden. Grundsätzlich musste eine Windrichtung vorliegen, die im Hinblick auf die Störeinflüsse die Geruchsfahnenbegehungen ermöglichte.

Die Ausbreitungsklassen nach Klug-Manier können aus den in den meteorologisch vorhergesagten Windgeschwindigkeiten und dem Zeitraum der Begehungen grob abgeschätzt werden. Sie werden jedoch aus dem Stundenmittelwert der Windgeschwindigkeit und dem Bedeckungsgrad abgeleitet und müssen daher nicht mit den als Minutenmittelwerte erfassten Monin-Obukhov-Längen übereinstimmen.

Die Planung der Messtermine war aufgrund des hohen personellen Aufwands für statische Fahnenbegehungen zusätzlich erschwert.

#### 3.2 Meteorologie

Die meteorologischen Daten (Windrichtung, Windgeschwindigkeit, Lufttemperatur und -feuchte sowie Turbulenzzustand der Atmosphäre) wurden mit einem Ultraschallanemometer nach den folgenden Richtlinien ermittelt:

- Windrichtung, Windgeschwindigkeit, Turbulenzzustand der Atmosphäre:  
Messung mit Ultraschallanemometer VDI 3786 Blatt 12 (2019-06) [5],  
Messhöhe 10 m
- Lufttemperatur:  
Messung mittels Widerstandsthermometer VDI 3786, Blatt 3 (2012-10) [5],  
Messhöhe 2 m
- Luftfeuchte:  
Messung mittels kapazitivem Fühler VDI 3786 Blatt 4 (2013-06) [5],  
Messhöhe 2 m

Die Aufstellung der Messstation mit Batteriebetrieb erfolgte jeweils für den Messtag in der Nähe des Stallgebäudes und nach Möglichkeit in dessen Luv.

### 3.3 Festlegung der Messpunkte

Vor Beginn der Geruchsfahnenbegehung lief die Messleitung die Geruchsfahne des jeweiligen Stalls ab, um die Fahnenreichweite abzuschätzen und die Abstände der Schnittlinien festzulegen. Falls sich Änderungen der Windrichtung oder -geschwindigkeiten während der Geruchsfahnenbegehung ergaben, wurde die Lage der Schnittlinien und Messpunkte entsprechend angepasst.

Die Lage der Messpunkte wurde vor Ort ad hoc unter Berücksichtigung der Ableit- und Emissionsbedingungen der zu untersuchenden Emissionsquelle(n), der aktuellen Ausbreitungsbedingungen sowie der räumlichen Gegebenheiten im Umfeld des zu untersuchenden Stalls festgelegt.

Bei der Festlegung der Messpunkte wurde darauf geachtet, dass die Prüfer möglichst frei stehen können, sich nicht in unmittelbarer Nähe von Häusern, hohen Mauern, Bewuchs usw. befinden (seitlicher Mindestabstand ca. 1,5 m) und eine sachgerechte und gefahrlose Begehung der Messpunkte möglich ist. Auch stark befahrene Straßen sind als Messstandort ungünstig (Lärm, Verkehrsgerüche).

Weitere Geruchsquellen, die die Begehungen beeinflussen konnten, sind bei den örtlichen Beschreibungen aufgeführt.

### 3.4 Datenaufnahmebogen und Geruchsart

Gegenstand der Fahnenmessung war die Geruchsart „Schweinestall“, die aus den Anlagen freigesetzt wurde.

Den Prüfern wurde vor Beginn der Fahnenmessung die zu erkennende anlagenspezifische Geruchsart angeboten und die Geruchswahrnehmungen während der Messungen in dem Datenaufnahmebogen entsprechend protokolliert.

Der Schlüssel der zu unterscheidenden Geruchsarten kann ggf. innerhalb des Messzeitraumes ergänzt werden, wenn auf Basis der vorangegangenen Begehungen zusätzliche Erkenntnisse vorliegen.

Die Protokolle der Messzeitintervalle sowie der Polaritätenprofile wurden digital von den Prüfern ausgefüllt und abgespeichert. Die Messpunkte wurden mittels GPS über die App QField® aufgenommen und in der Software ArcGIS ausgewertet. Damit wurden auch die entsprechenden Karten mit den Messpunkten und Wahrnehmungshäufigkeiten erstellt.

### 3.5 Auswahl und Einteilung der Prüfer

Die individuelle Geruchsempfindlichkeit der im Rahmen der Messung eingesetzten Personen (Prüfer) wird mittels der Standardgeruchsstoffe n-Butanol und Schwefelwasserstoff (H<sub>2</sub>S) getestet. Im Rahmen dieser Untersuchung wurden nur Prüfer eingesetzt, die die Anforderungen der DIN EN 16841-2 erfüllen [5].

Die eingesetzten Prüfer sind unabhängig und gehören keiner Interessengruppe der zu untersuchenden Geruchsimmissionssituation (keine Betroffenen, unabhängig vom Betreiber) an.

Vor Beginn der Messungen zu Hedonik und Intensität ist zu prüfen, ob bestimmte Prüfer mit ihren Beurteilungen bezüglich der hedonischen Wirkung extrem von den Urteilen aller anderen Prüfer abweichen. Die Zusammenstellung des Prüferkollektivs ist aus mindestens zehn Personen zu wählen, die möglichst gleichmäßig einzusetzen sind.

Zur Eignungsprüfung hinsichtlich der Erstellung der Polaritätenprofile wird von jedem/r Prüfer/in ein mit 29 Wortpaaren vollständiges „Duft“ und „Gestank“-Profil erstellt. Die Ermittlung dessen erfolgen abstrakt und assoziativ, d. h. ohne einen Geruchsreiz. Prüfer/innen sind für die hedonische Klassifizierung geeignet, wenn sie bei der Beurteilung des Konzepts „Gestank“ die Worte „niederdrückend“, „abgestanden“, „missmutig“, „unharmonisch“, „hässlich“ und „unangenehm“ mit einem Wert von 1 - 3 ankreuzen. Für die Beurteilung des Konzepts „Duft“ gilt es, die Worte „erhebend“, „frisch“, „vergnügt“, „harmonisch“, „schön“ und „angenehm“ zwischen 1 - 3 anzukreuzen. Weicht ein/e Prüfer/in mehr als einmal davon ab, ist derjenige für die hedonische Klassifikation von Anlagengerüchen mit der Methode der Polaritätenprofile nicht einzusetzen.

### 3.6 Auswertung der Daten

Die Auswertung erfolgte nach den in Kap. 2 beschriebenen Vorgaben der DIN EN 16841-2 für die Fahnenreichweite bzw. der VDI 3940 Blatt 3 für die Hedonik und Intensität sowie VDI 3940 Blatt 4 für die Polaritätenprofile.

Die Messwerte der meteorologischen Station wurden im Hinblick auf die Anforderungen der Norm aufbereitet.

Im Anschluss wurden die Ergebnisse der Fahnenbegehungen in den vier Jahreszeiten und an den vier Stallanlagen untereinander verglichen.

## 4 Kurzbeschreibung der Betriebe

### 4.1 Örtliche Beschreibung

Die Betriebe wurden im Vorfeld vom Bayerischen Landesamt für Umwelt ausgewählt. Bei den untersuchten Anlagen sollte es sich um Außenklimaställe handeln, in denen die Tiere durch ein erhöhtes Platzangebot die Möglichkeit haben, ihr Ausscheidungsverhalten in einem definierten Bereich durchzuführen. Dadurch wird die emissionsrelevante Fläche reduziert. Der Liegebereich ist in der Regel trocken. Weitere Kriterien für die Auswahl der Anlagen waren neben den betriebstypischen Gegebenheiten wie Einstreu im Liegebereich und Beschäftigungsmaterial auch die örtliche Lage der Ställe.

#### 4.1.1 M1

Die Landschaft im Umfeld des Außenklimastalles einer Mastschweinehaltung ist leicht orografisch gegliedert. Der Stall liegt auf einer geodätischen Höhe von 539 m ü. NN südwestlich einer Ortschaft. Er befindet sich in flachem Gelände, lediglich in Richtung Osten fällt das Gelände nach ca. 400 m ab (s. Abbildung 2).

Im Umfeld des Stalls befinden sich Ackerflächen, die zum Zeitpunkt der Begehungen brach lagen, einen niedrigen Bewuchs aufwiesen oder abgeerntet waren, so dass die Flächen gut begehbar waren.

Die Begehbarkeit der umliegenden Felder wurde von den jeweiligen Landwirten genehmigt.

Der Bach im Osten stellt eine natürliche Barriere dar, die die Ermittlung des Endes der Geruchsfahne begrenzt.

Bei der Ortsbesichtigung im Rahmen der Messplanung wurde festgestellt, dass neben dem zu untersuchenden Stall eine Biogasanlage mit Fahrsilos (grün gekennzeichnet, s. Abbildung 2) liegt und einen Störeinfluss darstellen kann. Die Entfernung der Biogasanlage zum Stall beträgt ca. 450 m.

Bei westlichen Windrichtungen trat die Biogasanlage als Störeinfluss auf. Dabei bestand die Möglichkeit, dass die Fahne nicht eindeutig abgegrenzt werden konnte. Es zeigte sich im Laufe der Begehungen, dass die Biogasanlagen bzw. Fahrsilos aufgrund ihrer Geruchsqualität deutlich von den Geruchsemissionen der Stallanlage zu unterscheiden waren.



Abbildung 2. Standort des Außenklimastalls von M1 (blaue Markierung: Stallgebäude; roter Punkt: meteorologische Messstation) mit Einordnung von Störeinflüssen (grün: Biogasanlage/Fahrsilo), Karte: ©Geobasisdaten: Bayerische Vermessungsverwaltung – [www.geodaten.bayern.de](http://www.geodaten.bayern.de), Lizenz: CC BY 4.0, 2023 [20].

#### 4.1.2 M2

Die Landschaft im Umfeld des Außenklimastalles einer Mastschweinehaltung ist leicht orografisch gegliedert. Der Stall liegt auf einer geodätischen Höhe von 421 m ü. NHN. Nordwestlich befindet sich eine Anhöhe auf circa 440 m ü. NHN, das Gelände ist darüber hinaus weitgehend flach (s. Abbildung 3).

Im Westen und Osten schließen sich nach ca. 300 - 400 m weitere Höfe an. Bei der Besichtigung des Außenklimastalls in M2 wurde deutlich, dass östlich des zu untersuchenden Stalls ein Pferdestall (ca. 300 m entfernt) einen Störeinfluss darstellen kann, wenn bei Westwind eine Fahnenbegehung durchgeführt wird. Im Süden grenzen nach ca. 200 m Weiher an, weshalb das Gelände bei Nord/Nordwestwind nicht begehbar ist. Zudem begrenzt die Schwalb die begehbare Fläche nach 40 m in Richtung Süden. Die Begehbarkeit der umliegenden Felder wurde von den jeweiligen Landwirten genehmigt.



Abbildung 3. Standort des Außenklimastalls M2 mit Einordnung von Störeinflüssen (blau: untersuchter Stall, grün: Pferdestall, rot: meteorologische Messstation), Karte: ©Geobasisdaten: Bayerische Vermessungsverwaltung – [www.geodaten.bayern.de](http://www.geodaten.bayern.de), Lizenz: CC BY 4.0, 2023, [20].

Im Umfeld des Stalls befinden sich Ackerflächen.

Zum Zeitpunkt der Geruchsfahnenbegehungen lagen die Äcker teilweise brach bzw. es war Bewuchs vorhanden, wobei die Flächen gut begehbar waren. Teilweise war das Getreide hüfthoch gewachsen, weshalb diese Flächen nur in den Fahrinnen begangen werden konnten.

#### 4.1.3 M3

Die Landschaft im Umfeld des Außenklimastalles einer Mastschweinehaltung ist leicht orografisch gegliedert. Der Stall liegt auf einer geodätischen Höhe von 502 m ü. NHN. Er befindet sich auf einer Anhöhe, das Gelände fällt in alle Himmelsrichtungen ab (s. Abbildung 4).

Im Süden und Osten schließen sich nach ca. 200 m bzw. ca. 400 m Waldflächen an.

Bei der Besichtigung des Außenklimastalls in M3 wurde deutlich, dass neben dem zu untersuchenden Stall ein weiterer Schweinestall gleicher Bauart im Nordosten der Begehungsfläche (grün gekennzeichnet, ca. 330 m entfernt) einen Störeinfluss darstellen kann, wenn bei Westwind eine Fahnenbegehung durchgeführt wird. Der Geruch des zweiten Außenklimastalls ist nicht abzugrenzen von dem zu untersuchenden Stall. Des Weiteren wurde festgestellt, dass ein Silagelager (orange gekennzeichnet) im Westen der Anlage in einer Entfernung von ca. 500 m angesiedelt ist. Der Geruch des Silagelagers ist als eigene Geruchsqualität identifizierbar und abgrenzbar gegenüber den Schweinestallgerüchen. Im Süden grenzt nach ca. 200 m ein weitläufiges Waldgebiet an, welches dicht bewachsen ist und auch im Winter nicht begehbar ist. Zudem befindet sich südwestlich der Anlage eine abschüssige, mit Bäumen eingefasste und mit kleinen Sträuchern bewachsene, nicht gemähte Wiese, die nicht begangen werden kann (türkis eingezeichnet, s. Abbildung 4). Die Begebarkeit der umliegenden Felder wurde von den jeweiligen Landwirten genehmigt.

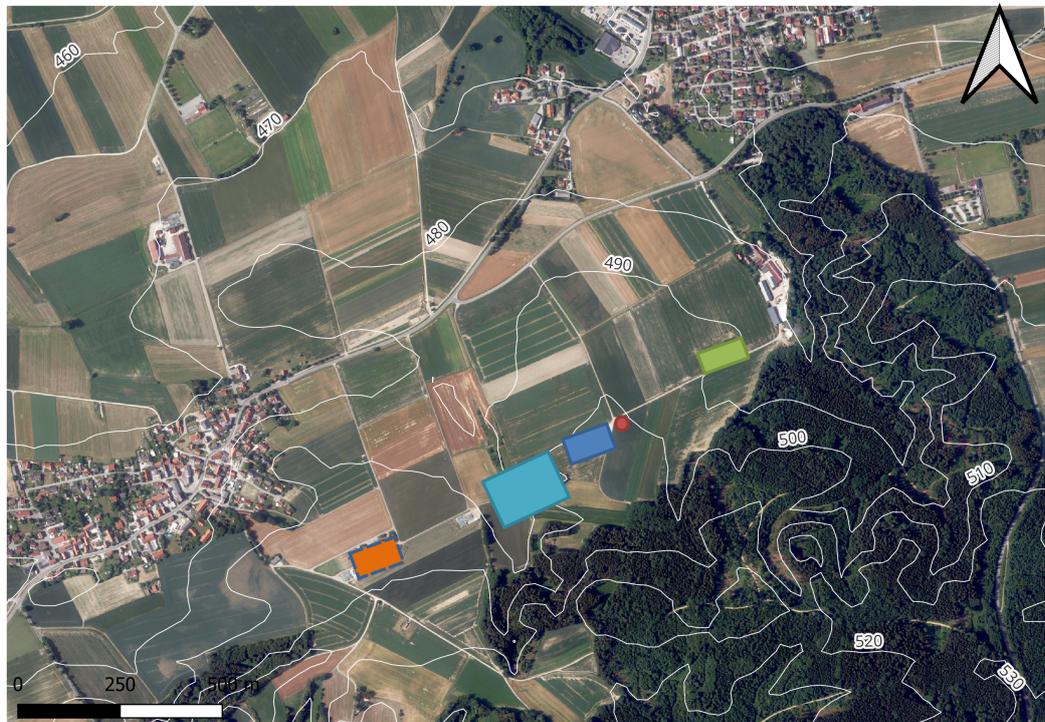


Abbildung 4. Geografische Lage des Stalls M3 mit Einordnung von Störeinflüssen (blau: untersuchter Stall, roter Punkt: meteorologische Messstation, orange: Silagelager, grün: weiterer Schweinestall, türkis: abschüssige, bewachsene Wiese), Karte: ©Geobasisdaten: Bayerische Vermessungsverwaltung – [www.geodaten.bayern.de](http://www.geodaten.bayern.de), Lizenz: CC BY 4.0, 2023, [20].

Im Umfeld des Stalls befinden sich Ackerflächen.

Zum Zeitpunkt der Geruchsfahnenbegehungen war Getreide, Mais oder Kartoffeln angebaut oder der Acker lag brach; dabei waren die Flächen gut begehbar. Teilweise war das Getreide hüfthoch gewachsen, weshalb diese Flächen nur in den Fahrrinnen begangen werden konnten.

#### **4.1.4 S1**

Die Sauenhaltung mit Ferkelaufzucht liegt auf einer geodätischen Höhe von 460 m ü. NHN. Das Gelände fällt in Richtung Süden und Osten stark ab (s. Abbildung 5)

Im Westen und Süden bzw. Osten schließen sich nach ca. 200 m und ca. 700 m Waldflächen an.

Südlich der Stallgebäude fällt das Gelände stark ab; nach ca. 150 m schließt sich eine abschüssige Waldfläche an, die nicht begehbar ist. In Richtung Westen steigt das Gelände leicht an, und nach ca. 200 m beginnt ein hochstämmiger Laubwald, der im Winter begehbar ist. Nach Osten erstreckt sich Ackerfläche bis zum Waldrand nach ca. 700 m. An diesem Waldrand befindet sich eine Geländestufe mit bodennahem, dornigem Bewuchs.

Da im Norden Wohnbebauung mit eingezäunten Gärten (orange gekennzeichnet) vorhanden ist, kann diese Fläche nicht begangen werden.

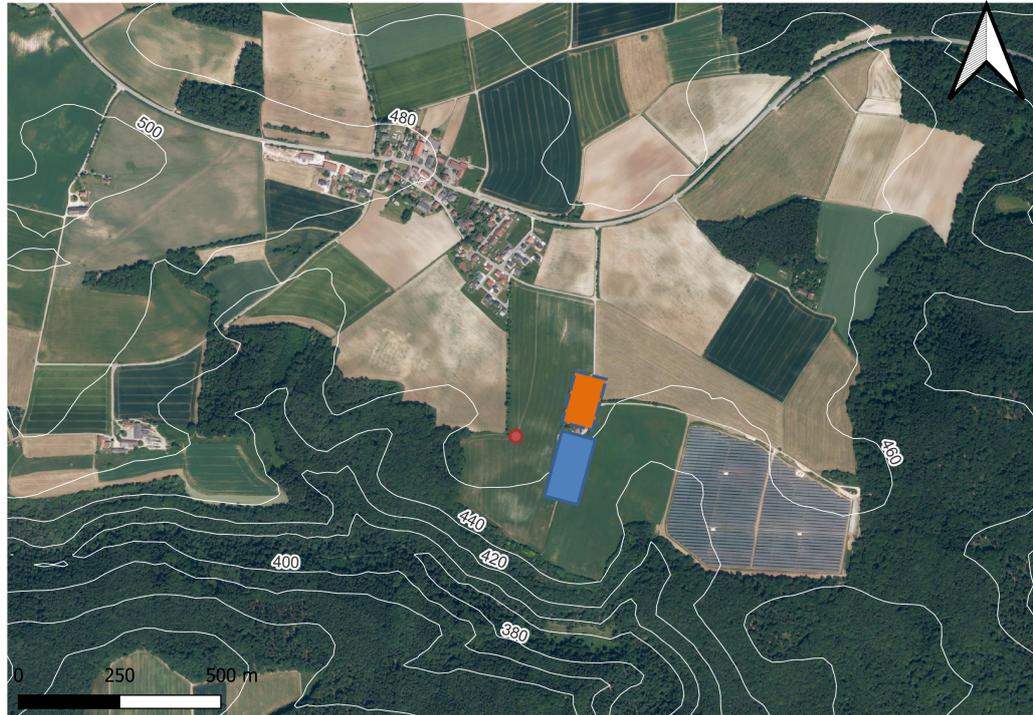


Abbildung 5. Geografische Lage der Anlage S1 mit Einordnung von Störeinflüssen (blau: untersuchter Stall, roter Punkt: meteorologische Messstation, orange: nicht begehbares Gebiet mit umzäunten Gärten und Wohnbebauung), Karte: ©Geobasisdaten: Bayerische Vermessungsverwaltung – www.geodaten.bayern.de, Lizenz: CC BY 4.0, 2023, [20].

Zum Zeitpunkt der Begehungen waren die Flächen gut begehbar, da die Felder brach lagen oder das Getreide die Begehbarkeit nicht einschränkte.

## 4.2 Anlagenbeschreibung

### 4.2.1 M1

Die Anlage in M1 ist ein Außenklimastall für die Schweinemast ohne Auslauf. Der Stallaufbau ist in Abbildung 6 dargestellt. Die Belüftung erfolgt über geöffnete Seitenwände und kann witterungsabhängig über Windschutznetze gesteuert werden. Die Entlüftung erfolgt über die geöffneten Seitenwände und über eine Firstöffnung. Der Funktionsbereich Ruhen wird in begehbaren Boxen realisiert. In diesem Warmbereich erfolgt die Belüftung über Fenster- und Türöffnungen sowie über einen Lüftungsschacht. Über eine Einstreuvorrichtung kann aufbereitetes Kurzstroh in den Liegebereich eingebracht werden. Die Liegeboxen können der Größe der Tiere angepasst werden.

Die Fütterung erfolgt über eine dem Energie- und Nährstoffbedarf angepasste Mehrphasenfütterung mit Breiautomaten am Langtrog in einem eigenen Fress- und Aktivitätsbereich. Der Funktionsbereich zum Koten und Urinieren ist mit einer Dusche und einem Unterflurschieber ausgestattet. Kot und Urin werden über einen V-förmigen Kanal getrennt und später in einer abgedeckten Güllegrube wieder zusammengeführt. Es stehen 1490 Tierplätze in zwei baugleichen Stallgebäuden zur

Verfügung, im Mittel befinden sich ca. 1300 Tiere in den Stallgebäuden. Die Mast erfolgt im kontinuierlichen Verfahren.

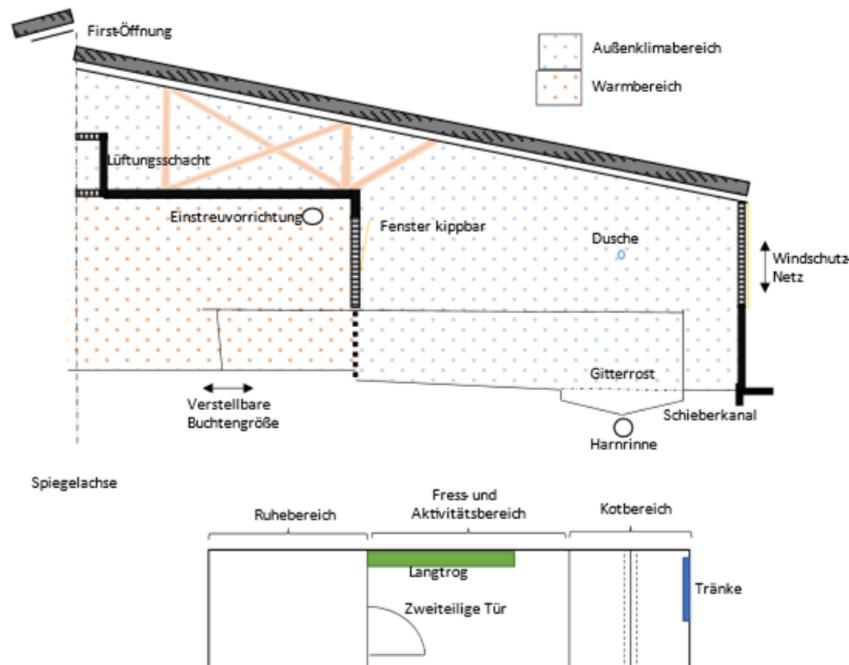


Abbildung 6. Stallaufbau und Buchtenstruktur, Außenklimastall in M1. ©Bayerisches Landesamt für Umwelt

#### 4.2.2 M2

Beim Betrieb in M2 handelt es sich um einen Schweinemastbetrieb mit Offenfrontställen. Insgesamt sind vier baugleiche Stallgebäude (vgl. Abb. 8) am Standort errichtet. Der Luftaustausch kann über Jalousien an der Vorder- und Rückseite gesteuert werden. Den Schweinen stehen unterschiedliche Funktionsbereiche zur Verfügung. Der Liegebereich ist in größenverstellbaren Kisten ausgeführt und wird per Hand eingestreut. Die Einstreumenge variiert je nach Witterung.

Die Entmistung im Kot- und Harnbereich erfolgt über einen stationären Oberflurschieber. Der planbefestigte Kotbereich ist mit einem beidseitigen Gefälle zur zentralen Kotrinne ausgestattet. Der anfallende Kot wird in Behältern am Ende der Schweineställe gesammelt und anschließend mit einem Radlader einem Festmistbehälter zugeführt. Der gesammelte Festmist wird regelmäßig zu einer Biogasanlage transportiert. Der Urin wird in eine separate, abgedeckte Jauchegrube geleitet.

Die Fütterung erfolgt in mehreren Phasen nährstoffangepasst über Trockenfutterautomaten. Für die Flüssigkeitsaufnahme stehen den Tieren Beckentränken zur Verfügung. Die Bewirtschaftung erfolgt im Rein-Raus-Verfahren in stallweiser Aufstallung. Die genehmigte Tierplatzzahl beträgt insgesamt 1024 Tierplätze.

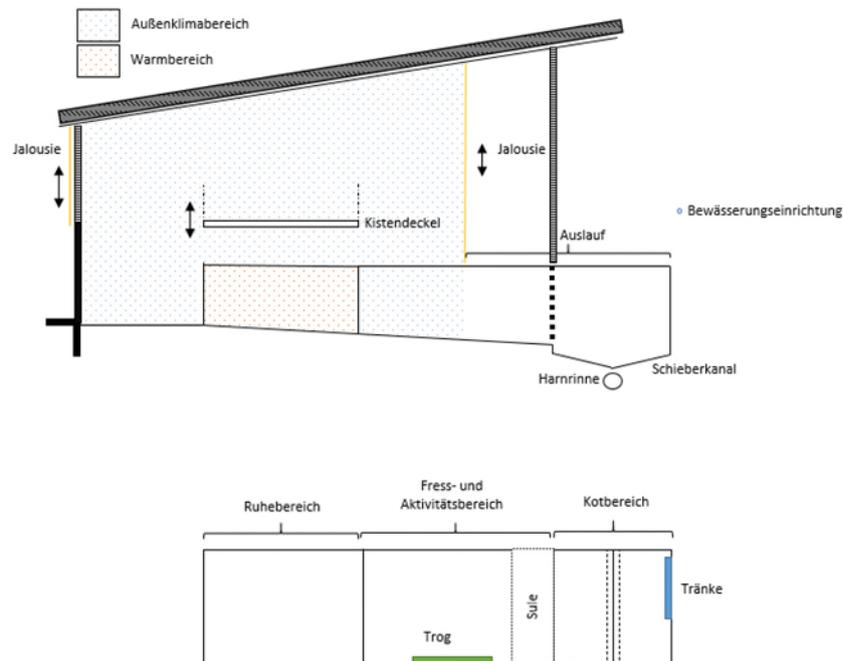


Abbildung 7. Stallaufbau und Buchtenstruktur, Außenklimastall in M2. ©Bayerisches Landesamt für Umwelt

#### 4.2.3 M3

Der Betrieb in M3 ist eine Mastschweinehaltung. Die drei baugleichen Ställe sind nach dem Pig-Port 3-Konzept mit Flüssigmist gebaut (siehe Abb. 9). Im Innenbereich befinden sich die Liegekisten und ein Bereich für die Breifütterung. Der Boden im Liegebereich ist planbefestigt und im Bereich der Fütterung perforiert, um überschüssigen Brei und verschüttetes Tränkewasser in den Flüssigmistkanal abzuleiten. Die Fütterung erfolgt angepasst in drei Phasen mit Futtermischungen für die Vor-, Mittel- und Endmast.

Das Koten und Urinieren erfolgt überwiegend im vollperforierten Auslauf mit Flüssigmistkanal. Der Flüssigmist wird in Güllekanälen angestaut und zweimal wöchentlich entleert. Die Gülle wird einer Biogasanlage zugeführt. Aufgrund der Marktanforderungen wird der Liegebereich eingestreut; eine Gülleaufbereitung kann erforderlich werden. Die Anlage hat eine genehmigte Kapazität von 1499 Tierplätzen und wird im Rein-Raus-Verfahren mit stallweiser Aufstallung betrieben.

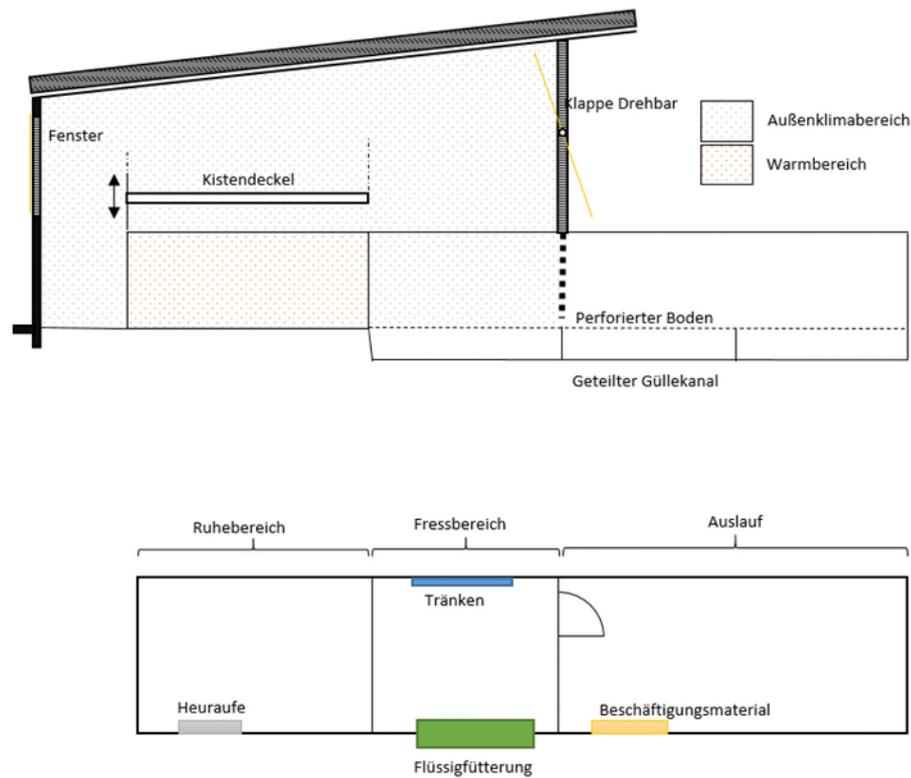


Abbildung 8. Stallaufbau und Buchtenstruktur, Außenklimastall in M3. ©Bayerisches Landesamt für Umwelt

#### 4.2.4 S1

Bei der untersuchten Anlage handelt es sich um eine ökologische Sauenhaltung mit 90 Sauen und anschließender Ferkelaufzucht. Die Ferkelerzeugung ist auf einen Abferkelstall, einen Gruppenstall mit Eberhaltung in der Nachbarbucht, einen Gruppensäugestall und einen Ferkelaufzuchtstall mit einzelnen Buchten zur Jungsauennachzucht aufgeteilt. Die Lage der Stallgebäude ist in Abbildung 9 dargestellt, die Bauweise der einzelnen Ställe im Grundriss und Aufriss in Abbildung 10. Die Haltung ist nach den Richtlinien des Verbands Naturland e.V. zertifiziert. Die Entmistung erfolgt manuell und in der Regel zweimal wöchentlich je Stall; die Jauche fließt über Ableitungen ab. Im Außenbereich befinden sich Flächen zum Abkoten sowie zwei Festmistlager.



Abbildung 9. Lage der Stallbereiche: 1: Gruppensägestall, 2: Wartestall, 3: Ferkelaufzucht und Jungsauenaufzucht, 4: Abferkelstall. Karte: ©Geobasisdaten: Bayerische Vermessungsverwaltung – [www.geodaten.bayern.de](http://www.geodaten.bayern.de), Lizenz: CC BY 4.0, 2023, [20].

Die Ferkelerzeugung ist auf mehrere Außenklimaställe mit Auslauf verteilt. Die Ferkelaufzucht und die Jungsauenaufzucht erfolgen im gleichen Bereich in getrennten Buchten. In der Jungsauenaufzucht werden ca. 35 Jungsaue von 30 bis 110 kg gehalten. In der Ferkelaufzucht werden durchschnittlich ca. 160 Ferkel bis 28 kg gehalten.

Im Abferkelstall stehen 24 Buchten zur Verfügung, von denen im Jahresdurchschnitt 20 belegt sind. Im Gruppensäugerstall befinden sich insgesamt 10 Sauen mit je 12 Ferkeln in drei Buchten sowie 15 tragenden Sauen. Im Deck- und Wartestall befinden sich ca. 56 Sauen, die an einer Einzelstandfütterung sensorgesteuert gefüttert werden. In diesem Stall wird noch ein Eber in einer Einzelbucht gehalten. Die einzelnen Stallgebäude sind in der folgenden Abbildung dargestellt. Die Lagerung des Festmistes erfolgt auf offenen Festmistmieten mit Ableitung der Jauche in einen abgedeckten Betonbehälter.

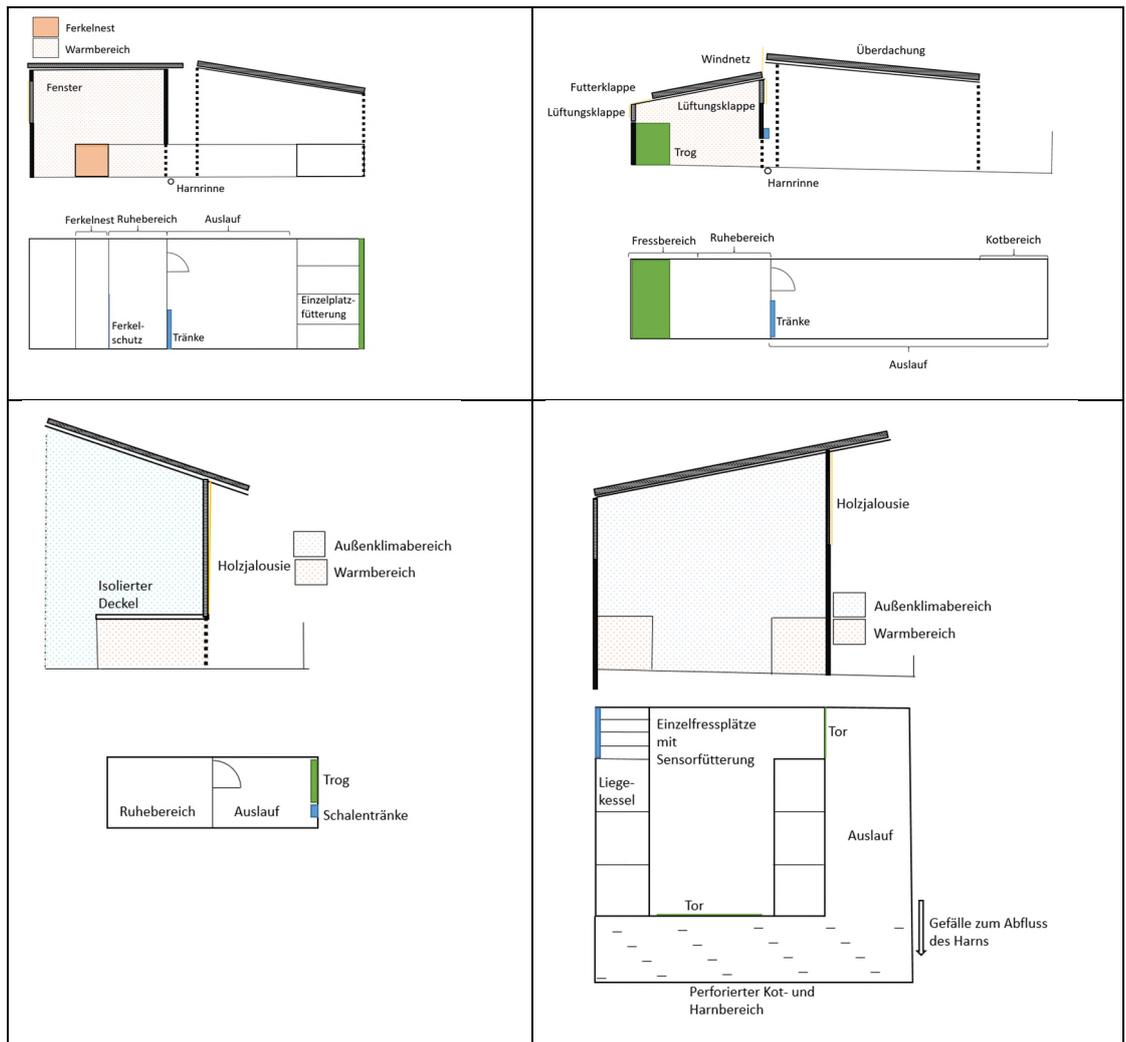


Abbildung 10. Bauweise bzw. Buchtenstruktur der einzelnen Ställe von Betrieb S1: Gruppensügestall (oben links), Ferkelaufzucht und Jungsauennachzucht (oben rechts), Abferkelstall (unten links) und Deck- und Wartestall (unten rechts).

#### 4.2.5 Zusammenfassung der betrieblichen Daten

In der folgenden Tabelle 2 werden die betrieblichen Parameter der Mastschweinehaltung und Ferkelerzeugung zusammengefasst.

Tabelle 2. Zusammenfassung der Daten für Mastschweinehaltung und Ferkelerzeugung.

Anlage	M1	M2	M3	S1
Haltung	Mast	Mast	Mast	Ferkelerzeugung
Tierplatzzahl	1490	1028	1499	90
Platzangebot pro Tier [m <sup>2</sup> ]	0,96 – 1,45	1,56	1,5	Nach ökologischen Richtlinien
Großvieheinheiten bei Fahnenbegehung [GV]	135 - 223	126 - 163	107 - 194	45
Auslauf	nein	ja	ja	ja
Lüftung	Trauf-First	Offenfront	Offenfront	Querlüftung
Belegung	kontinuierlich	Rein-Raus	Rein-Raus	kontinuierlich
Fütterung	Multiphasen	Multiphasen	3-Phasen	Ökologisch
Entmistung	Schieber	Schieber	Güllekanal	Mobile Entmistung
Güllelagerung	geschlossen	Festmistcontainer (temporär)	geschlossen	Festmistmieten
Kot-Harn-Trennung	ja	ja	nein	teilweise ja

#### 4.3 Betriebsbedingungen während der Messtage

##### 4.3.1 M1

Die Erhebung der Betriebsdaten während der Messungen erfolgte am Messtag bzw. im Nachgang durch den Auftraggeber LfU. Die Tierzahlen und die daraus resultierenden Tiermassen sind für die einzelnen Begehungstage in der folgenden Tabelle 3 zusammengestellt.

Tabelle 3. Stallbelegung an den vier Messtagen.

Messtag		1	2	3	4
Jahreszeit		Frühling	Sommer	Herbst	Winter
Anzahl Mastschweine	n	1238	751	956	996
Summe	GV	223	135	172	179

Während der Begehungen am 10.02.2022 war der Schieber für die Kotbeseitigung ausgefallen. Die Entmistung erfolgte durch Spülen mit Wasser. Möglicherweise entstand dadurch eine gegenüber dem Normalzustand veränderte Geruchsfahne.

### 4.3.2 M2

Die Erhebung der Betriebsdaten während der Messungen erfolgte am Messtag bzw. im Nachgang durch den Auftraggeber LfU. Die Tierzahlen und die daraus resultierenden Tiermassen sind für die einzelnen Begehungstage in der folgenden Tabelle 4 zusammengestellt.

Tabelle 4. Stallbelegung an den vier Messtagen.

Messtag		1	2	3	4
Jahreszeit		Frühling	Sommer	Herbst	Winter
Anzahl Mastschweine	n	942	756	813	982
Summe	GV	136	125	142	164

Während der Sommerbegehung waren im nördlichsten Stallgebäude keine Schweine eingestallt, woraus die geringere GV-Zahl resultiert.

Dem Eindruck vor Ort nach (Angabe durch den Auftraggeber LfU) war der Verschmutzungsgrad der Buchten am Tag der Begehungen jeweils auf einem normalen Niveau, der Ruhebereich war trocken und sauber. Die Reinigungsfrequenz des Schiebers beträgt 5 - 6 mal pro Tag.

### 4.3.3 M3

Die Erhebung der Betriebsdaten während der Messungen erfolgte am Messtag bzw. im Nachgang durch das Messinstitut bzw. den Auftraggeber LfU. Die Tierzahlen und die daraus resultierenden Tiermassen sind für die einzelnen Begehungstage in der folgenden Tabelle 5 zusammengestellt.

Tabelle 5. Stallbelegung an den vier Messtagen.

Messtag		1	2	3	4
Jahreszeit		Frühling	Sommer	Herbst	Winter
Anzahl Mastschweine	n	1067	1013	1484	1499
Summe	GV	144	133	193	148

### 4.3.4 S1

Die Erhebung der Betriebsdaten während der Messungen erfolgte am Messtag bzw. im Nachgang durch das Messinstitut bzw. durch den Auftraggeber LfU. Die Tierzahlen und die daraus resultierenden Tiermassen sind für die einzelnen Begehungstage in der folgenden Tabelle 6 zusammengestellt. Dabei sind auch die ungefähren Abmessungen der beiden Festmistmieten aufgeführt. Diese wurden am 06.09.2021 und am 30.08.2022 geleert. Die Abmaße bis zur Leerung betragen bei Festmistlager 1 circa  $20 \times 6 \times 2 \text{ m}^3$  ( $240 \text{ m}^3$ ) und bei Festmistlager 2 circa  $6 \times 8 \times 2 \text{ m}^3$  ( $96 \text{ m}^3$ ). Bei der Begehung im Herbst war das Festmistlager nahezu freigeräumt.

Tabelle 6. Stallbelegung an den vier Messtagen.

<b>Messtag</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Jahreszeit		Frühling	Sommer	Herbst	Winter
Anzahl Schweine	n	297	344	335	297
Festmistlager 1	m <sup>3</sup>	80	80	Geleert am 30.08.2022 <sup>1)</sup>	30
Festmistlager 2	m <sup>3</sup>	14	14	Geleert am 30.08.2022 <sup>1)</sup>	5
Summe	GV	45,1	46,5	46,3	45,1

<sup>1)</sup> Gesamtfläche ca. 12 m<sup>2</sup> nach Angabe des Landwirts.

## 5 Ergebnisse

### 5.1 Meteorologische Randbedingungen

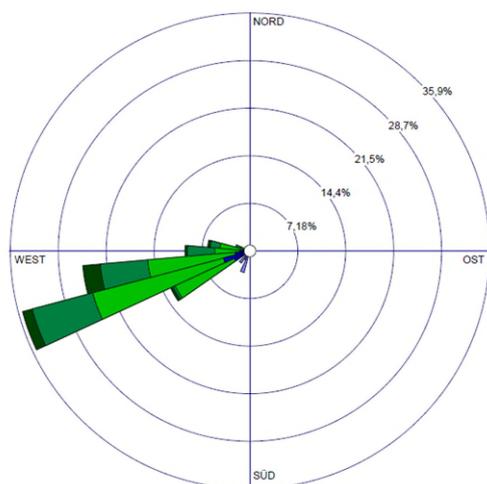
Die während der Messungen erfassten meteorologischen Gegebenheiten der vier Außenklimaställe sind in den folgenden Tabellen zusammengefasst, dabei sind die Kenngrößen der Sollvorgaben der DIN EN 16841-2 mit aufgeführt. Für eine bessere Übersichtlichkeit werden die Standorte in Unterkapiteln für die jeweiligen Parameter dargestellt.

Schwierigkeiten ergaben sich bei einzelnen Geruchsfahnenbegehungen durch das Drehen der Windrichtung, wodurch die Prüfer neu aufgestellt werden mussten. Besonderheiten bei der Messdurchführung werden in diesem Bericht verbal erläutert. Die Einzelergebnisse werden digital zur Verfügung gestellt.

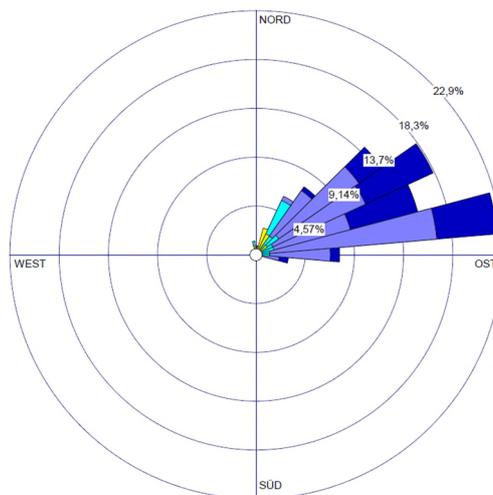
#### 5.1.1 M1

In Abbildung 11 werden die Windrosen für die Begehungszeiträume in M1 dargestellt. In Tabelle 7 werden die relevanten Messdaten (Lufttemperatur Windrichtung und -geschwindigkeit, Stabilität der Atmosphäre) statistisch aufbereitet aufgeführt.

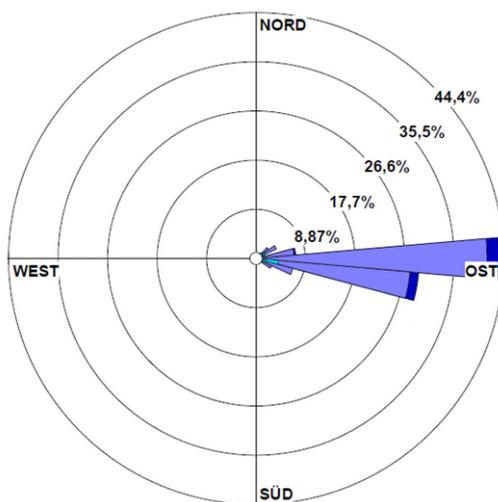
Frühling



Sommer



Herbst



Winter

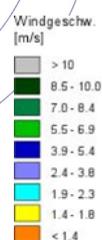
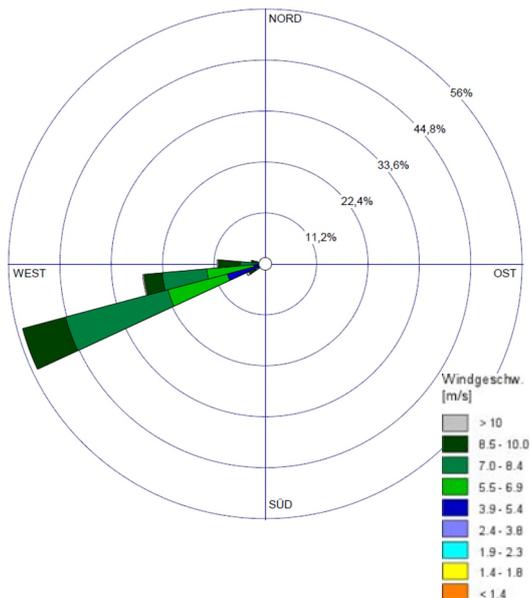


Abbildung 11. Windrichtung und -geschwindigkeit an den vier Messtagen in M1.

Tabelle 7. Meteorologie der vier Messtage in M1.

Messtag		1	2	3	4
Jahreszeit		Frühling	Sommer	Herbst	Winter
Mittlere Lufttemperatur	°C	16,0	23,4	10,0	8,5
Hauptwindrichtung	°	WSW	ONO	O	WSW
Mittlere Windgeschwindigkeit	m/s	6,2	2,9	2,8	6,6
Zeitanteil Windgeschwindigkeit > 2 m/s	%	100	80	91	100
Zeitanteil zulässige Stabilität der Atmosphäre	%	86	40	57	86

## Windrichtung

Aus der Tabelle 7 wird deutlich, dass erwartungsgemäß höhere Windgeschwindigkeiten bei Südwestwinden auftraten und geringere Windgeschwindigkeiten bei Ostwind.

Während der Frühlingsbegehung herrschte als Primärmaximum Westsüdwestwind. Während des ersten Messzeitintervalls drehte der Wind von Richtung Südsüdwest in westliche Richtung, weshalb die weiteren Schnittlinien in östliche Richtung verschoben wurden. Im zweiten Messzeitintervall herrschte Westsüdwestwind, im dritten drehte der Wind abermals auf West, wobei die Geruchsfahne sich durch die Gelände- bzw. Gebäudestruktur nach Ostsüdost verschob.

Während der Fahnenbegehung am Messtag im Sommer herrschte Nordostwind. Während des ersten Messzeitintervalls verdriftete die Windrichtung von Ost in Richtung Ostnordost. Im zweiten Messzeitintervall verlagerte sich die Windrichtung nach Nordost und im Anschluss weitete sich der Windrichtungssektor auf und die Windrichtung verlagerte sich nach Osten, so dass insgesamt ein breiter gefächerter Windsektor von ungefähr 70° vorlag.

Während des Messverlaufs der Herbstbegehung herrschte konstanter Ostwind. Im letzten Messzeitintervall weitete sich der Windsektor zusätzlich stark auf und die Windgeschwindigkeit nahm ab.

In der Winterbegehung drehte sich der Wind von Westsüdwest im zweiten Messzeitintervall auf West und anschließend während des letzten Messzeitintervalls wieder auf den Ausgangszustand.

Die Vorgaben der Norm zur maximalen Größe des Windsektors konnten an den Messtagen im Frühling, Herbst und Winter nahezu eingehalten werden. Im Sommer hingegen lag ein Windsektor von ca. 70 ° vor. Somit war die Vorgabe des Windsektors von < 25° zu keiner Jahreszeit vollständig eingehalten.

### **Windgeschwindigkeit**

Während der Fahnenbegehung im Winter und Frühling traten böenartige Spitzengeschwindigkeiten von mehr als 8 m/s auf. Im Sommer wurden zeitweise zu Beginn des ersten Messzeitintervalls Windgeschwindigkeiten  $< 2$  m/s festgestellt.

Bei westlichen Windrichtungen wurden erwartungsgemäß höhere Windgeschwindigkeiten gemessen als bei östlichen Windrichtungen im Sommer und im Herbst.

Die Anforderung an die Windgeschwindigkeit nach DIN EN 16841-2 von  $> 2$  m/s wurde an den vier Messtagen größtenteils eingehalten.

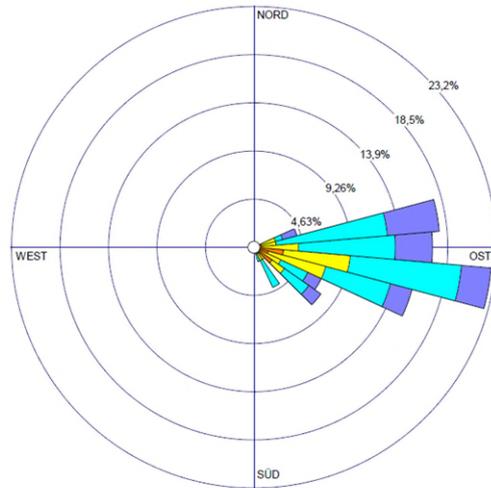
### **Stabilität der Atmosphäre**

Die Stabilitätsklassen wurden den gemessenen Monin-Obukhov-Längen mit der Rauigkeitslänge von  $z_0 = 0,1$  m nach DIN EN 16841-2 Anhang C zugeordnet. Die Anforderungen der Norm an die Stabilität der Atmosphäre wurde bei der Frühlings- und Winterbegehung mit 86 % größtenteils erfüllt. In den übrigen Monaten lag sie in etwa 40 - 57 % der Messzeit vor.

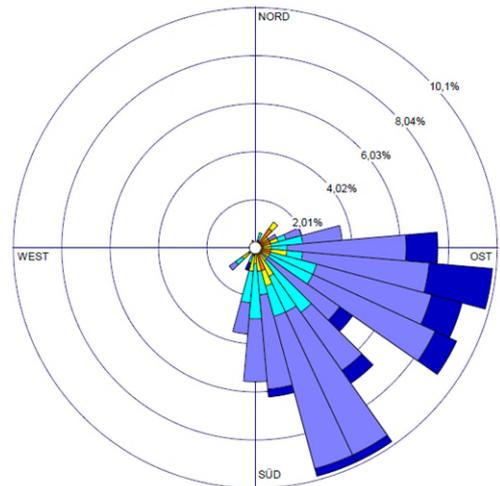
#### **5.1.2 M2**

In Abbildung 12 werden die Windrosen an den vier Messtagen in M2 dargestellt. In Tabelle 8 werden die relevanten Messdaten aufgeführt.

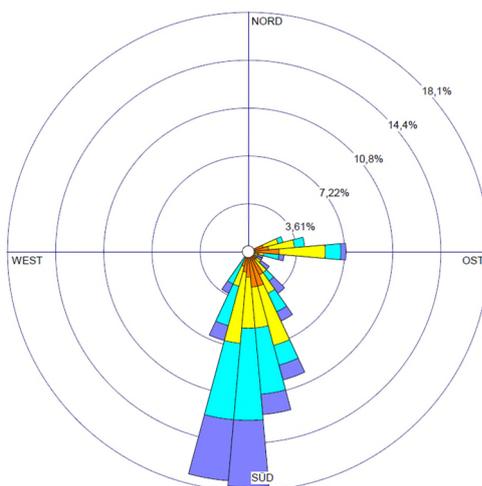
Frühling



Sommer



Herbst



Winter

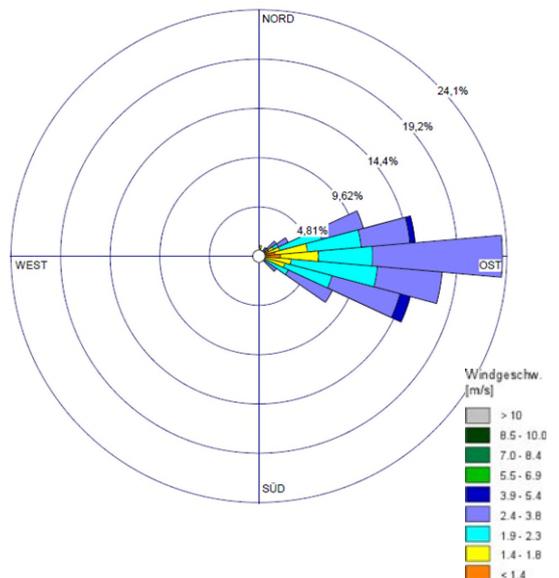


Abbildung 12. Windrichtung und -geschwindigkeit an den vier Messtagen in M2.

Tabelle 8. Meteorologie an den vier Messtagen in M2.

Messtag		1	2	3	4
Jahreszeit		Frühling	Sommer	Herbst	Winter
Mittlere Lufttemperatur	°C	17,0	26,5	12,5	2,4
Primärmaximum/ Sekundärmaximum	°	OSO	OSO/SSO	S/O	O
Mittlere Windgeschwindigkeit	m/s	2,0	2,7	1,8	1,8
Zeitanteil Windgeschwindigkeit > 2 m/s	%	50	72	38	68
Zeitanteil zulässige Stabilität der Atmosphäre	%	48	39	40	85

### **Windrichtung**

An den Messtagen im Frühling und im Winter trat weitgehend kontinuierlicher Ost- bzw. Südostwind aus einem Sektor von ungefähr 60° auf. Besondere Windsituationen herrschten im Herbst und im Sommer vor.

Aus der Abbildung 12 wird deutlich, dass sich am Messtag im Sommer die Windrichtung auf einem Sektor von 90° über den gesamten Messzeitraum erstreckte. Die Windrose spaltete sich auf zwei Hauptmaxima, ein Hauptmaximum aus Ostsüdost und eines aus Südsüdost. Die südöstlichen Windrichtungen waren demgegenüber schwächer vertreten. Zudem drehte der Wind kontinuierlich zwischen 90° – 180°. Die breit gefächerte Windrichtung sowie der konstant drehende Wind erschwerte die Ermittlung der Fahnenreichweiten während der Messzeitintervalle.

Im Herbst drehte der Wind nach dem ersten Messzeitintervall von Osten nach Süden. Zeitlich konnten die einzelnen Messzeitintervalle bei jeweils einer vorherrschenden Windrichtung durchgeführt werden. Im Messzeitintervall 1 herrschte vorwiegend Südostwind mit leichten Ostnordostanteilen. Im Anschluss traten im Messzeitintervall 2 und 3 stabile Ostwindverhältnisse auf.

Der Windrichtungssektor während jedem Messzeitraum war größer als 25°. Im Umfeld dieses Betriebs konnten die Begehungen nur bei östlichen Windrichtungen durchgeführt werden, so dass geringe Windgeschwindigkeiten und größere Schwankungen der Windrichtung zu erwarten waren.

Die Vorgaben der Norm zur maximalen Größe des Windsektors konnten zu keiner Fahnenbegehung eingehalten werden.

### **Windgeschwindigkeit**

Die Windgeschwindigkeiten lagen in der Tendenz am unteren Ende der Sollvorgaben; der Wert von 2 m/s wurde im Mittel an den Messtagen im Herbst und im Winter unterschritten.

### **Stabilität der Atmosphäre**

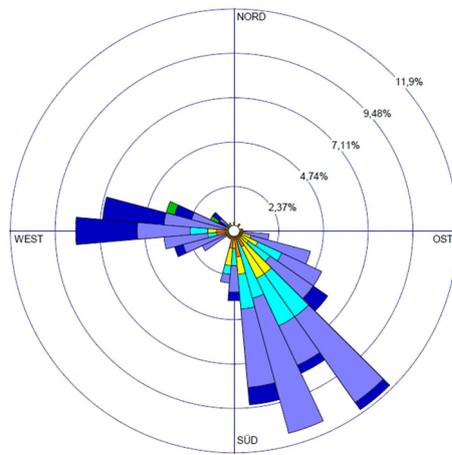
Die Stabilitätsklassen wurden den gemessenen Monin-Obukhov-Längen mit der Rauigkeitslänge von  $z_0 = 0,25$  m nach DIN EN 16841-2 Anhang C zugeordnet.

Die Anforderungen der Norm an die Stabilität der Atmosphäre wurde bei der Wintermessung mit 85 % am besten erfüllt. In den übrigen Monaten lag sie in etwa 40 - 50 % der Messzeit vor.

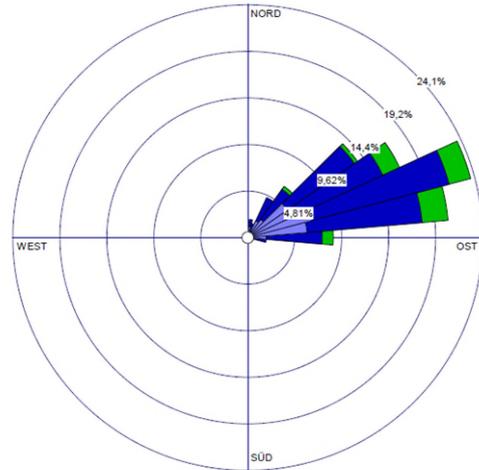
#### **5.1.3 M3**

In Abbildung 13 werden die Windrosen an den vier Messtagen in M3 dargestellt. In der Tabelle 9 werden die relevanten Messdaten aufgeführt.

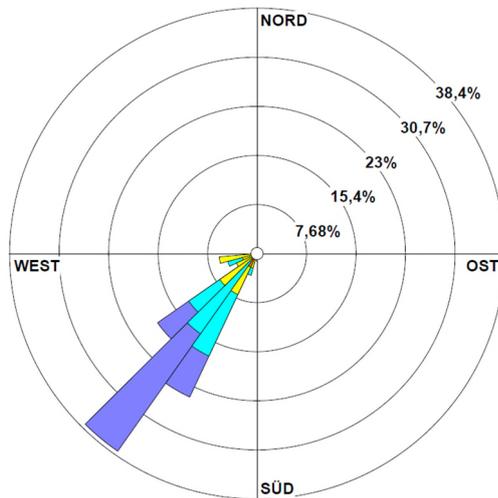
Frühling



Sommer



Herbst



Winter

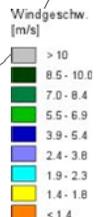
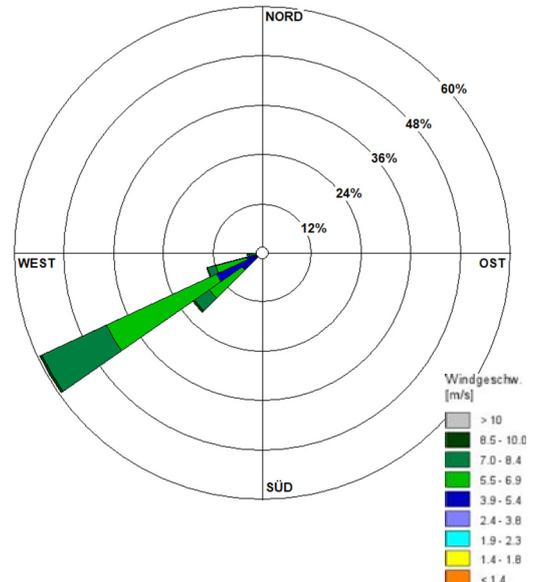


Abbildung 13. Windrichtung und -geschwindigkeit an den vier Messtagen in M3.

Tabelle 9. Meteorologie an den vier Messtagen in M3.

Messtag		1	2	3	4
Jahreszeit		Frühling	Sommer	Herbst	Winter
Mittlere Lufttemperatur	°C	18,4	17,0	12,2	4,0
Primärmaximum/ Sekundärmaximum	°	SSO/W	ONO	SW	SW
Mittlere Windgeschwindigkeit	m/s	2,5	4,3	2,5	6,0
Zeitanteil Windgeschwindigkeit > 2 m/s	%	63	100	75	100
Zeitanteil zulässige Stabilität der Atmosphäre	%	55	84	89	91

### **Windrichtung**

Aus der Abbildung 13 geht hervor, dass an den Messtagen im Herbst und im Winter weitgehend konstante Südwestwinde bei stark gerichteter Windrose auftraten.

Besondere Windsituationen herrschten im Frühling; hier lagen in den ersten beiden Messzeitintervallen am Messtag in den ersten beiden Messzeitintervallen südöstliche Windrichtungen mit geringen Windgeschwindigkeiten vor; dabei drehte der Wind zwischen 120° und 180°. Dadurch war die Ermittlung der Fahnenreichweite erschwert. Im 3. Messzeitintervall kam der Wind mit höheren Windgeschwindigkeiten aus Westen.

Bei der Sommerbegehung traten konstante Ostnordostwinde in einem Sektor von 50° auf.

Die Vorgaben der Norm zur maximalen Größe des Windsektors konnten nur im Winter eingehalten werden.

### **Windgeschwindigkeit**

Aus den Auswertungen, die auf Minutenmittelwerten beruhen, geht hervor, dass die meteorologischen Daten im Wesentlichen innerhalb der Sollvorgaben der DIN EN 16841-2 lagen.

Aufgrund der teils böigen Witterung am Messtag im Winter traten gelegentlich Windgeschwindigkeiten > 8 m/s auf. Im Frühling, Sommer und Herbst lagen die mittleren Windgeschwindigkeiten zwischen 2,5 und 4,3 m/s.

Die Vorgaben der Norm konnten im Mittel für die genannten Messtage eingehalten werden.

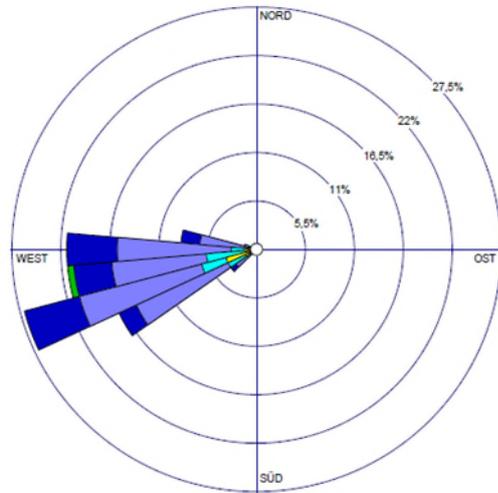
### **Stabilität der Atmosphäre**

Die Stabilitätsklassen wurden den gemessenen Monin-Obukhov-Längen mit der Rauigkeitslänge von  $z_0 = 0,13$  m nach DIN EN 16841-2 zugeordnet. Die Stabilität war im Wesentlichen wie nach Richtlinie gefordert indifferent, die zulässigen Monin-Obukhov-Längen lagen im Sommer, Herbst und Winter in mehr als 80 % der Zeit vor. Am Messtag im Frühling betrug der Anteil nur 55 %.

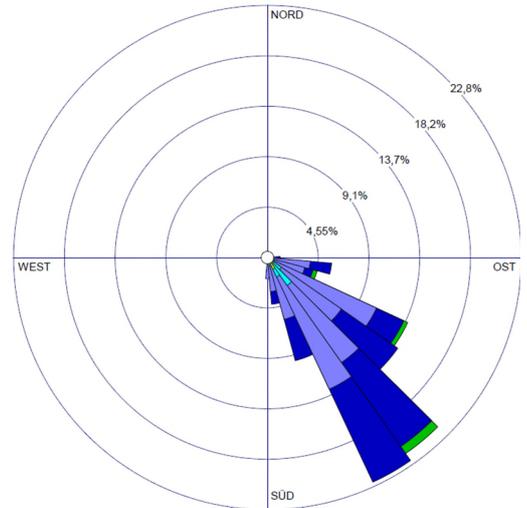
#### **5.1.4 S1**

In Abbildung 14 werden die Windrosen an den vier Messtagen in S1 dargestellt. In Tabelle 10 werden die relevanten Messdaten aufgeführt.

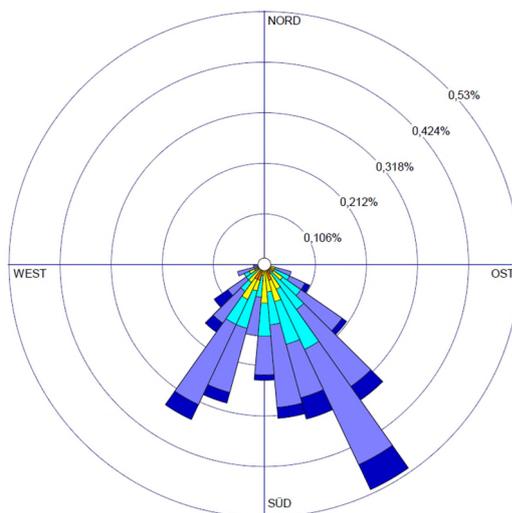
Frühling



Sommer



Herbst



Winter

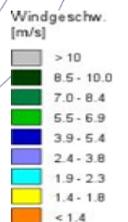
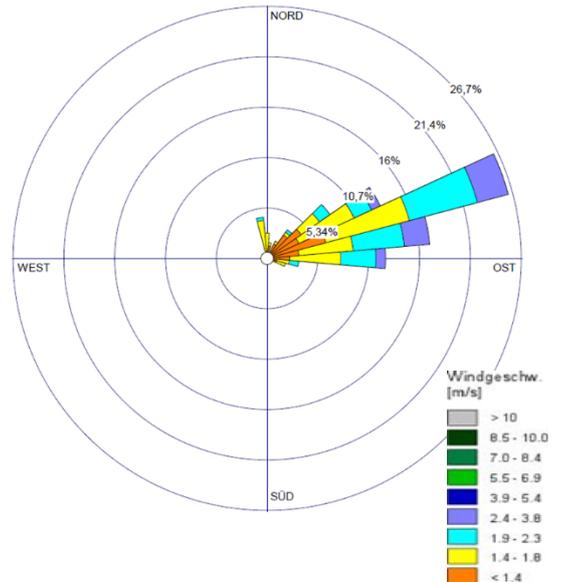


Abbildung 14. Windrichtung und -geschwindigkeit an den vier Messtagen in S1.

Tabelle 10. Meteorologie an den vier Messtagen in S1.

Messtag		1	2	3	4
Jahreszeit		Frühling	Sommer	Herbst	Winter
Mittlere Lufttemperatur	°C	18,7	16,3	24,1	2,2
Primärmaximum/Sekundärmaximum	°	WSW	SO	SSO/SSW	ONO
Mittlere Windgeschwindigkeit	m/s	4,1	3,5	2,6	1,6
Zeitanteil Windgeschwindigkeit > 2 m/s	%	97	88	72	23
Zeitanteil zulässige Stabilität der Atmosphäre	%	98	67	40	22

### Windrichtung

Aus der Abbildung 14 geht hervor, dass am Messtag im Frühling die Fahnenbegehungen bei der Windrichtung Westsüdwest mit vergleichsweise hohen Windgeschwindigkeiten durchgeführt wurden. Zudem wird deutlich, dass sich während dieser Fahnenbegehung die Windrichtung auf einen Sektor von 60° über den gesamten Messzeitraum erstreckte.

Am Messtag im Sommer herrschten während der Geruchsfahnenbegehungen stabile Südostwinde bei einer Auffächerung der Windrose bis zu 80°. Die Windgeschwindigkeiten im Messzeitraum betragen > 2 m/s.

Im Herbst lagen die Windrichtungen Südsüdost und Südsüdwest vor. Die südöstlichen Windrichtungen traten bei mittleren Windgeschwindigkeiten auf. Dabei drehte der Wind kontinuierlich zwischen 120° – 180°. Die breit gefächerte Windrichtung sowie der konstant drehende Wind mit mittleren Windgeschwindigkeiten erschwerte die Ermittlung der Fahnenreichweiten während der Messzeitintervalle.

Im Winter herrschten primär Windrichtungen aus Ostnordost mit geringen Windgeschwindigkeiten im gesamten Messzeitraum vor. Der Sektor der Windrichtungen betrug 50°.

Die Vorgaben der Norm bezüglich dem Windsektor von 25° konnten nicht eingehalten werden.

### Windgeschwindigkeit

Aus den Auswertungen, die auf Minutenmittelwerten beruhen, geht hervor, dass die Windgeschwindigkeit an den Messtagen im Frühling, Sommer und Herbst im Bereich der Sollvorgaben der DIN EN 16841-2 lag. Dahingegen wurden im Winter die Anforderungen an die Mindestwindgeschwindigkeit nicht eingehalten.

### Stabilität der Atmosphäre

Die Stabilitätsklassen wurden den gemessenen Monin-Obukhov-Längen mit der Rauigkeitslänge von  $z_0 = 0,25$  m nach DIN EN 16841-2 Anhang C zugeordnet. Während der Fahnenbegehungen im Frühling und Sommer wurden die Anforderungen an die Stabilität der Atmosphäre fast vollständig bzw. in der überwiegenden Zeit erfüllt. An den Messtagen im Herbst und im Winter lagen die zulässigen Monin-Obukhov-Längen hingegen nur in weniger als der Hälfte der Zeit vor.

## 5.2 Schätzwerte der maximalen Fahnenreichweiten

Die Schätzwerte der maximalen Fahnenreichweiten werden in den folgenden Tabellen dargestellt.

Der Schätzwert der maximalen Fahnenreichweite ist definiert als Abstand entlang der Fahnenachse zwischen der Quelle und dem Punkt, der in der Mitte zwischen der am weitesten entfernten Schnittlinie mit Geruchsfeststellungen und der ersten Schnittlinie liegt, bei der an allen Messpunkten kein Geruch festgestellt wurde. Als Bezugspunkt zur Abschätzung der Fahnenreichweite wurde jeweils der geografische Mittelpunkt

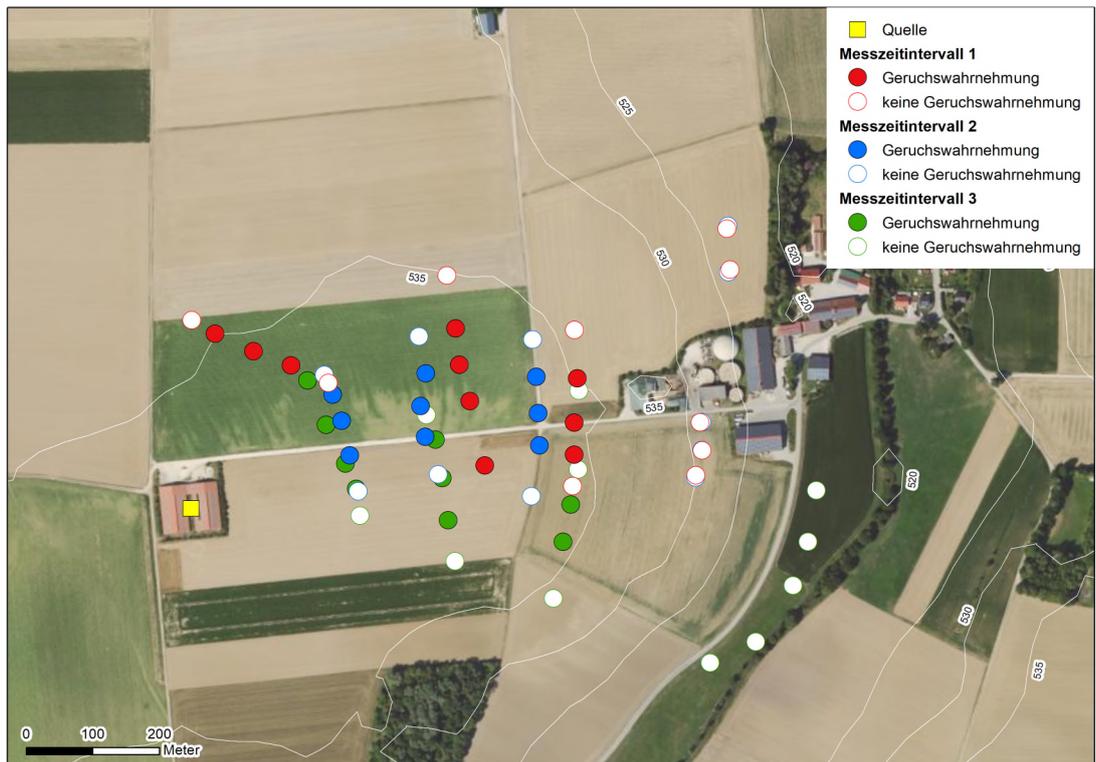
der Stallgebäude gewählt, da die Quellstärken der einzelnen Geruchsquellen bzw. deren Lage zum Zeitpunkt der Messungen nicht zuverlässig bekannt waren.

Die Einzelergebnisse der Geruchsfahnenbegehungen sind in der Anlage enthalten.

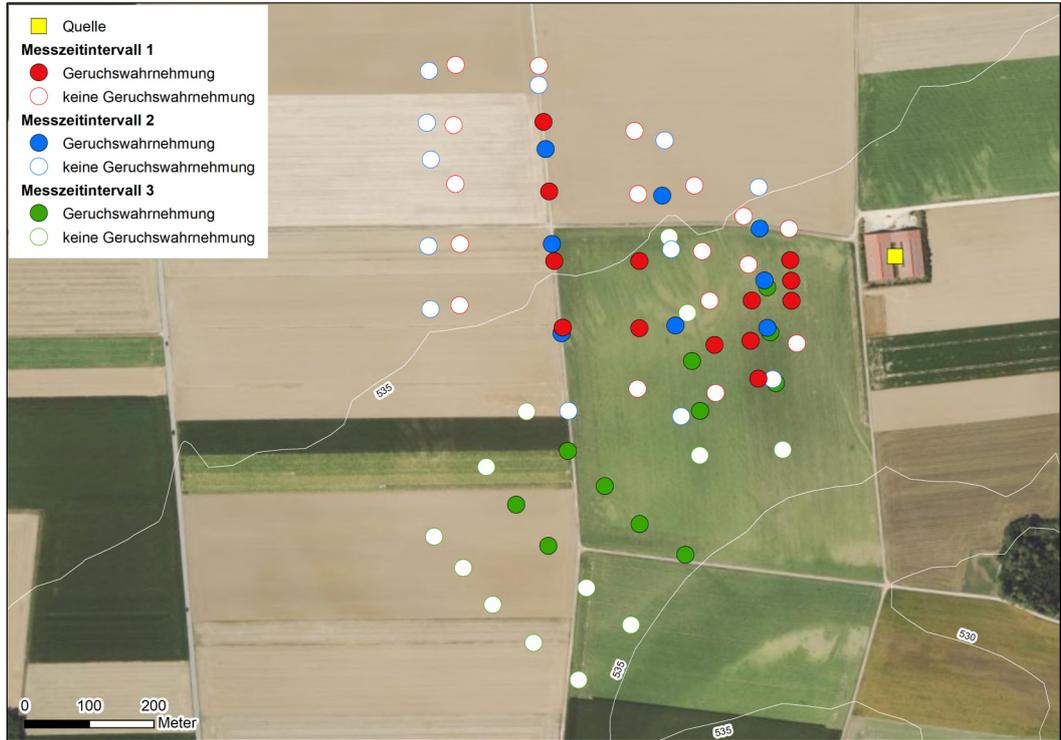
### 5.2.1 M1

In den folgenden Abbildungen werden zunächst die an den vier Messtagen begangenen Messpunkte mit und ohne Geruchswahrnehmung dargestellt.

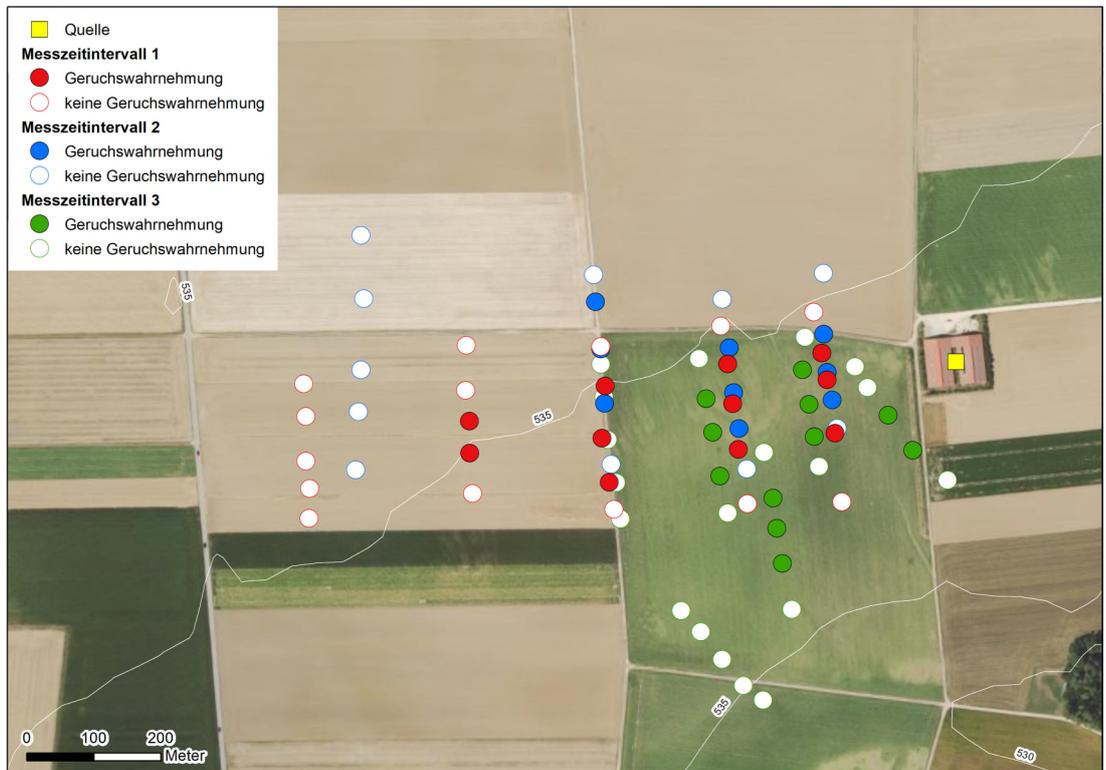
Messtag im Frühling



Messtag im Sommer



Messtag im Herbst



## Messtag im Winter

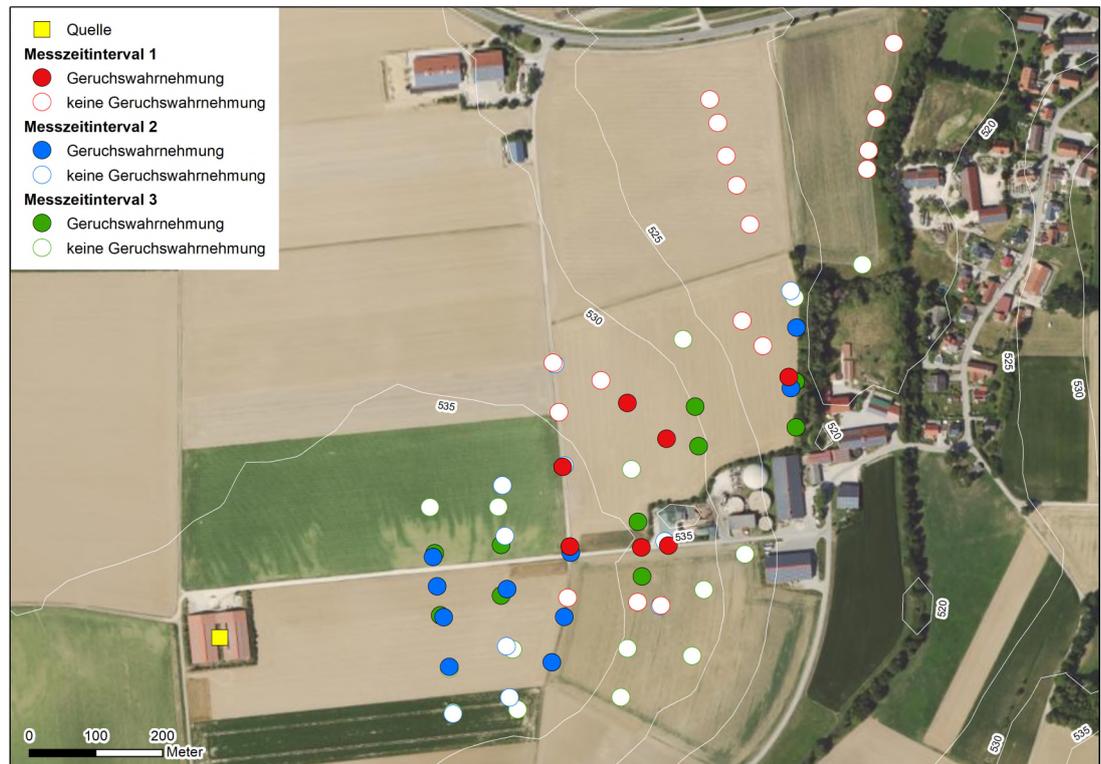


Abbildung 15. Übersicht der Geruchsfahnenbegehungen mit und ohne Geruchswahrnehmungen der vier Messtage in M1. ©Geobasisdaten: Bayerische Vermessungsverwaltung – [www.geodaten.bayern.de](http://www.geodaten.bayern.de), Lizenz: CC BY 4.0, 2023, [20].

## Messtag im Frühling

Die Fahnenreichweiten konnten im Frühling bestimmt werden. Nach der Durchführung der Messungen an der Schnittlinie 1 im Messzeitintervall 1 drehte der Wind von Richtung Südsüdwest in westliche Richtung, weshalb die weiteren Schnittlinien in östliche Richtung verschoben wurden.

Obwohl westsüdwestliche Windrichtungen im dritten Messzeitintervall vorherrschten, erstreckte sich die Geruchsfahne in Richtung Ostsüdost. Vermutlich liegt diese Verdriftung an dem Gefälle des Geländes in Richtung Südosten sowie dem Strömungshindernis der Gebäude der Biogasanlage.

## Messtag im Sommer

Die Fahnenreichweiten konnten im Sommer bestimmt werden. Die seitlichen Übergangspunkte konnten durch die Winddrehung im ersten Messzeitintervall an der Schnittlinie 2 und 5 nicht bestimmt werden, weshalb zusätzliche Schnittlinien begangen wurden.

Im Messzeitintervall 2 wurde auf der Schnittlinie 3 am mittleren Messpunkt 3C eine geringere Wahrnehmungshäufigkeit festgestellt als an den benachbarten Messpunkten. Eine Ursache hierfür ist nicht bekannt. Allerdings war die Anzahl der Wahrnehmungen am Messpunkt 3D mit  $n = 7$  nicht erheblich höher als am Messpunkt 3C, so dass dies noch ein Effekt der Messunsicherheit durch die unterschiedlichen Geruchsschwellen der Prüfer sein kann.

Durch die Drehung des Windes konnte an der Schnittlinie 3 im dritten Messzeitintervall ein seitlicher Übergangspunkt nicht ermittelt werden.

## Messtag im Herbst

Während der ersten beiden Messzeitintervalle war die Geruchsfahnenreichweite ohne weitere Schwierigkeiten bei konstantem Ost/Ostsüdostwind bestimmbar. Vor bzw. bei der Begehung der 3. Schnittlinie des dritten Messzeitintervalls schwächte der Wind ab und drehte, so dass hier keine zu wertenden Geruchereignisse mehr festgestellt werden konnten. Dies war nach den vorherigen Untersuchungen am Messtag bei gleichbleibenden meteorologischen Bedingungen und dem gewählten Abstand zu erwarten. Daraufhin erfolgten Begehungen auf 3 weiteren Schnittlinien, die die Drehung des Windes in Richtung Norden und die Fahnenreichweite bestätigten.

## Messtag im Winter

Während der Winterbegehung war die Fahnenreichweite nicht bestimmbar, da die Geruchsfahne bis in die Ortschaft reichte, welche aufgrund von Privatgelände nicht begehbar war. Daher wurden an dieser Stelle die maximalen Fahnenreichweiten der letzten Schnittlinie angegeben.

Die Messunsicherheiten der Schätzwerte der maximalen Fahnenreichweite konnten nach DIN EN 16841-2 nicht ermittelt werden (Tabelle 7).

## Auswertungen

Im Folgenden werden die Schätzwerte der maximalen Fahnenreichweiten tabellarisch (Tabelle 12) und graphisch (Abbildung 16) aufgeführt.

Tabelle 11. Schätzwerte der maximalen Fahnenreichweite am Standort M1.

<b>Messtag</b>		1	2	3	4
Jahreszeit		Frühling	Sommer	Herbst	Winter
Messzeitintervall 1	m	470 ± 90	460 ± 40	570 ± 80	> 660 <sup>1)</sup>
Messzeitintervall 2	m	480 ± 110	460 ± 60	480 ± 120	> 660 <sup>1)</sup>
Messzeitintervall 3	m	500 ± 110	520 ± 40	320 ± 60 <sup>2)</sup>	> 660 <sup>1)</sup>
Median	m	480	460	480	-
Mittelwert	m	483	480	457	-

<sup>1)</sup> Fahnenende nicht bestimmbar (s. textliche Ausführungen zu defektem Unterflurschieber)

<sup>2)</sup> Fahnenende mittels Schnittlinie 4-5 bestimmt

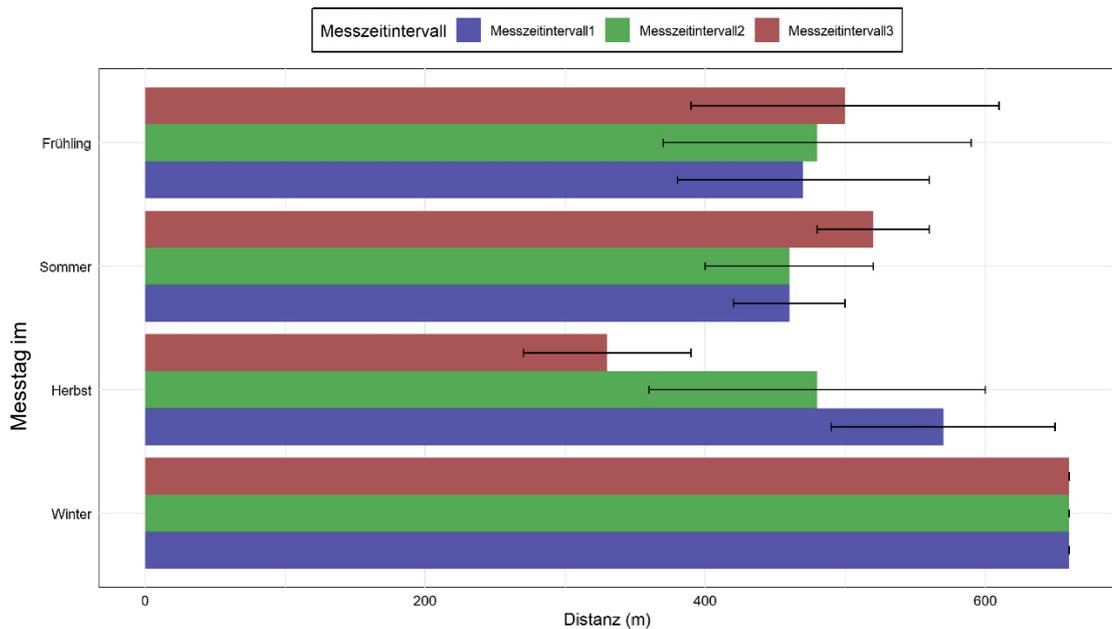


Abbildung 16. Schätzwerte der maximalen Fahnenreichweiten am Standort M1.

Deutlich wird beim Vergleich der einzelnen Fahnenreichweiten, dass mit Ausnahme des Messtermins im Winter die Reichweiten an allen Messtagen vergleichsweise konstant waren. Die mittleren Windgeschwindigkeiten an den Messtagen im Sommer und Herbst (2,9 bzw. 2,8 m/s) waren im Vergleich zu den Messterminen im Frühling / Winter (6,2 bzw. 6,6 m/s) deutlich geringer. Aus Tabelle 11 ist zu erkennen, dass die Medianwerte der Fahnenreichweiten der Messtermine im Frühling, Herbst und Sommer trotz sehr unterschiedlicher mittlerer Windgeschwindigkeiten in einem engen Bereich zwischen 460 und 480 m liegen. Die Mittelwerte der Fahnenreichweiten betragen zwischen 457 m und 483 m. Die unterschiedlichen Stallbelegungen machen sich im Vergleich der Messtermine im Frühling (223 GV) und Sommer (135 GV) in der Fahnenreichweite wenig bemerkbar.

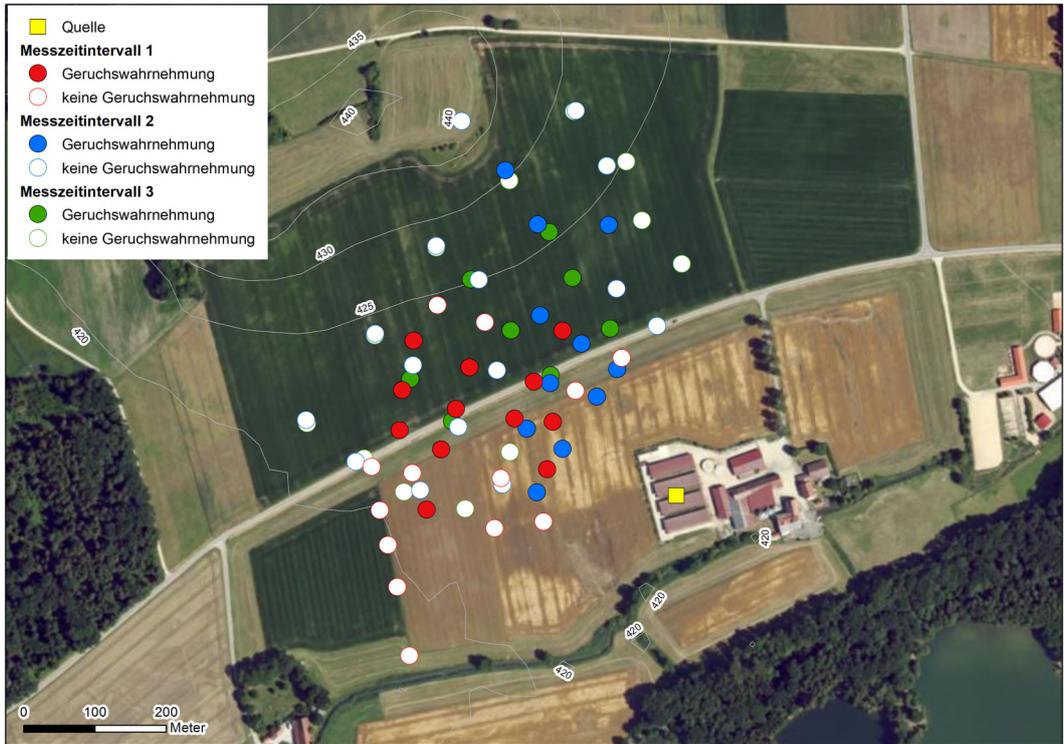
Am Messtag im Winter ist zu berücksichtigen, dass der Unterflurschieber im Güllekanal außer Betrieb war. Dies könnte Auswirkungen auf die Geruchsemission und auf die Fahnenreichweiten haben. Deshalb wurden die im Winter festgestellten und im Vergleich zu den anderen Begehungen höheren Fahnenreichweiten als nicht repräsentativ angenommen.

Bei einzelnen Begehungen bei Westwind (Winter-/Frühlingsbegehung) wurden Gerüche aus der Biogasanlage bzw. nach Silage oder Gülle wahrgenommen, die eindeutig von der Geruchsqualität des Mastschweinestalls differenziert werden konnten und daher keinen Einfluss auf die Ergebnisse hatten.

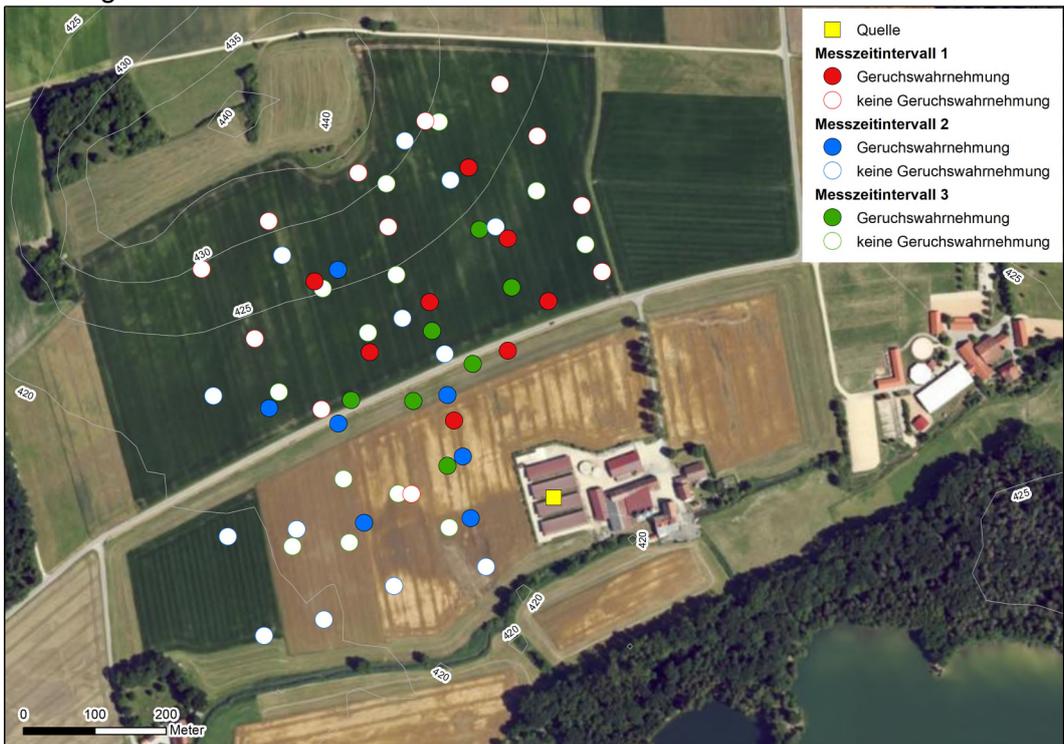
5.2.2 M2

In den folgenden Abbildungen werden zunächst die an den vier Messtagen begangenen Messpunkte mit und ohne Geruchswahrnehmung dargestellt.

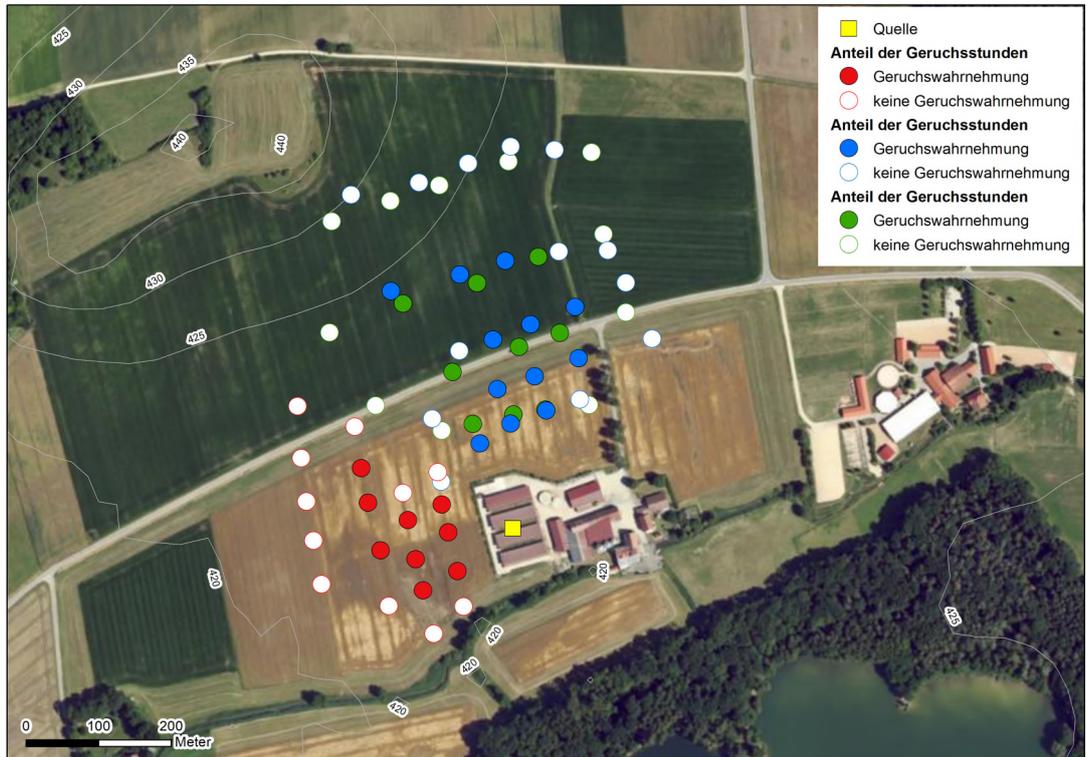
Messtag im Frühling



Messtag im Sommer



Messtag im Herbst



Messtag im Winter

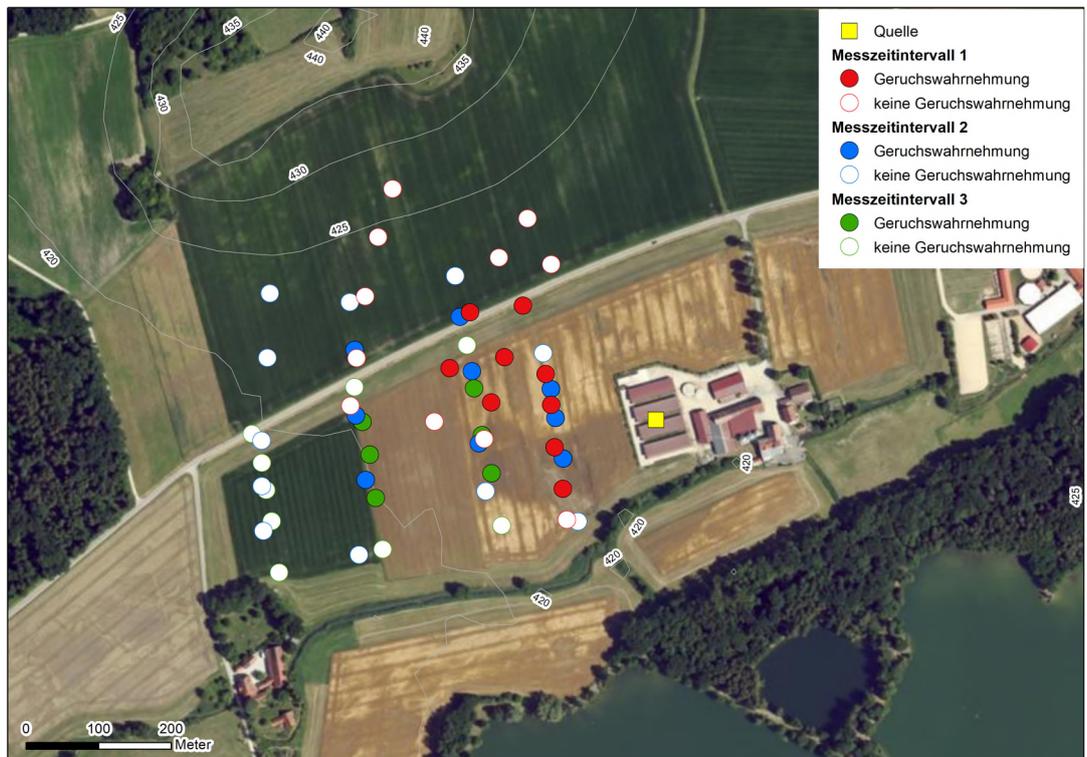


Abbildung 17. Übersicht der Geruchsfahnenbegehungen mit und ohne Geruchswahrnehmungen der vier Messtage in M2; Karte: ©Geobasisdaten: Bayerische Vermessungsverwaltung – [www.geodaten.bayern.de](http://www.geodaten.bayern.de), Lizenz: CC BY 4.0, 2023, [20].

### **Messtag im Frühling**

Wie in Abbildung 17 zu sehen ist, drehte sich im Frühling die Windrichtung im Verlauf der Messzeitintervalle von Ostnordost auf Ostsüdost, wobei sich der Windsektor aufspreizte und die Fahne stark aufweitete. Im zweiten Messzeitintervall konnte auf der fünften Schnittlinie das Ende der Geruchsfahne nicht festgestellt werden, weshalb zur Ermittlung eines Übergangspunktes ein zusätzlicher Messpunkt festgelegt wurde. Durch das Aufweiten der Windrichtung verkürzte sich vermutlich die Geruchsfahne von Messzeitintervall 2 zu 3.

### **Messtag im Sommer**

Aus Abbildung 17 geht hervor, dass sich die Fahnenreichweiten im Verlauf der Messzeitintervalle im Sommer mit der Drehung der Windrichtung und der abnehmenden Windgeschwindigkeit verkürzten. In Schnittlinie 3 des Messzeitintervalls 1 im Sommer spiegelt sich die Verteilung der Windrichtung wider. Diese wies im Messzeitraum zwei Maxima aus den Sektoren  $100^{\circ}$ - $120^{\circ}$  und  $140^{\circ}$ - $160^{\circ}$  auf; daher war die Wahrnehmungshäufigkeit am mittleren Messpunkt 3C geringer als an den daneben liegenden Messpunkten 3B und 3D.

Wie bereits erwähnt, traten große Windrichtungssektoren auf, weshalb ab der 2. Schnittlinie in der Sommerbegehung im Messzeitintervall 2 und 3 größere Längen gewählt wurden, um die Übergangspunkte am Fahnenrand zu erfassen.

### **Messtag im Herbst**

Die Fahnenreichweiten im Herbst waren gut bestimmbar; die Drehung der Windrichtung zwischen den Messzeitintervallen konnte berücksichtigt werden. Bei Ostwind und leicht geringeren Windgeschwindigkeiten wurde eine kürzere Fahnenreichweite festgestellt als im Messzeitintervall 2 und 3, welche bei Südwind durchgeführt wurden. Im zweiten Messzeitintervall mäandrierte die Geruchsfahne, wodurch auf der SL 4 eine seitliche Abgrenzung nicht festgestellt werden konnte. Im MZI 3 hingegen variierte die Windrichtung nur geringfügig und die Fahnenreichweite war bestimmbar. In diesem Fall wurde ein Einfluss des Geländes deutlich: obwohl Südsüdwestwind herrschte, driftete die Geruchsfahne in Richtung Westen ab.

### **Messtag im Winter**

Lediglich im Messzeitintervall 1 bei der Winterfahnenbegehung waren die SL 1 und 2 an die drehende Windrichtung von Ost auf Südost anzupassen. Die darauffolgenden Messzeitintervalle wurden bei konstantem Ostwind durchgeführt, wobei die Fahnenreichweiten bestimmt werden konnten.

### **Auswertungen**

Im Folgenden werden die Schätzwerte der maximalen Fahnenreichweiten tabellarisch (Tabelle 12) und graphisch (Abbildung 18) aufgeführt.

Tabelle 12. Schätzwerte der maximalen Fahnenreichweite am Standort M2.

Messtag		1	2	3	4
Jahreszeit		Frühling	Sommer	Herbst	Winter
Messzeitintervall 1	m	270 <sup>1)</sup>	340 ± 30	150 ± 30	240 ± 40
Messzeitintervall 2	m	370 ± 30 <sup>2)</sup>	310 ± 20	290 ± 45	320 ± 40
Messzeitintervall 3	m	300 ± 20	250 ± 40	270 ± 50	310 ± 50
Median	m	300	310	270	310
Mittelwerte	m	313	300	237	290

1) keine Messunsicherheit bestimmbar, da durch Winddrehung gleich lange Fahnenreichweiten der beiden letzten Schnittlinien

2) zusätzlicher Messpunkt zur Abschätzung der Fahnenreichweite

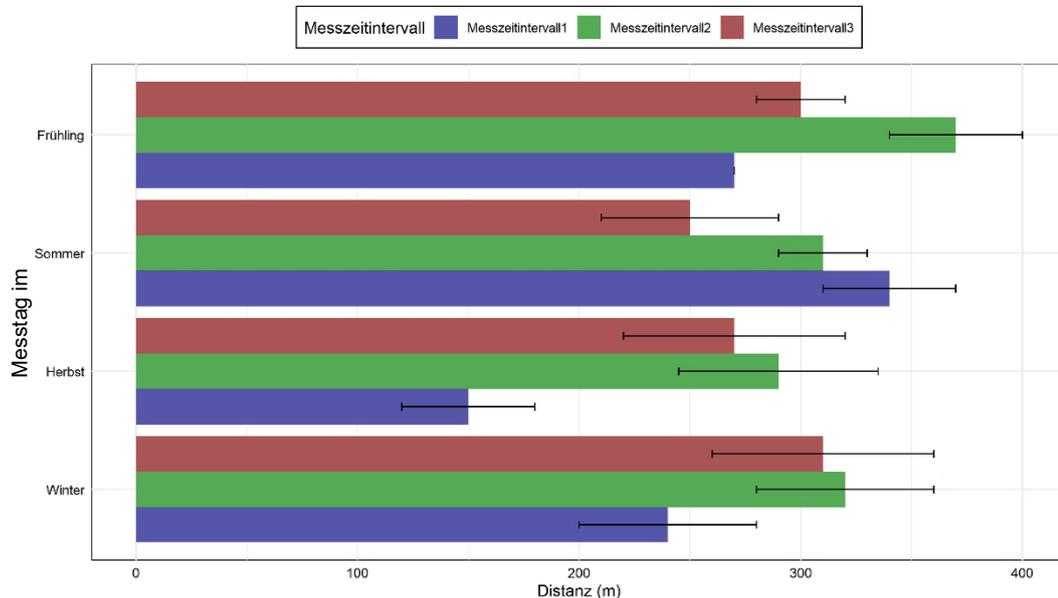


Abbildung 18. Schätzwerte der maximalen Fahnenreichweite am Standort M2.

Aus Tabelle 12 ist zu erkennen, dass die Medianwerte der Fahnenreichweiten in allen Jahreszeiten bei vergleichbaren mittleren Windgeschwindigkeiten in einem engen Bereich zwischen 270 und 310 m liegen. Die Mittelwerte der Fahnenreichweiten liegen zwischen 237 m und 313 m. Auffällig sind die großen Schwankungen der Fahnenreichweiten innerhalb eines Messtages mit einer Spannweite von 80 m -100 m.

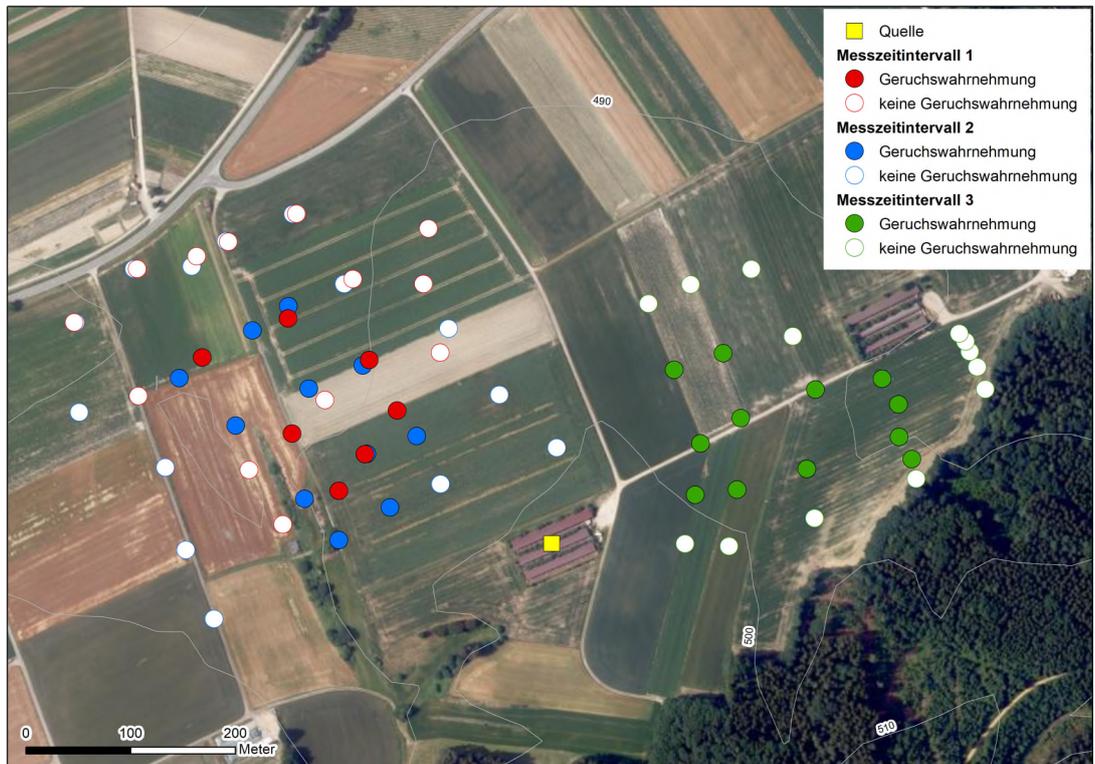
Die unterschiedlichen Stallbelegungen von 125 GV (Messtag Sommer) bis 164 GV (Messtag Winter) machen sich in der Fahnenreichweite nicht bemerkbar.

Die mittleren Windgeschwindigkeiten an den Messtagen im Frühling, Herbst und Winter (2,0 bzw. 1,8 m/s) unterschieden sich nicht sehr vom Maximum im Sommer (2,7 m/s). Dies ist insofern plausibel, als die Begehungen aufgrund der Orographie bei östlichen bis südlichen Windrichtungen und damit bei tendenziell geringeren Windgeschwindigkeiten durchgeführt werden mussten.

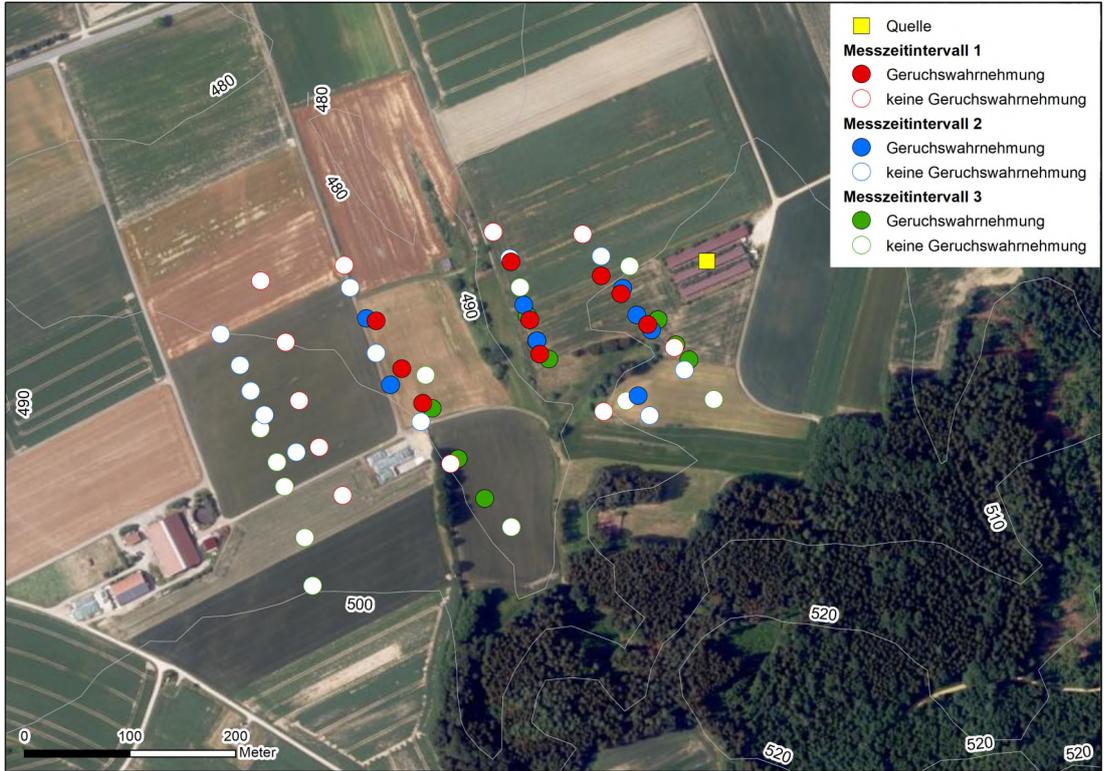
5.2.3 M3

In den folgenden Abbildungen werden zunächst die an den vier Messtagen begangenen Messpunkte mit und ohne Geruchswahrnehmung dargestellt.

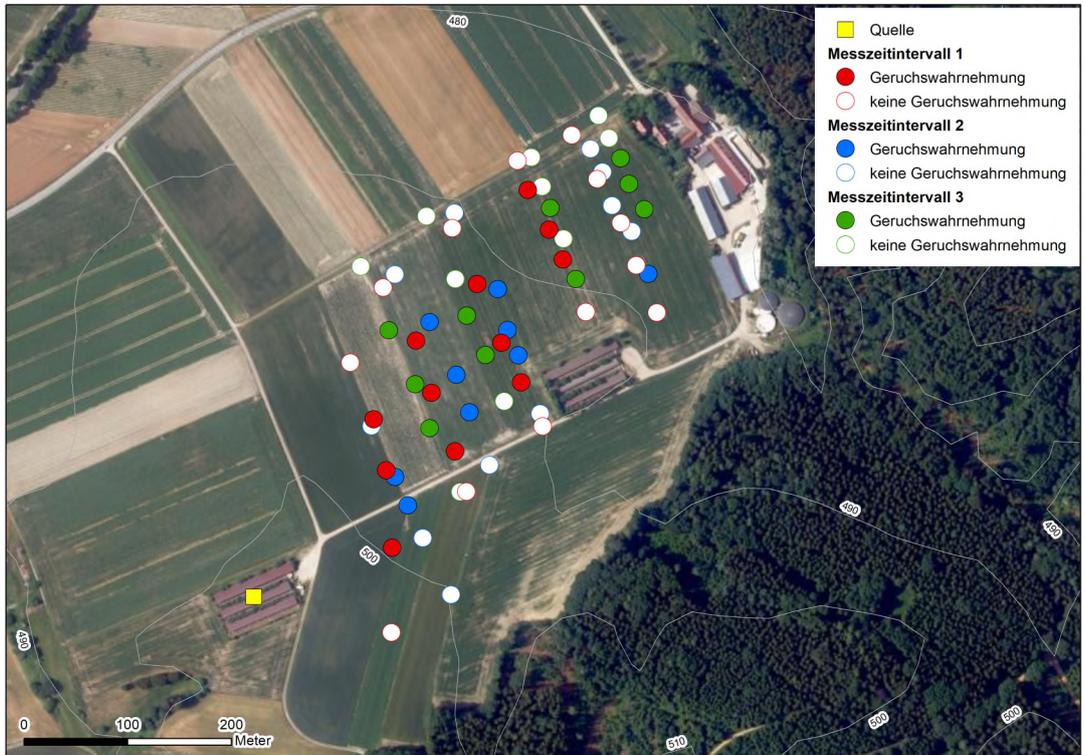
Messtag im Frühling



Messtag im Sommer



Messtag im Herbst



## Messtag im Winter

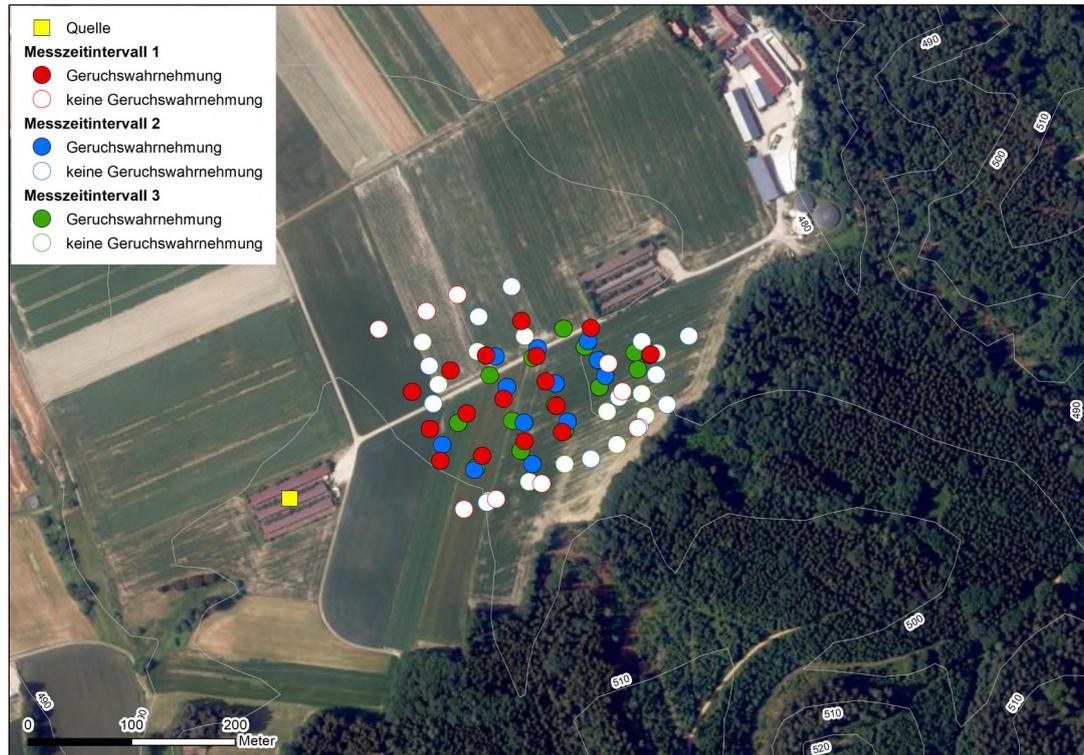


Abbildung 19. Übersicht der Geruchsfahnenbegehungen mit und ohne Geruchswahrnehmungen der vier Messtage in M3; Karte: ©Geobasisdaten: Bayerische Vermessungsverwaltung – [www.geodaten.bayern.de](http://www.geodaten.bayern.de), Lizenz: CC BY 4.0, 2023, [20].

## Messtag im Frühling

Beim ersten Messzeitintervall konnten das Fahnenende bei maximal 430 m und die seitlichen Übergangspunkte eindeutig definiert werden. Zwischen dem Messzeitintervall 2 und 3 drehte sich die Windrichtung von Südost auf West. Im ersten Messzeitintervall wurde am Messpunkt 2C eine geringere Wahrnehmungshäufigkeit festgestellt als an den benachbarten Messpunkten, da dieser sich in einer Senke befand und der Geruch darüber hinweg getragen wurde. Während des dritten Messzeitintervalls war an Messpunkt 4E ein Geruchseinfluss des zweiten Schweinestalles nicht auszuschließen.

## Messtag im Sommer

Die bei Ostsüdostwind durchgeführte Fahnenbegehung erfolgte im Westen der Anlage, wo sich als Störeinfluss eine Bodensenke mit Bewuchs befindet. Im Messzeitintervall 1 lag auf der Schnittlinie 2 zwischen den Messpunkten 2D und 2E die nicht begehbare, bewachsene abschüssige Senke (s. Abschnitt Anlagenbeschreibung), weshalb dieser Bereich nicht begangen wurde.

Im Messzeitintervall 2 lag die Senke zwischen den Messpunkte 2C und 2D. Die Messpunkte 2D und 2E waren am Rand der Geländekante positioniert; möglicherweise resultierte daraus der im Vergleich zum Abstand der Positionen zueinander große Unterschied in den Wahrnehmungshäufigkeiten.

Zudem waren am Messpunkt 3C geringere Wahrnehmungshäufigkeiten als an den benachbarten Messpunkten 3B und 3D zu verzeichnen. Eine Ursache hierfür ist nicht bekannt. Die Schnittlinie 3 war in Strömungsrichtung hinter einer quer dazu verlaufenden Böschung mit leichtem Bewuchs angeordnet; möglicherweise führte dies zu Inhomogenitäten in der Fahnenausbreitung. Dieser Effekt war allerdings im 1. und 3. Messzeitintervall nicht feststellbar. Das Fahnenende konnte mit der 4. Schnittlinie festgestellt werden.

### **Messtag im Herbst**

Die bei Südwestwind durchgeführte Geruchsfahnenbegehung erfolgte im Störeinfluss des zweiten Stalls, der im Nordosten der Anlage liegt. Im Messzeitintervall 1 konnten die seitlichen Abgrenzungen sowie das Fahnenende bestimmt werden. Dahingegen beeinflusste im Messzeitintervall 2 auf der Schnittlinie 4 am Messpunkt 4A der nahe gelegene zweite Schweinestall die seitliche Abgrenzung der Geruchsfahne. Über die Messpunkte 4B – 4D konnte das Ende der Fahnenreichweite bestimmt werden.

Im letzten Messzeitintervall beeinflusste am Messpunkt 3A wahrscheinlich der nahe gelegene zweite Schweinestall die seitliche Abgrenzung der Geruchsfahne. Der daneben liegende Messpunkt 3B war aufgrund des geringen Geruchszeitanteils nicht mehr als Messpunkt mit Geruchswahrnehmung einzustufen; er begrenzt daher das seitliche Fahnenende der Schnittlinie 3. Die Wahrnehmungen auf der Schnittlinie 4 waren auf den zweiten Schweinestall zurückzuführen. Der Gradient der Geruchswahrnehmungshäufigkeiten in Windrichtung und die beiden Messpunkte 4D und 4E belegten das Fahnenende. Der Einfluss des zweiten Schweinestalls während des dritten Messzeitintervalls war vermutlich auf die Drehung der Windrichtung in Richtung Süden bei abnehmenden Windgeschwindigkeiten zurückzuführen.

### **Messtag im Winter**

Am Messtag lag der zweite Stall, der bereits bei der Besichtigung als Störeinfluss festgestellt wurde, am nordöstlichen Rand der Geruchsfahne. Deutlich wird, dass sich bei Westwind und hohen Windgeschwindigkeiten eine Geruchsfahne mit einer Länge von bis zu 360 m ausbildete.

Im 1. Messzeitintervall konnte auf der Schnittlinie 1 (SL 1) der Rand der Fahne im Bereich dieses Stalls zunächst nicht bestimmt werden. Zur sicheren Abgrenzung des Fahnenendes in Längsrichtung und aufgrund der räumlichen Gegebenheiten erfolgte eine 5. Schnittlinienmessung. Dabei wurde die SL 5 hinter der SL 1 positioniert und das Fahnenende konnte nachgewiesen werden. An den Messpunkten 5D und 5E betragen die Wahrnehmungshäufigkeiten mehr als 10 %, hier wurden allerdings die Ergebnisse durch den nahe gelegenen zweiten Schweinestall beeinflusst. Dies kann dadurch begründet werden, dass auf der SL 5 an den Messpunkten 5A – 5C < 10 % Geruchszeitanteile auftraten und auf dem weiter entfernten Messpunkt 5E wiederum höhere Wahrnehmungshäufigkeiten, die dem zweiten Schweinestall zuzuordnen sind.

Im 2. Messzeitintervall konnten die seitlichen Fahnenbegrenzungen und das Fahnenende eindeutig bestimmt werden. Lediglich an der Schnittlinie 2 war es aufgrund des Geruchseinflusses des zweiten Schweinestalls nicht möglich, den Fahnenrand nach Nordosten zu ermitteln. Auf der Schnittlinie 5 wurde das seitliche Fahnenende in größerer Entfernung zum zweiten Stall begangen, um den Geruchseinfluss zu minimieren. Der Messpunkt wurde nach dem Eindruck vor Ort so positioniert, dass ein Übergangspunkt sicher ermittelt werden konnte.

Die im Vergleich zur Messreihe 1 größere Fahnenreichweite begründet sich vermutlich durch die gleichmäßig gerichtete Windrichtung bei etwas höheren Windgeschwindigkeiten.

Messzeitintervall 3 verhielt sich ähnlich wie Messzeitintervall 2. Die Windgeschwindigkeiten waren insgesamt geringer, dies führte offensichtlich zu kürzeren Fahnenreichweiten.

## Auswertungen

Im Folgenden werden die Schätzwerte der maximalen Fahnenreichweiten tabellarisch (Tabelle 13) und graphisch (Abbildung 20) aufgeführt.

Tabelle 13. Schätzwerte der maximalen Fahnenreichweite am Standort M3.

<b>Messtag</b>		1	2	3	4
Jahreszeit		Frühling	Sommer	Herbst	Winter
Messzeitintervall 1	m	390 ± 50	360 ± 40	500 ± 20	270 ± 30 <sup>1)</sup>
Messzeitintervall 2	m	430 ± 40	380 ± 60	430 ± 80 <sup>2)</sup>	360 ± 20 <sup>2) 3)</sup>
Messzeitintervall 3	m	400 ± 50	380 ± 80	510 ± 40 <sup>2)</sup>	320 ± 10 <sup>2) 3)</sup>
Median	m	400	380	500	320
Mittelwerte	m	407	373	480	317

<sup>1)</sup> Da auf der Schnittlinie 4 am Messpunkt 4E in der Nähe des 2. Stalls Geruchswahrnehmungen protokolliert wurden, wurden die Wahrnehmungen des Messpunkts 5E ebenfalls dem zweiten Schweinestall zugeordnet.

<sup>2)</sup> Beeinflussung durch Störeinflüsse (zweiter Schweinestall)

<sup>3)</sup> zusätzlicher Messpunkt zur Abschätzung der Fahnenreichweite

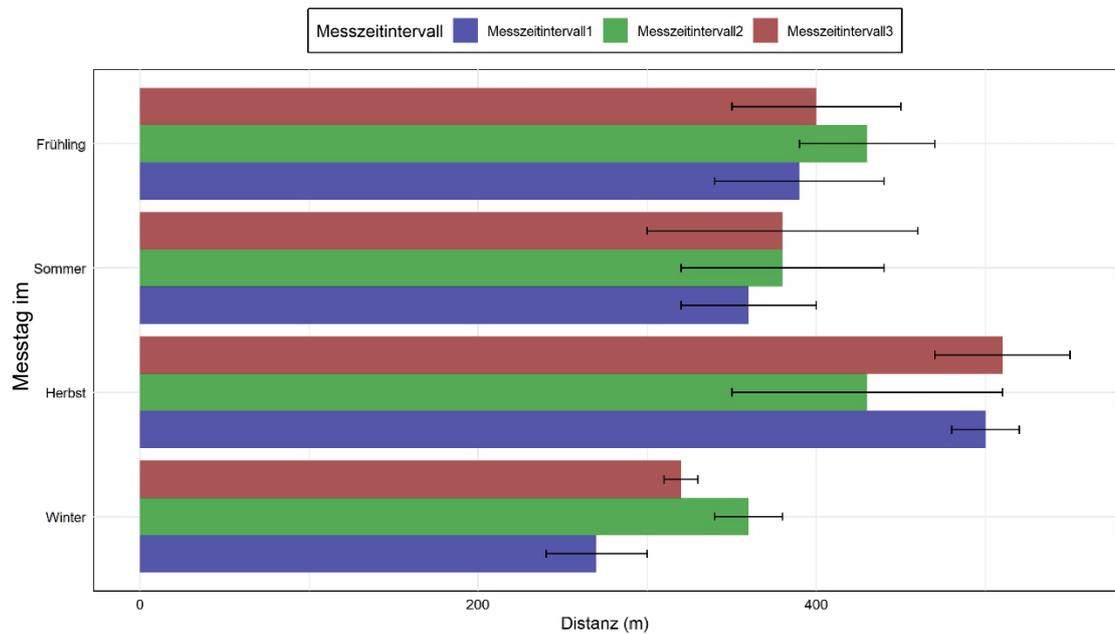


Abbildung 20. Schätzwerte der maximalen Fahnenreichweite am Standort M3.

Deutlich wird beim Vergleich der Fahnenreichweiten an den verschiedenen Messtagen, dass die Mediane der Fahnenreichweiten stark schwanken, von 320 m am Messtag im Winter bis zu 500 m am Messtag im Herbst. Die Mittelwerte der Fahnenreichweiten liegen zwischen 317 m und 480 m. Zudem sind große Schwankungen der Fahnenreichweiten innerhalb eines Messtages im Herbst und im Winter mit einer Spannweite von 80 m -100 m auffällig.

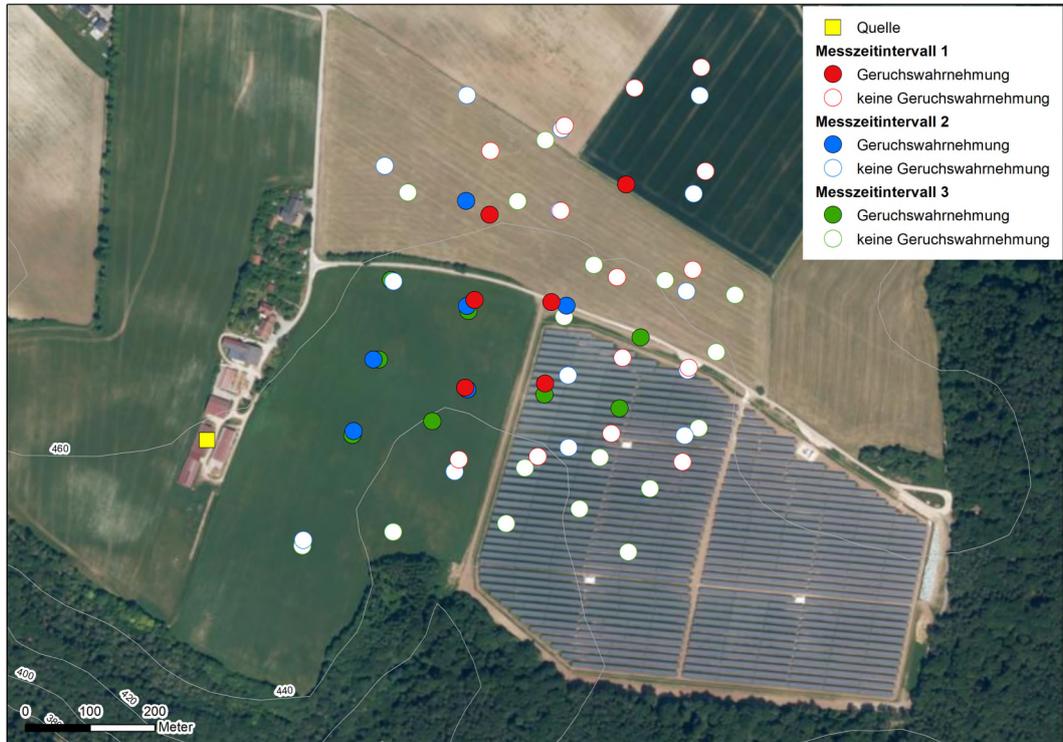
An den Messtagen im Frühling und im Sommer treten vergleichbare Medianwerte (400 m und 380 m) sowie Schwankungsbreiten (40 m und 20 m) auf. Die mittleren Windgeschwindigkeiten der Messtage Frühling und Herbst mit 2,5 m/s waren signifikant niedriger als an den Messtagen im Sommer und Winter (4,3 m/s und 6,0 m/s). Aus Tabelle 13 ist zu erkennen, dass bei niedrigeren mittleren Windgeschwindigkeiten tendenziell höhere Fahnenreichweiten von 500 m bzw. 400 m (Median) festgestellt wurden.

Die unterschiedlichen Stallbelegungen von 133 GV (Messtag Sommer) bis 193 GV (Messtag Herbst) scheinen sich auf die Fahnenreichweite auszuwirken.

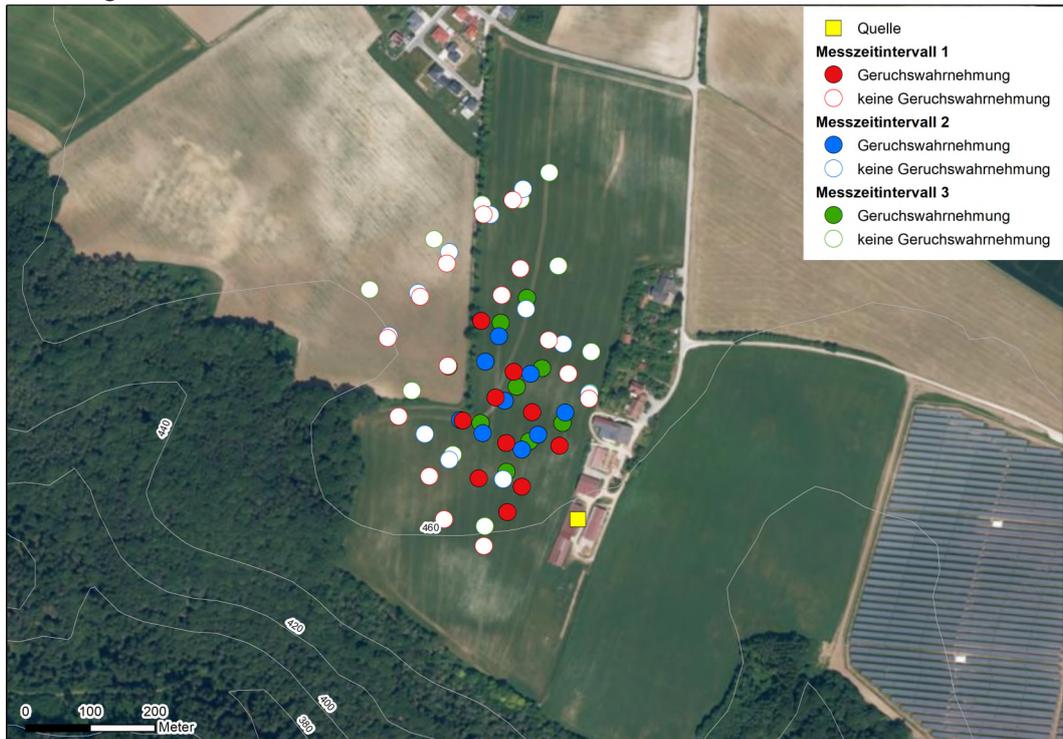
5.2.4 S1

In den folgenden Abbildungen werden zunächst die an den vier Messtagen begangenen Messpunkte mit und ohne Geruchswahrnehmung dargestellt.

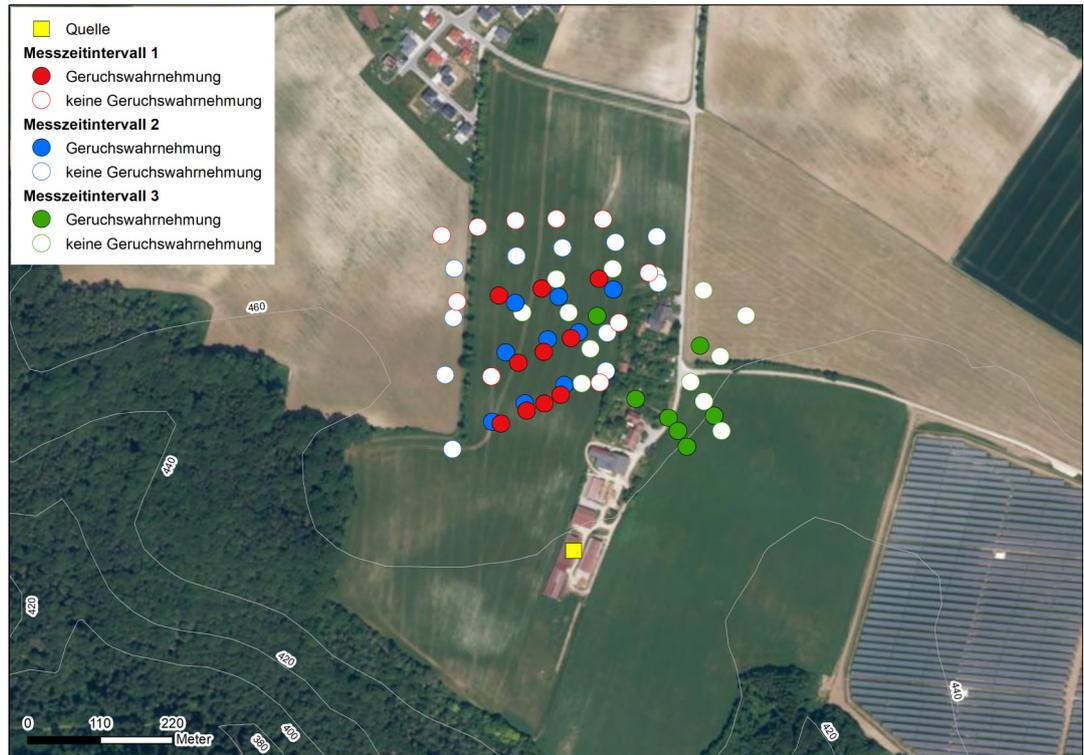
Messtag im Frühling



Messtag im Sommer



Messtag im Herbst



Messtag im Winter

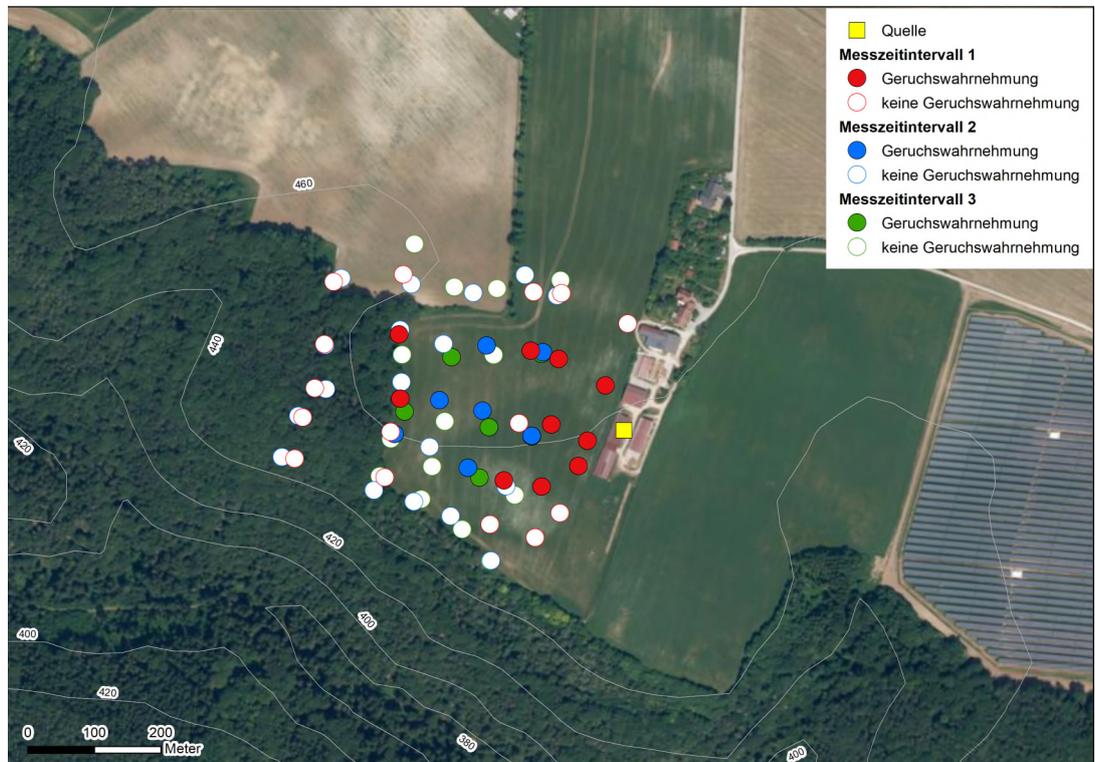


Abbildung 21. Übersicht der Geruchsfahnenbegehungen mit und ohne Geruchswahrnehmungen der vier Messtage in S1; Karte: ©Geobasisdaten: Bayerische Vermessungsverwaltung – www.geodaten.bayern.de, Lizenz: CC BY 4.0, 2023, [20].

### **Messtag im Frühling**

Im ersten Messzeitintervall konnten das Fahnenende bei maximal 540 m (Abbildung 21) und die seitlichen Übergangspunkte eindeutig definiert werden. Die Wahrnehmungshäufigkeit an dem Messpunkt 2C fiel geringer aus, da dieser sich in einer Senke befindet und der Transport der Geruchsemissionen offensichtlich nicht analog zu den benachbarten Messpunkten erfolgte.

Im zweiten Messzeitintervall konnte bei auffrischenden Winden (im Mittel 3,5 m/s) die Geruchsfahne eindeutig bestimmt werden. Der Wind drehte vor der dritten Messreihe leicht in Richtung Westen. Die Entfernung des Endes der Geruchsfahne zum Stall betrug ca. 490 m.

Insgesamt wurde in den drei Messzeitintervallen bei konstanten meteorologischen Bedingungen eine vergleichbare Fahnenreichweite festgestellt.

### **Messtag im Sommer**

Die Geruchsfahnenreichweiten waren bei auffrischendem Wind aus Südostrichtung bestimmbar. Insgesamt wurde in den drei Messzeitintervallen bei konstanten meteorologischen Bedingungen eine vergleichbare Fahnenreichweite festgestellt. Weiterhin war eine Verdriftung der bodennahen diffusen Geruchsfahne in Richtung Norden beim Vergleich der einzelnen Messzeitintervalle zu erkennen, die vermutlich durch die höheren Südsüdostanteile des Windes zu erklären sind.

### **Messtag im Herbst**

Die Fahnenreichweiten der drei Messzeitintervalle befanden sich auf dem gleichen Niveau. Auf der Schnittlinie 1 im Messzeitintervall 1 wurde zwischen Messpunkt 1A und 1B kein Übergangspunkt ermittelt, da im Erhebungszeitraum die Windrichtung stärker schwankte als bei der Prüferpositionierung erwartet wurde. Im Messzeitintervall 1 und 2 verlagerte sich die bodennahe Geruchsfahne bei Südostwind stark in Richtung Norden. Dieser Effekt trat vermutlich durch die ansteigende Geländestruktur auf.

Nachdem der Wind am Nachmittag in Richtung Südwest gedreht hatte, lag ein Gebiet mit Wohngebäuden und umzäunten Gärten im 3. Messzeitintervall in der Geruchsfahne. Lediglich auf der den Stallgebäuden nächstgelegenen Schnittlinie 1 des Messzeitintervalls 3 war es möglich, auf dem bebauten Gelände eine Position in der ungefähren Mitte der Geruchsfahne einzunehmen. Weiter in Richtung Norden war das Gelände nicht begehbar, weshalb die Prüfer jeweils seitlich des bebauten Geländes positioniert wurden. Insgesamt konnten 4 Übergangspunkte am Rand der Geruchsfahne und das Ende der Fahne ermittelt werden.

### **Messtag im Winter**

Die Fahnenreichweiten der ersten beiden Messzeitintervalle konnten bei geringen Windgeschwindigkeiten (im Mittel 1,3 – 1,4 m/s) bestimmt werden, wobei jeweils die Schnittlinie 5 im Waldgebiet durchgeführt wurde. Während der Winterbegehung war der Wald aufgrund des fehlenden Laubes durchströmbar und damit die Fahnenreichweiten bestimmbar. Somit bestand die Möglichkeit, die letzte Schnittlinie der MZI 1 und 2 im Wald durchzuführen. Im dritten Messzeitintervall wurden auf der

letzten Schnittlinie 4 noch Wahrnehmungshäufigkeiten > 10% aufgenommen, weshalb keine Fahnenreichweite festgestellt werden konnte.

## Auswertungen

In der folgenden Auswertung werden die Schätzwerte der maximalen Fahnenreichweiten tabellarisch (Tabelle 14) und graphisch (Abbildung 22) aufgeführt.

Tabelle 14. Schätzwert der maximalen Fahnenreichweite für S1.

Messtag		1	2	3	4
Jahreszeit		Frühling	Sommer	Herbst	Winter
Messzeitintervall 1	m	540 ± 50	230 ± 30	300 ± 40	270 ± 40
Messzeitintervall 2	m	490 ± 60	200 ± 60	280 ± 20	270 ± 50
Messzeitintervall 3	m	490 ± 40	230 ± 50	270 ± 30	220 <sup>1)</sup>
Median	m	490	230	280	270
Mittelwerte	m	507	220	283	253

- 1) das Fahnenende konnte nicht sicher bestimmt werden, da auf der am weitesten entfernten Schnittlinie noch Geruchswahrnehmungen protokolliert wurden.

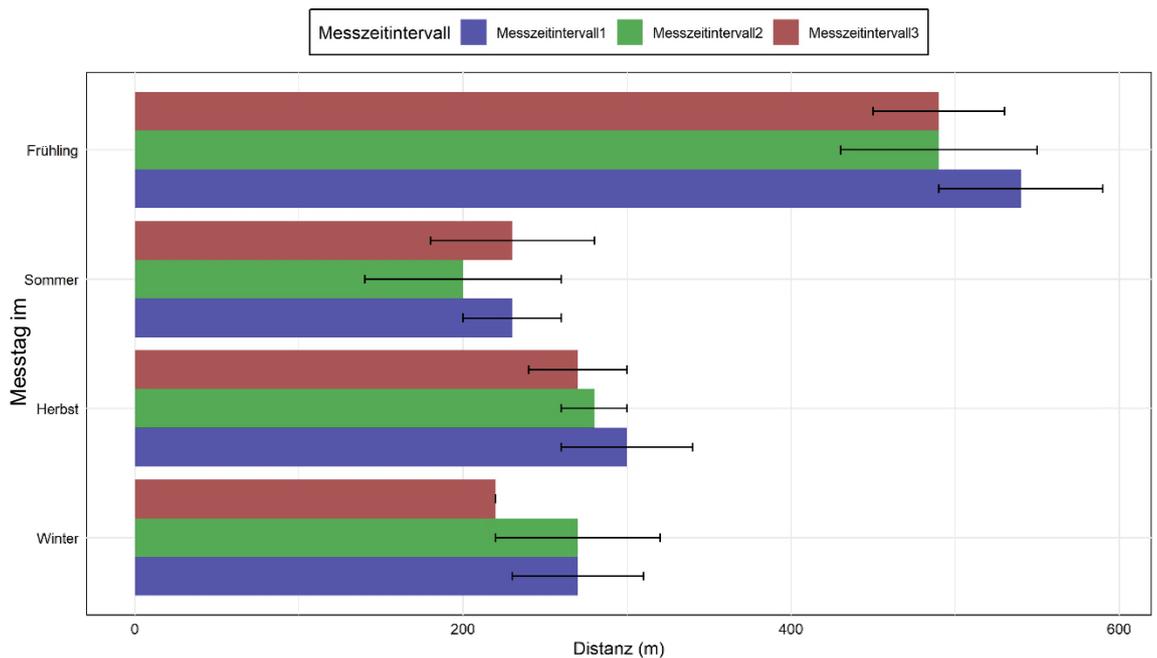


Abbildung 22. Schätzwerte der maximalen Fahnenreichweite am Standort S1.

Deutlich wird, dass die Mediane der Fahnenreichweiten an den Messtagen im Sommer, Herbst und Winter vergleichsweise konstant (230 m - 280 m) waren. Die Mittelwerte der Fahnenreichweiten liegen zwischen 220 m und 507 m. Auffällig sind die geringen Schwankungen der Fahnenreichweiten innerhalb eines Messtages von Sommer bis zum Winter mit einer Spannweite von 30 m.

Am Messtag im Frühling wurde ein Median von 490 m für die Fahnenreichweite erreicht. Ein möglicher Einfluss kann die Windrichtung WSW mit weitestgehender Einhaltung der Vorgaben zur Stabilität der Atmosphäre und einem verhältnismäßig kleinen Windrichtungssektor sein. Zudem war die mittlere Windgeschwindigkeit mit 4,1 m/s etwas höher als an den übrigen Messtagen (3,5 m/s, 2,6 m/s bzw. 1,6 m/s).

Die gleichbleibende Stallbelegung von 45 - 46 GV an allen Messtagen macht sich in der Fahnenreichweite nicht bemerkbar. Auch die Tatsache, dass das Festmistlager im Herbst weitgehend geräumt war, führte nicht zu einer signifikant anderen Fahnenreichweite.

### 5.3 Intensität und Hedonik

#### 5.3.1 M1

In den folgenden Tabellen werden die anlagenbezogene Geruchsintensität und die Hedonik, die an den vier Messtagen ermittelt wurden, zusammengestellt. Weiterhin werden die mittlere Hedonik und mittlere Intensität nach der Wahrnehmungshäufigkeit aufgetragen.

Tabelle 15. Anlagenbezogene Geruchsintensität und Hedonik.

Messtag	1	2	3	4
	Frühling	Sommer	Herbst	Winter
Geruchsintensität	3,0	2,5	2,2	2,6
Hedonik	-1,4	-1,1	-1,4	-1,3

Die mittlere Geruchsintensität lag im Bereich von 2,2 bis 3,0 und wurde damit als „schwach“ bis „deutlich“ eingestuft. Die mittlere hedonische Bewertung lag mit -1,1 bis -1,4 im leicht unangenehmen Bereich. Ein signifikanter Einfluss der Jahreszeiten sowie des defekten Schiebers während der Wintergeruchsfahrtenbegehung auf die wahrgenommene Hedonik und Intensität ist nicht festzustellen.

Tabelle 16. Mittlere Intensität für verschiedene Häufigkeitsklassen der Geruchswahrnehmung.

Messtag	1	2	3	4
	Frühling	Sommer	Herbst	Winter
Wahrnehmungshäufigkeit I				
I > 0,50	3,4	3,3	2,8	3,6
0,25 < I ≤ 0,50	2,6	2,9	2,2	2,4
0,10 < I ≤ 0,50	2,5	2,4	1,9	2,0
0,10 < I ≤ 0,25	2,3	1,8	1,4	2,0
I ≤ 0,15	1,6	1,1	1,3	1,3
I ≤ 0,10	1,6	1,0	1,2	1,3

Tabelle 16 zeigt, dass bei geringen Geruchswahrnehmungshäufigkeiten von < 0,15 bzw. < 0,10 die Geruchsintensität mit „sehr schwach (1)“ bis „schwach (2)“ eingeordnet wurde, bei Geruchswahrnehmungshäufigkeiten > 0,50 dagegen im Bereich „deutlich“ (3).

Im Folgenden werden die Intensität und die Hedonik mittels Boxplot verglichen, dabei wurden nur Einzelmessungen mit Geruchszeitanteil ≥ 10 % berücksichtigt.

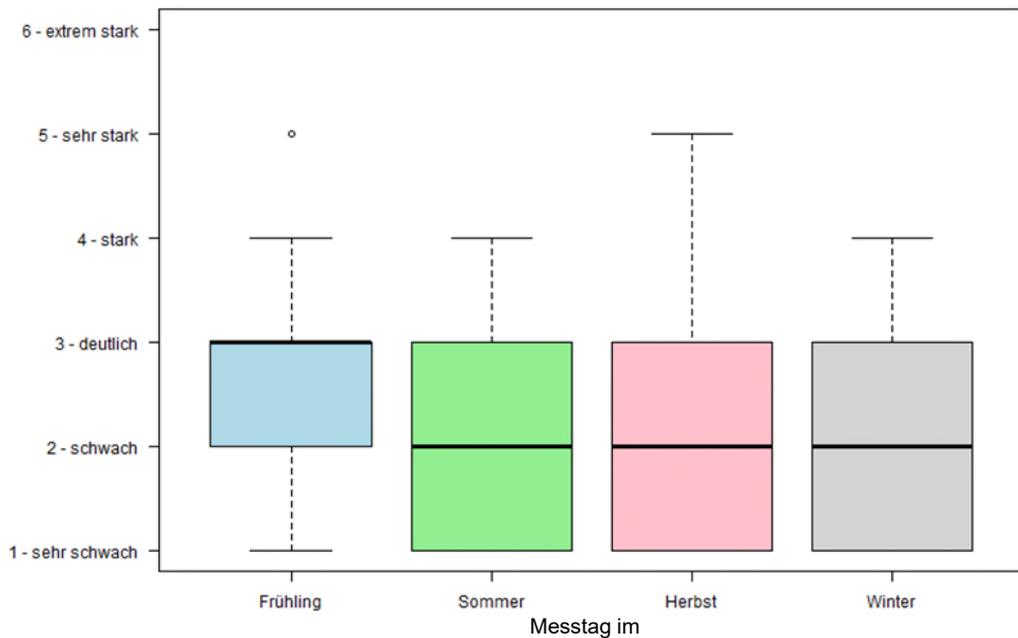


Abbildung 23. Vergleich der Intensität der Gerüche mittels Boxplot am Standort M1.

Aus der Abbildung 23 wird deutlich, dass die Intensität für die Messtage im Sommer, Herbst und Winter im Interquartilsabstand zwischen „sehr schwach“ (1) und „deutlich“ (3) eingestuft wurde; am Messtag im Frühling lag der Interquartilsabstand zwischen „schwach“ (2) und „deutlich“ (3), wobei auch Wahrnehmungen mit „sehr schwach“ (1) auftraten. Wahrnehmungen, die als „stark“ bewertet waren, wurden an allen Messtagen dokumentiert, im Frühling und im Herbst traten auch vereinzelte „sehr starke“ Wahrnehmungen auf.

Tabelle 17. Mittlere Hedonik für verschiedene Häufigkeitsklassen der Geruchswahrnehmung.

Messtag	1	2	3	4
	Frühling	Sommer	Herbst	Winter
Wahrnehmungshäufigkeit I				
$I > 0,50$	-1,9	-2,0	-1,4	-2,0
$0,25 < I \leq 0,50$	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
$0,10 < I \leq 0,50$	-0,9	-1,0	-0,7	-0,8
$0,10 < I \leq 0,25$	-0,8	-0,8	-0,5	-0,8
$I \leq 0,15$	-0,4	-0,3	-0,4	-0,5
$I \leq 0,10$	-0,4	-0,3	-0,4	-0,4

Aus Tabelle 17 wird deutlich, dass bei Geruchswahrnehmungshäufigkeiten von  $\leq 0,15$  bzw.  $\leq 0,10$  die hedonische Wahrnehmung mit Werten um -0,4 als schwach unangenehm eingeordnet wurde. Dagegen wurde bei Geruchswahrnehmungshäufigkeiten  $> 0,50$  eine unangenehmere Wahrnehmung zwischen -1,3 und -2,0 festgestellt.

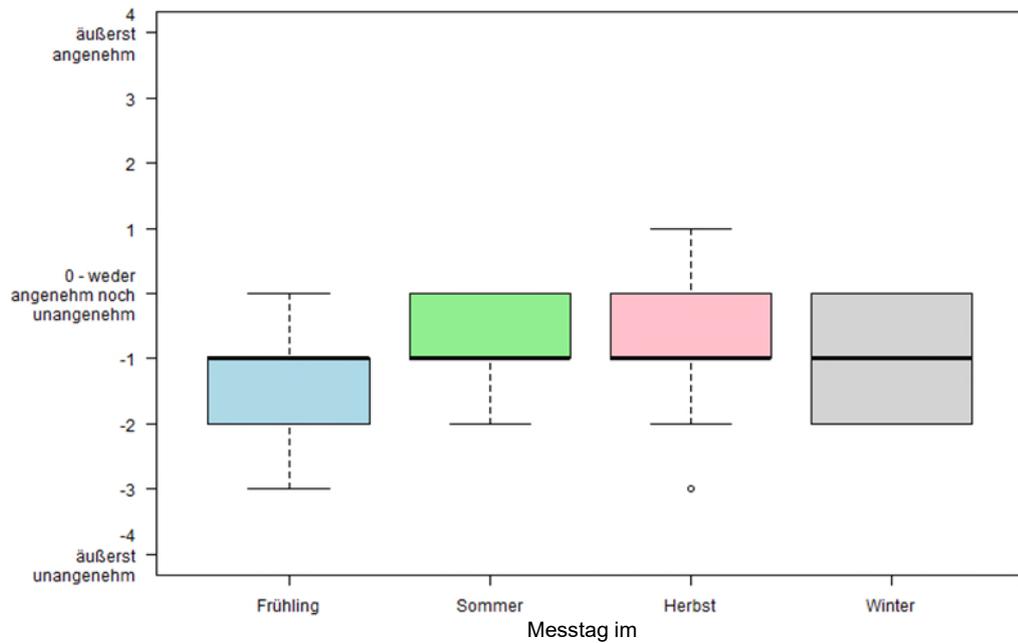


Abbildung 24. Vergleich der hedonischen Bewertung mittels Boxplot am Standort M1.

Der hedonische Eindruck wurde an den Messtagen im Sommer und Herbst im Interquartilsabstand als mäßig unangenehm (Stufen -1 bis 0) bewertet. Im Winter lag der Interquartilsabstand zwischen Stufe -2 und 0, im Frühling zwischen -1 und -2, wobei über alle Messtage hinweg unangenehme (-3) bis neutrale Eindrücke (0) auftraten (Abbildung 24). Am Messtag im Herbst wurden vereinzelt unangenehme Wahrnehmungen der Stufe -3 dokumentiert, aber auch leicht angenehme Eindrücke der Stufe +1. Im Sommer lagen Eindrücke auf dem Niveau von 0 bis -2 vor.

Ein Einfluss durch den defekten Schieber lässt sich nicht erkennen.

### 5.3.2 M2

In den folgenden Tabellen werden die anlagenbezogene Geruchsintensität und Hedonik, die an den vier Messtagen ermittelt wurden, zusammengestellt. Weiterhin werden die mittlere Hedonik und mittlere Intensität nach der Wahrnehmungshäufigkeit aufgetragen.

Tabelle 18. Anlagenbezogene Geruchsintensität und Hedonik.

Messtag	1	2	3	4
	Frühling	Sommer	Herbst	Winter
Geruchsintensität	2,1	2,9	2,8	2,4
Hedonik	-1,1	-1,5	-1,3	-0,9

Die mittlere Geruchsintensität lag im Bereich von 2,1 bis 2,9 und wurde damit als „schwach“ bis „deutlich“ eingestuft. Die mittlere hedonische Bewertung lag mit -0,9 bis -1,5 im leicht unangenehmen Bereich.

Insgesamt wurden an den einzelnen Messtagen nur geringfügige Unterschiede mit etwas höherer Intensität und unangenehmerer hedonischer Bewertung im Sommer und Herbst festgestellt.

Tabelle 19. Mittlere Intensität für verschiedene Häufigkeitsklassen der Geruchswahrnehmung.

Messtag	1	2	3	4
	Frühling	Sommer	Herbst	Winter
Wahrnehmungshäufigkeit I				
$I > 0,50$	3,0	4,3	3,8	3,0
$0,25 < I \leq 0,50$	2,5	3,0	2,2	2,1
$0,10 < I \leq 0,50$	2,0	2,6	2,4	2,2
$0,10 < I \leq 0,25$	1,6	2,3	2,3	2,0
$I \leq 0,15$	1,4	1,7	1,3	1,1
$I \leq 0,10$	1,4	1,5	1,2	1,0

Aus Tabelle 19 wird deutlich, dass bei Geruchswahrnehmungshäufigkeiten von  $< 0,15$  bzw.  $< 0,10$  die Geruchintensität mit „sehr schwach (1)“ bis „schwach (2)“ eingeordnet wurde. Dagegen wurde bei Geruchswahrnehmungshäufigkeiten  $> 0,50$  eine deutliche bis starke Intensität zwischen 3,0 und 4,3 festgestellt.

Im Folgenden werden die Intensität und die Hedonik mittels Boxplot verglichen, dabei wurden nur Einzelmessungen mit Geruchszeitanteil  $\geq 10\%$  berücksichtigt.

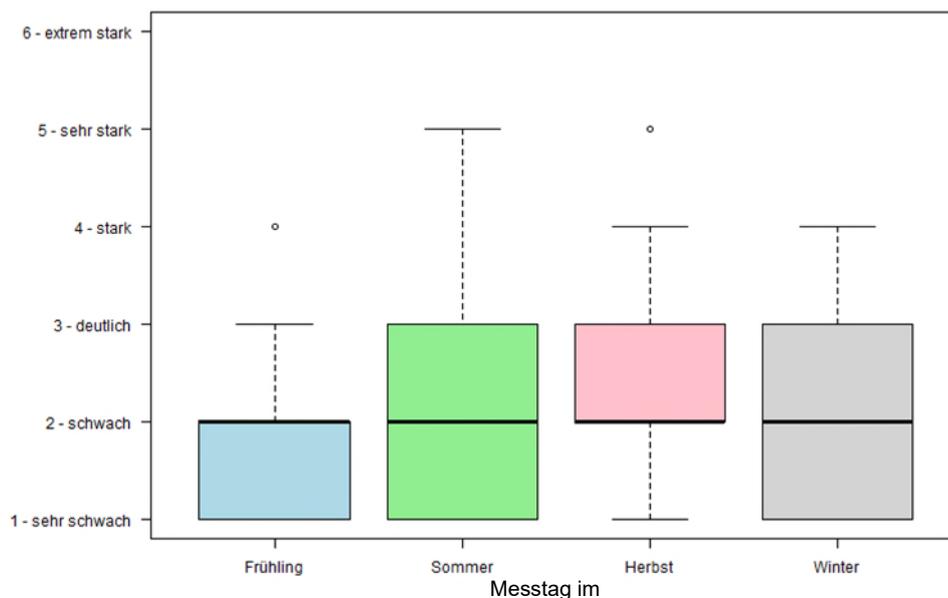


Abbildung 25. Vergleich der Intensität der Gerüche mittels Boxplot am Stanort M2.

Aus der Abbildung 25 wird deutlich, dass die Intensität an den Messtagen im Sommer und im Winter im Interquartilsabstand zwischen „sehr schwach“ (1) und

„deutlich“ (3) eingestuft wurde. Über die Messtage hinweg war eine breite Streuung der Werte zwischen sehr schwach und sehr stark vorhanden. Die Intensität wurde am Messtag im Frühling im Interquartilsabstand zwischen „schwach“ (2) und „sehr schwach“ (1) und im Herbst zwischen „schwach“ (2) und „deutlich“ (3) eingestuft. „Starke“ (4) Intensitäten wurden an allen Messtagen dokumentiert, im Sommer und im Herbst wurden auch „sehr starke“ (5) Eindrücke dokumentiert.

Tabelle 20. Mittlere Hedonik für verschiedene Häufigkeitsklassen der Geruchswahrnehmung.

Messtag	1	2	3	4
	Frühling	Sommer	Herbst	Winter
Wahrnehmungshäufigkeit I				
$I > 0,50$	-2,0	-2,5	-1,9	-1,3
$0,25 < I \leq 0,50$	-1,3	-1,6	-1,0	-0,7
$0,10 < I \leq 0,50$	-1,0	-1,2	-0,9	-0,6
$0,10 < I \leq 0,25$	-0,6	-1,1	-0,9	-0,5
$I \leq 0,15$	-0,4	-0,5	0	-0,1
$I \leq 0,10$	-0,4	-0,5	0	0

Aus Tabelle 20 wird deutlich, dass bei Geruchswahrnehmungshäufigkeiten von  $< 0,15$  bzw.  $< 0,10$  die Hedonik mit Werten von -0,5 bis 0 nur als geringfügig unangenehm eingeordnet wurde. Dagegen wurde bei Geruchswahrnehmungshäufigkeiten  $> 0,50$  eine unangenehmere Wirkung zwischen -1,3 und -2,5 festgestellt.

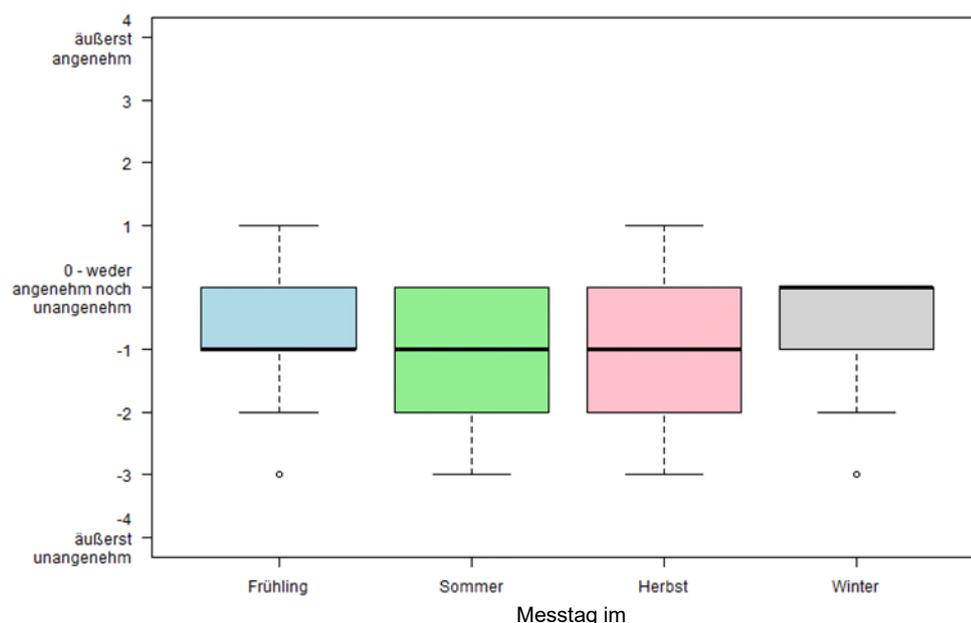


Abbildung 26. Vergleich der hedonischen Bewertung mittels Boxplot am Standort M2.

Der hedonische Eindruck wurde an den Messtagen im Sommer und Herbst im Interquartilsabstand als eher unangenehm (Stufen -2 bis 0) bewertet. An den Messtagen im Winter und im Frühling entsprach der Interquartilsabstand den

Stufen -1 bis 0, die hedonische Bewertung war noch immer eher unangenehm (Abbildung 26). An allen Messtagen wurden Wahrnehmungen als unangenehm (Stufe -3) dokumentiert. Im Frühling und im Herbst wurden auch eher angenehme Eindrücke (+1) festgestellt.

### 5.3.3 M3

In den folgenden Tabellen werden die anlagenbezogene Geruchsintensität und Hedonik für den Standort M3, die an den vier Messtagen ermittelt wurden, zusammengestellt. Weiterhin werden die mittlere Hedonik und mittlere Intensität nach der Wahrnehmungshäufigkeit aufgetragen.

Tabelle 21. Anlagenbezogene Geruchsintensität und Hedonik.

Messtag	1	2	3	4
	Frühling	Sommer	Herbst	Winter
Geruchsintensität	2,4	2,6	2,6	2,5
Hedonik	-0,7	-1,9	-1,3	-1,4

Die mittlere Geruchsintensität lag an den verschiedenen Messtagen konstant auf einem Niveau zwischen „schwach“ und „deutlich“. Die mittlere Hedonik wurde am Messtag im Frühling als am wenigsten unangenehm (-0,7) und während der Sommerbegehung als am unangenehmsten (-1,9) eingestuft.

Tabelle 22. Mittlere Intensität für verschiedene Häufigkeitsklassen der Geruchswahrnehmung.

Messtag	1	2	3	4
	Frühling	Sommer	Herbst	Winter
Wahrnehmungshäufigkeit I				
I > 0,50	3,4	4,3	3,5	3,3
0,25 < I ≤ 0,50	2,4	2,2	2,3	2,3
0,10 < I ≤ 0,50	2,1	2,0	2,0	2,2
0,10 < I ≤ 0,25	1,9	1,5	1,5	2,1
I ≤ 0,15	1,2	1,0	1,2	1,3
I ≤ 0,10	1,2	1,0	1,1	1,2

Tabelle 22 zeigt, dass bei Geruchswahrnehmungshäufigkeiten von < 0,15 bzw. < 0,10 die Geruchintensität mit „sehr schwach (1)“ eingeordnet wurde. Dagegen wurde bei Geruchswahrnehmungshäufigkeiten > 0,50 eine deutliche bis starke Intensität zwischen 3,3 und 4,3 festgestellt.

Im Folgenden werden die Intensität und die Hedonik im Boxplot verglichen, dabei wurden nur Einzelmessungen mit Geruchszeitanteil ≥ 10 % berücksichtigt.

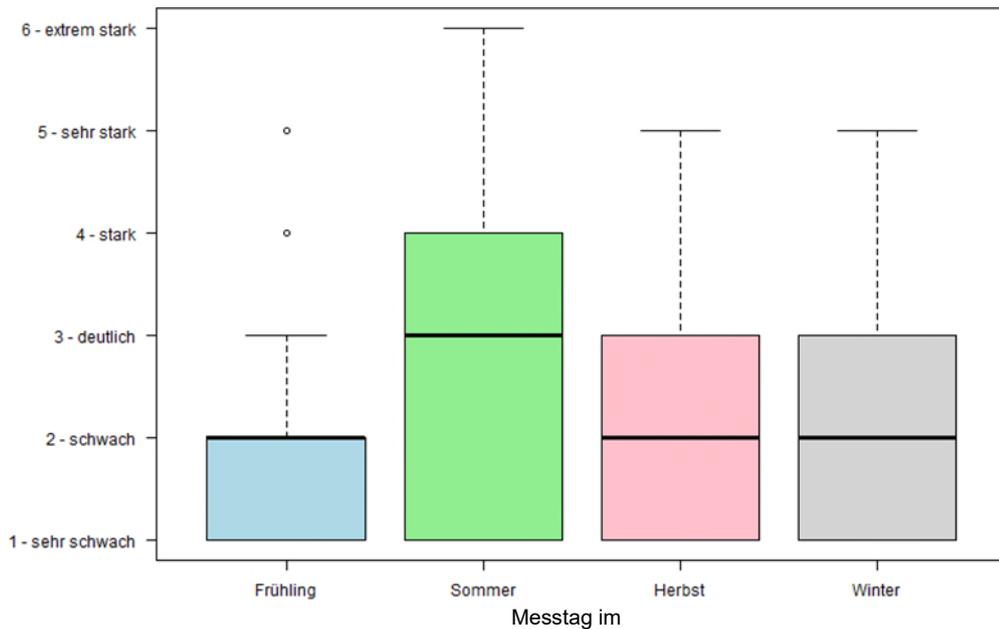


Abbildung 27. Vergleich der Intensität der Gerüche mittels Boxplot.

Aus der Abbildung 27 wird deutlich, dass die Intensität am Messtag im Sommer als Interquartilsabstand zwischen „sehr schwach“ (1) und „stark“ (4) eingestuft wurde; es traten auch die stärksten Eindrücke mit „extrem stark“ (6) auf. Die Werte waren im Sommer insgesamt breiter gestreut als an den anderen Messtagen.

Am Messtag im Frühling lag der Interquartilsabstand der Intensität zwischen „sehr schwach“ (1) und „schwach“ (2), im Herbst und im Winter zwischen „sehr schwach“ (1) und „deutlich“ (3). An den Messtagen im Frühling, Herbst und Winter wurden vereinzelt Wahrnehmungen mit „sehr stark“ (5) eingestuft.

Tabelle 23. Mittlere Hedonik für verschiedene Häufigkeitsklassen der Geruchswahrnehmung.

Messtag	1	2	3	4
Wahrnehmungshäufigkeit I	Frühling	Sommer	Herbst	Winter
$I > 0,50$	-2,0	-2,6	-2,1	-1,8
$0,25 < I \leq 0,50$	-0,9	-1,3	-1,1	-1,4
$0,10 < I \leq 0,50$	-0,6	-1,2	-0,8	-1,3
$0,10 < I \leq 0,25$	-0,3	-1,0	-0,4	-1,3
$I \leq 0,15$	0	0	-0,2	-0,8
$I \leq 0,10$	0	0	-0,3	-0,6

Tabelle 23 zeigt, dass bei Geruchswahrnehmungshäufigkeiten von  $< 0,15$  bzw.  $< 0,10$  die Geruchswahrnehmungen im Vergleich zu höheren Häufigkeiten als weniger unangenehm eingeordnet wurden. Dagegen wurde bei Geruchswahrnehmungshäufigkeiten  $> 0,50$  eine unangenehmere Wirkung zwischen -1,6 und -2,6 festgestellt.

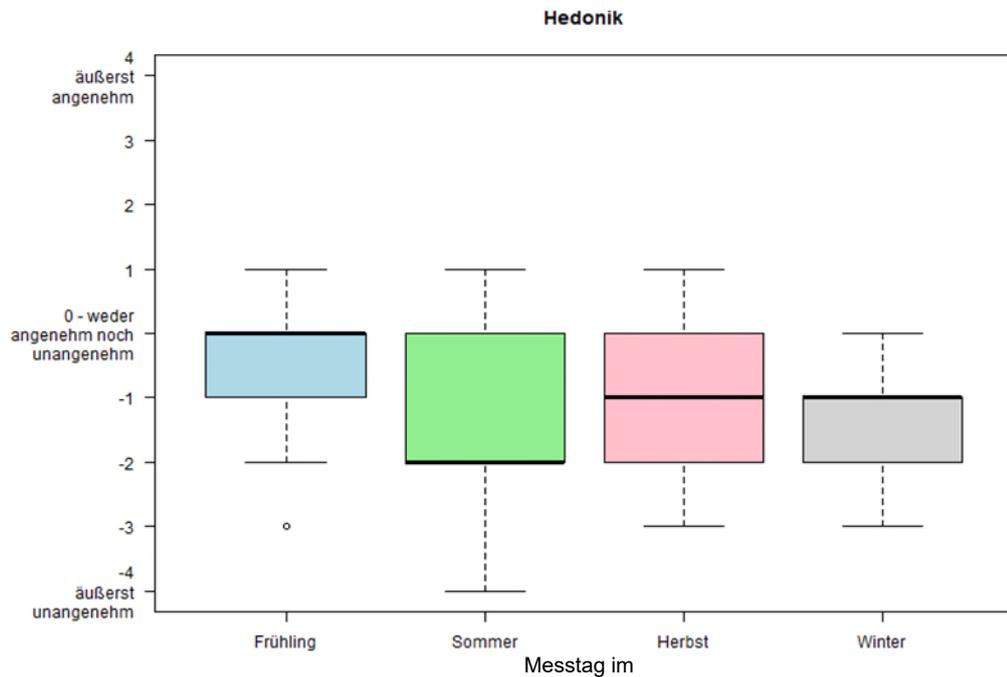


Abbildung 28. Vergleich der hedonischen Bewertung mittels Boxplot am Standort M3.

Der hedonische Eindruck wurde an den Messtagen im Sommer und Herbst im Interquartilsabstand als mäßig unangenehm (Stufen -2 bis 0) bewertet. Am Messtag im Winter lag die hedonische Bewertung im Interquartilsabstand bei Stufe -2 bis -1, im Frühling bei Stufen -1 bis 0 (s. Abbildung 28). Die „äußerst unangenehme“ hedonische Wahrnehmung von -4 ist an den Messpunkten mit „extrem starker“ Intensität bei hohen Wahrnehmungshäufigkeiten vom selben Prüfer im Frühling festgestellt worden. Für die weiteren Messtage wurde maximal eine hedonische Wirkung von -3 festgestellt. Angenehme Eindrücke mit +1 wurden vereinzelt an allen Messtagen, außer im Winter (Maximum: 0), festgestellt.

### 5.3.4 S1

In den folgenden Tabellen werden die anlagenbezogene Geruchsintensität und Hedonik für den Standort S1, die an den vier Messtagen ermittelt wurden, zusammengestellt. Weiterhin werden die mittlere Hedonik und mittlere Intensität nach der Wahrnehmungshäufigkeit aufgetragen.

Tabelle 24. Anlagenbezogene Geruchsintensität und Hedonik.

Messtag	1	2	3	4
	Frühling	Sommer	Herbst	Winter
Geruchsintensität	1,9	2,1	2,1	2,0
Hedonik	-0,3	-0,9	-0,9	-0,7

Die anlagenbezogene mittlere Intensität lag an allen Messtagen bei etwa 2 (schwach), der mittlere hedonische Eindruck war mit -0,9 bis -0,3 leicht unangenehm.

Tabelle 25. Mittlere Intensität für verschiedene Häufigkeitsklassen der Geruchswahrnehmung.

Messtag	1	2	3	4
	Frühling	Sommer	Herbst	Winter
Wahrnehmungshäufigkeit I				
$I > 0,50$	2,0	3,0	3,0	2,3
$0,25 < I \leq 0,50$	2,2	2,2	2,8	2,2
$0,10 < I \leq 0,50$	1,8	2,0	1,6	2,0
$0,10 < I \leq 0,25$	1,7	1,7	1,6	1,8
$I \leq 0,15$	1,3	1,1	1,0	1,2
$I \leq 0,10$	1,4	1,1	1,0	1,1

Mit geringer werdenden Wahrnehmungshäufigkeiten nahm die Intensität der Geruchswahrnehmungen ab und betrug bei  $I \leq 0,15$  bzw.  $I \leq 0,10$  nur noch 1,0 (sehr schwach) bis 1,4. Dagegen wurde bei Geruchswahrnehmungshäufigkeiten  $> 0,50$  eine deutliche bis starke Intensität zwischen 2,0 und 3,0 festgestellt.

Im Folgenden werden die Intensität und die Hedonik im Boxplot verglichen; dabei wurden nur Einzelmessungen mit Geruchszeitanteil  $\geq 10\%$  berücksichtigt.

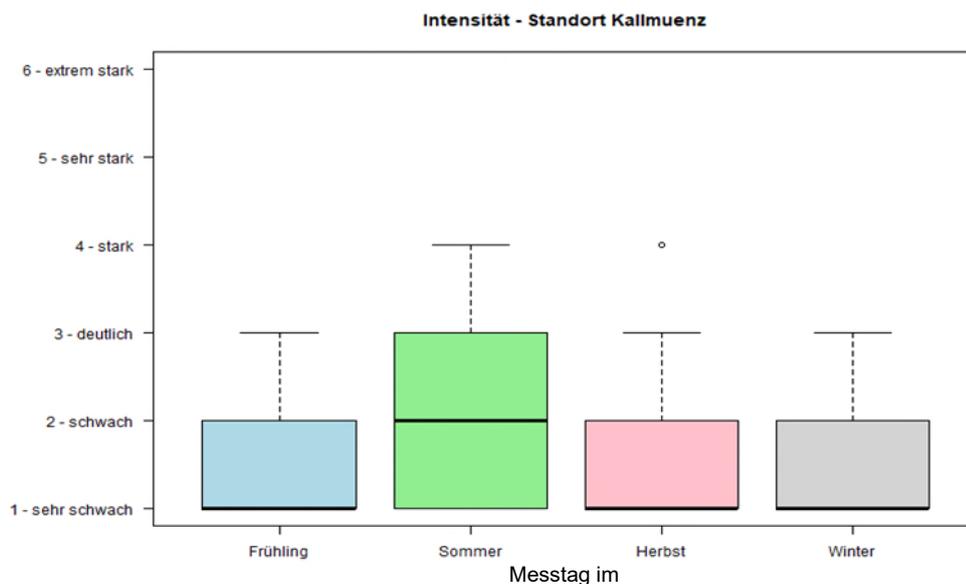


Abbildung 29. Vergleich der Intensität der Gerüche mittels Boxplot am Standort S1.

Aus der Abbildung 29 wird deutlich, dass der Interquartilsabstand für die Intensität an den Messtagen im Frühling, Herbst und Winter zwischen „sehr schwach“ (1) und „schwach“ (2) eingestuft wurde, im Sommer zwischen „sehr schwach“ (1) und „deutlich“ (3). Am Messtag im Sommer sind die Werte breiter gestreut im Vergleich zu den anderen Jahreszeiten. Die stärksten Einzelbewertungen traten an den Messtagen im Sommer und Herbst mit „stark“ (4) und im Frühling und Winter mit „deutlich“ (3) auf.

Tabelle 26. Mittlere Hedonik für verschiedene Häufigkeitsklassen der Geruchswahrnehmung.

Messtag	1	2	3	4
	Frühling	Sommer	Herbst	Winter
Wahrnehmungshäufigkeit I				
$I > 0,50$	-0,7	-1,5	-2,0	-1,0
$0,25 < I \leq 0,50$	0,0	-1,1	-1,2	-1,0
$0,10 < I \leq 0,50$	-0,1	-0,8	-0,9	-0,7
$0,10 < I \leq 0,25$	-0,3	-0,4	-0,7	-0,4
$I \leq 0,15$	-0,1	-0,3	0	-0,2
$I \leq 0,10$	0,1	-0,3	0	-0,2

Tabelle 26 zeigt, dass bei Geruchswahrnehmungshäufigkeiten von  $< 0,15$  bzw.  $< 0,10$  der hedonische Eindruck mit Werten um -0,3 nur noch als geringfügig unangenehm eingeordnet wurde. Dagegen wurde bei Geruchswahrnehmungshäufigkeiten  $> 0,50$  eine unangenehmere Wirkung zwischen -0,7 und -2,0 festgestellt.

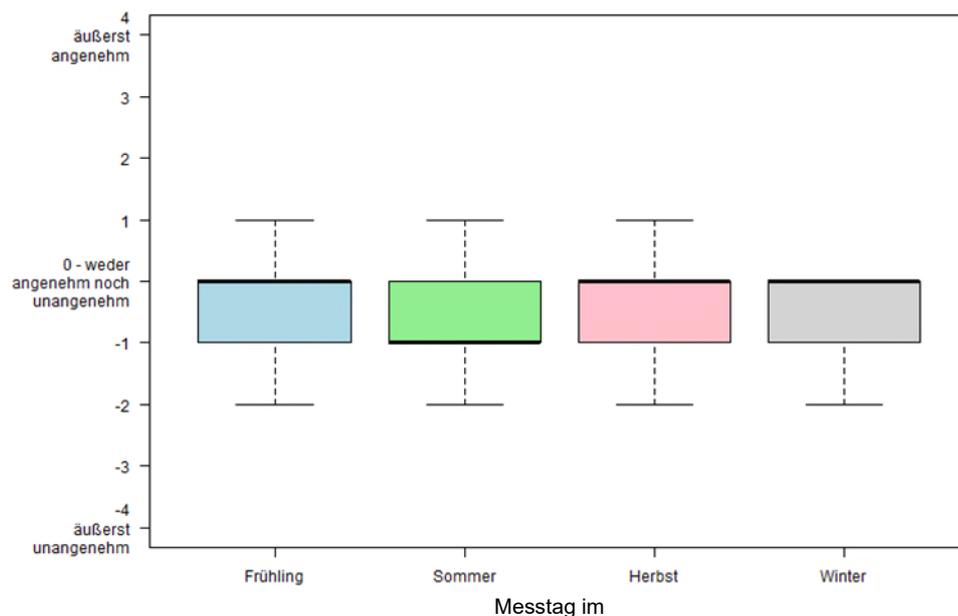


Abbildung 30. Vergleich der hedonischen Bewertung mittels Boxplot am Standort S1.

Der hedonische Eindruck wurde bei allen Begehungen im Interquartilsabstand als mäßig unangenehm (Stufen -1 bis 0) bewertet. Die Spannweite der Wahrnehmungen reichte von -2 bis +1, wobei am Messtag im Winter der angenehmste Eindruck bei Stufe 0 (neutral) lag. Der hedonische Eindruck im Interquartilsabstand war bei allen Fahnenbegehungen auf gleichem Niveau. Der Median lag im Sommer bei -1, an allen anderen Messterminen bei 0.

### 5.4 Polaritätenprofile

Die Polaritätenprofile wurden jeweils bei hoher Geruchsintensität (unmittelbar angrenzend im Lee des Stalls) und an einem Messpunkt mit geringer

Geruchsintensität (in größerer Entfernung oder am Rand der Geruchsfahne) erhoben und als Produkt-Moment-Korrelationskoeffizient nach Pearson für die Konzepte „Duft“ und Gestank“ ausgewertet.

Diese Korrelation ist ein Maß für den Zusammenhang zwischen zwei oder mehreren Variablen und kann Werte zwischen -1 und +1 annehmen. Ein Wert von -1,0 bedeutet eine maximal negative Korrelation, das heißt, der typische Anlagengeruch zeigt eine große Unähnlichkeit mit dem jeweiligen Konzept. Ein Wert von +1,0 beschreibt eine große Ähnlichkeit des Anlagengeruchs mit dem Konzept. Für eine eindeutige hedonische Klassifizierung eines Anlagengeruchs als Gestank oder Duft muss die Korrelation zwischen dem Polaritätenprofil der Anlage und dem repräsentativen Gestank- oder Duftprofil größer als 0,5 sein. Eine negative Korrelation besteht bei Koeffizienten, die kleiner als - 0,5 sind.

**5.4.1 M1**

In Tabelle 27 werden die Ergebnisse aus der Ermittlung der Polaritätenprofile der vier Messtage am Standort M1 als Korrelationskoeffizienten dargestellt.

Tabelle 27. Korrelationskoeffizient nach Pearson an den vier Messtagen in M1.

<b>Messtag</b>	1	2	3	4
Jahreszeit	Frühling	Sommer	Herbst	Winter
Korrelation mit dem Profil „Gestank“				
Messpunkt mit hoher Geruchsintensität	0,914	0,901	0,841	0,946
Messpunkt mit geringer Geruchsintensität	0,899	0,668	0,846	0,890
Korrelation mit dem Profil „Duft“				
Messpunkt mit hoher Geruchsintensität	-0,723	-0,723	-0,611	-0,774
Messpunkt mit geringer Geruchsintensität	-0,711	-0,699	-0,706	-0,669

Demnach korrelierten die festgestellten Gerüche sowohl bei geringer als auch bei hoher Intensität an allen Messtagen mit dem Profil „Gestank“. Die Korrelationen an beiden Messpunkten waren jeweils ähnlich ausgeprägt. Es liegt eine große Unähnlichkeit (negative Korrelation) mit dem Konzept „Duft“ und eine große Ähnlichkeit (positive Korrelation) mit dem Konzept „Gestank“ vor.

**5.4.2 M2**

In Tabelle 28 werden die Ergebnisse aus der Ermittlung der Polaritätenprofile der vier Messtage am Standort M2 als Korrelationskoeffizienten dargestellt.

Tabelle 28. Korrelationskoeffizient nach Pearson an den vier Messtagen in M2.

Messtag	1	2	3	4
Jahreszeit	Frühling	Sommer	Herbst	Winter
Korrelation mit dem Profil „Gestank“				
Messpunkt mit hoher Geruchsintensität	0,953	0,916	0,940	0,916
Messpunkt mit geringer Geruchsintensität	0,579	0,820	0,767	0,716
Korrelation mit dem Profil „Duft“				
Messpunkt mit hoher Geruchsintensität	-0,753	-0,698	-0,716	-0,763
Messpunkt mit geringer Geruchsintensität	-0,595	-0,709	-0,719	-0,573

Demnach korrelierten die festgestellten Gerüche an allen Messtagen sowohl bei geringer als auch bei hoher Intensität mit dem Profil „Gestank“, wobei die Korrelationen an den vier Messpunkten mit Ausnahme des Frühlings am Messpunkt mit geringer Geruchsintensität ähnlich ausgeprägt waren. Es liegt eine Unähnlichkeit (negative Korrelation) mit dem Konzept „Duft“ und eine hohe Ähnlichkeit (positive Korrelation) mit dem Konzept „Gestank“ vor. An den Messpunkten mit geringer Geruchsintensität waren die Korrelationen weniger stark ausgeprägt. Der Messpunkt mit geringer Geruchsintensität im Frühling war dennoch dem Profil „Gestank“ zuzuordnen.

### 5.4.3 M3

In Tabelle 29 werden die Ergebnisse aus der Ermittlung der Polaritätenprofile der vier Messtage am Standort M3 als Korrelationskoeffizienten dargestellt.

Tabelle 29. Korrelationskoeffizient nach Pearson an den vier Messtagen in M3.

Messtag	1	2	3	4
Jahreszeit	Frühling	Sommer	Herbst	Winter
Korrelation mit dem Profil „Gestank“				
Messpunkt mit hoher Geruchsintensität	0,871	0,918	0,883	0,917
Messpunkt mit geringer Geruchsintensität	-0,090	0,405	0,809	0,796
Korrelation mit dem Profil „Duft“				
Messpunkt mit hoher Geruchsintensität	-0,688	-0,717	-0,700	-0,716
Messpunkt mit geringer Geruchsintensität	0,034	-0,270	-0,679	-0,727

Demnach korrelierten die festgestellten Gerüche an den vier Messtagen am Messpunkt mit hoher Intensität deutlich mit dem Profil „Gestank“. Die Korrelation war an den Messpunkten mit geringer Intensität im Winter und Herbst ähnlich ausgeprägt. Eine Korrelation mit dem Profil „Duft“ war nicht festzustellen.

An den Messpunkten mit geringer Geruchsintensität waren die Korrelationen an den Messtagen im Herbst und Winter ähnlich wie an den Messpunkten mit hoher Geruchsintensität. An den Messtagen im Frühling und Sommer war bei geringer Geruchsintensität weder eine eindeutige hedonische Klassifizierung als „Gestank“ noch als „Duft“ vorhanden.

Obwohl die hedonischen Eindrücke am Messtag im Sommer im Vergleich zu den anderen Messtagen als unangenehmer wahrgenommen wurden (s. Kap. 5.3.3), sind die Geruchsintensitäten am Messpunkt mit geringer Geruchsintensität nicht dem Profil „Gestank“ zuordenbar. Ein eindeutiger Grund ist hier nicht ersichtlich.

Insgesamt liegt eine Unähnlichkeit (negative Korrelation) mit dem Konzept „Duft“ und eine hohe Ähnlichkeit (positive Korrelation) mit dem Konzept „Gestank“ vor.

#### 5.4.4 S1

In Tabelle 30 werden die Ergebnisse aus der Ermittlung der Polaritätenprofile der vier Messtage am Standort S1 als Korrelationskoeffizienten dargestellt.

Tabelle 30. Korrelationskoeffizient nach Pearson an den vier Messtagen in S1.

Messtag	1	2	3	4
Jahreszeit	Frühling	Sommer	Herbst	Winter
Korrelation mit dem Profil „Gestank“				
Messpunkt mit hoher Geruchsintensität	0,891	0,948	0,908	0,939
Messpunkt mit geringer Geruchsintensität	0,551	0,807	0,911	0,884
Korrelation mit dem Profil „Duft“				
Messpunkt mit hoher Geruchsintensität	-0,686	-0,730	-0,724	-0,743
Messpunkt mit geringer Geruchsintensität	-0,572	-0,729	-0,821	-0,776

Nach Tabelle 30 korrelierten die festgestellten Gerüche sowohl bei geringer als auch bei hoher Intensität mit dem Profil „Gestank“. Die Korrelationen waren an den Messtagen im Sommer, Herbst und Winter an beiden Messpunkten ähnlich ausgeprägt. Eine negative Korrelation mit dem Profil „Duft“ war festzustellen.

Es liegt eine Unähnlichkeit (negative Korrelation) mit dem Konzept „Duft“ und eine große Ähnlichkeit (positive Korrelation) mit dem Konzept „Gestank“ vor. An den Messpunkten mit geringer Geruchsintensität waren die Korrelationen meist weniger stark ausgeprägt.

## 5.5 Zusammenfassung der Ergebnisse

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse der Fahnenbegehungen der vier Jahreszeiten und der vier Standorte zusammengefasst und gegenübergestellt.

### 5.5.1 Fahnenreichweite

Im Folgenden werden die resultierenden mittleren und maximalen Fahnenreichweiten sowie der Median für die vier Standorte unter Berücksichtigung der Einzelbegehungen dargestellt und mit der mittleren Tiermasse über alle Messtage verglichen. Die Ergebnisse der Messung in M1 im Winter sind wegen des defekten Unterflurschiebers nicht berücksichtigt.

Tabelle 31. Darstellung der Fahnenreichweiten als Mittelwert, Median und Maximalwert und Vergleich mit dem mittleren Tierbestand; (Mastschweinehaltung: M1, M2, M3).

<b>Fahnenreichweite [m]</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	<b>S1</b>
Mittelwert	473	285	394	316
Median	480	295	385	270
Maximal	570	370	510	540
Mittlere Tiermasse [GV]	177	134	157	46

In Tabelle 31 sind die Ergebnisse für die Fahnenreichweiten der einzelnen Standorte zusammengefasst. Im Vergleich der Maststandorte weist Standort M1 für alle Parameter der Fahnenreichweiten die höchsten Werte auf. Die Stallbelegung ist in bei M1 im Mittel am höchsten. Am Standort M3 wurden bei den zweithöchsten mittleren Tiermassen die zweithöchsten Werte bei den Fahnenreichweiten ermittelt.

Werden die einzelnen Begehungstage an den jeweiligen Messtagen betrachtet, so zeigen sich, mit Ausnahme des Herbstmesstages bei M3, keine großen Unterschiede in den Fahnenreichweiten aufgrund der unterschiedlichen Stallbelegung an den einzelnen Standorten.

Auffällig ist, dass am Standort M1 (bei Windgeschwindigkeiten im Durchschnitt von 4,4 m/s, zulässiger Zeitanteil 93 %) und Standort M3 (bei Windgeschwindigkeiten im Durchschnitt von 3,8 m/s, zulässiger Zeitanteil 85 %) die Fahnenbegehungen bei im Mittel höheren Windgeschwindigkeiten durchgeführt wurden als am Standort M2 (Windgeschwindigkeit im Durchschnitt 2,0 m/s, zulässiger Zeitanteil 57 %). Insgesamt wurden bei Anlage M2 bei geringsten mittleren Tiermassen und den geringsten mittleren Windgeschwindigkeiten die geringsten Fahnenreichweiten ermittelt.

Hinsichtlich des zulässigen Zeitanteils der Stabilität der atmosphärischen Schichtung wurden am Standort M3 mit ca. 80% die repräsentativsten Ergebnisse erzielt, gefolgt von vom Standort M1 mit 67%. Aufgrund der geringeren Windgeschwindigkeiten konnte die Vorgabe der DIN EN 16841-2 für die Stabilität bei Standort M2 nur mit ca. 53 % erfüllt werden. Die Abweichungen zu den in den Norm definierten Bereichen der Stabilität der atmosphärischen Schichtung (Stabilitätsklassen III/1, III/2 und Teile von II und IV) geht bei allen Begehungen eher in den labileren Bereich mit Stabilitätsklassen IV und V.

Die signifikant niedrigere Tiermasse in der Sauenhaltung/Ferkelaufzucht in S1 hatte nicht eine entsprechend geringere Fahnenreichweite zur Folge. Auch wichen aufgrund der höheren Fahnenreichweite, die dort im Frühling ermittelt wurde, Median und maximale Fahnenreichweite stärker voneinander ab.

### 5.5.2 Intensität und Hedonik

In Tabelle 32 werden die Mittelwerte aus den Einzelwerten ( $\geq 10\%$  Geruchszeitanteil) für die anlagenbezogenen Intensitäten und hedonischen Eindrücke für die vier untersuchten Standorte zusammengefasst.

Tabelle 32. Zusammenfassung der anlagenbezogenen Auswertungen zu Intensität und hedonischer Bewertung.

Standort	Mittelwert Intensität	Mittelwert Hedonik
M1	2,5	-1,2
M2	2,5	-1,2
M3	2,7	-1,4
S1	2,0	-0,7

Deutlich wird, dass an den Standorten M1, M2 und M3 mittlere Intensitäten in vergleichbarer Höhe zwischen „schwach“ (2) und „deutlich“ (3) auftraten. In S1 wurde eine etwas geringere mittlere Intensität wahrgenommen

Dies stimmt mit der mittleren hedonischen Bewertung überein, da der am wenigsten unangenehme Eindruck in S1 wahrgenommen wurde. Dies liegt vermutlich daran, dass es sich in S1 um eine Sauenhaltung mit Ferkelaufzucht handelt. Im Mittel wurde für alle Ställe eine leicht unangenehme Geruchscharakteristik (von -0,7 bis -1,2) festgestellt.

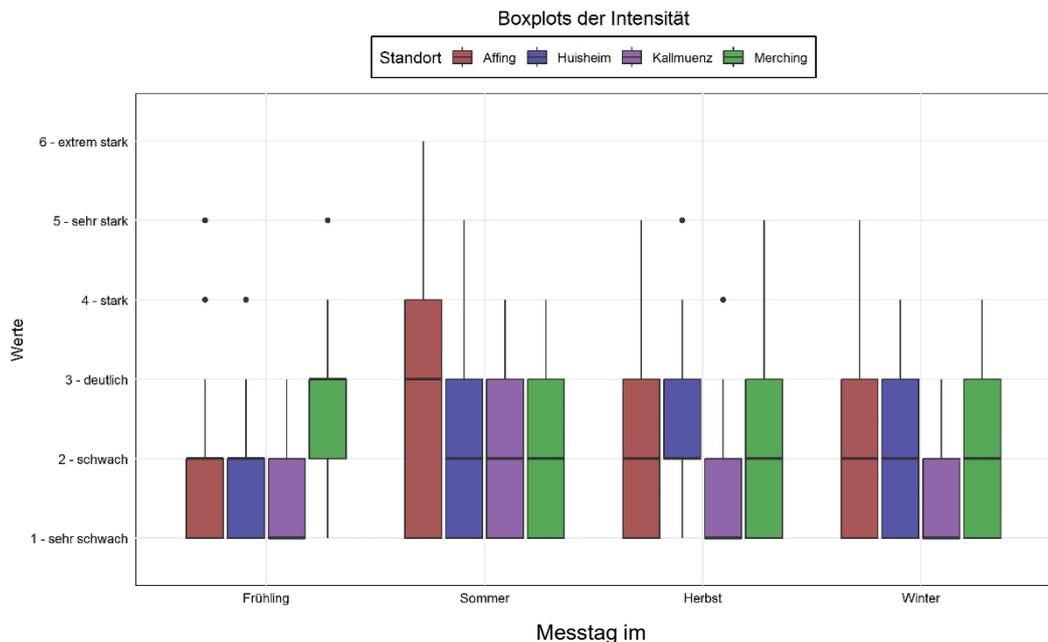


Abbildung 31. Vergleich der Boxplots für die Intensität der Geruchswahrnehmungen.

Wie in Abbildung 31 zu sehen ist, zeigen die Boxplots zur Intensität bei den Frühlingsbegehungen in M3, M2 und S1 ein ähnliches Niveau, die Intensität in M1 war geringfügig stärker. Im Sommer wurden die Gerüche in M3 als am stärksten eingeordnet. In M1, M2 und in S1 wurden bei den Begehungen im Sommer, Herbst und Winter ähnlich hohe Intensitäten wahrgenommen. Bei der Frühlingsbegehung wurde in M1 der Geruch mit einer Intensitätsstufe höher bewertet als an den drei anderen Standorten.

An allen untersuchten Ställen lagen die festgestellten Intensitäten überwiegend in den Bereichen schwach bis deutlich. An allen Messtagen wurden jedoch auch vereinzelt starke und sehr starke Intensitäten festgestellt. Unterschiede zwischen den einzelnen Begehungstagen sind nicht feststellbar.

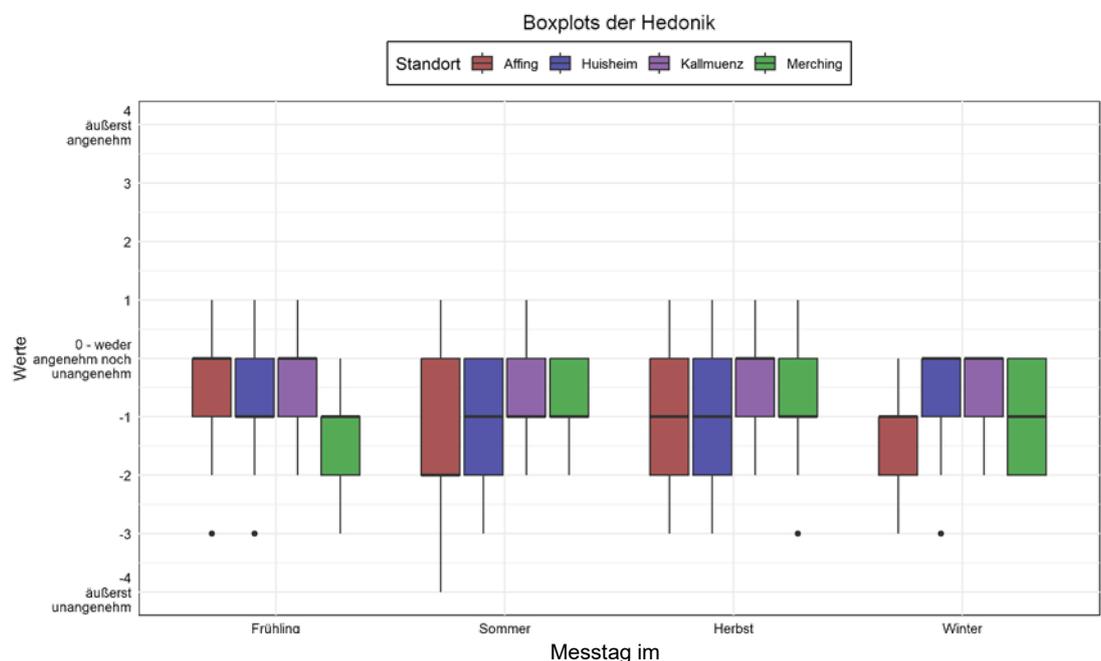


Abbildung 32. Vergleich der Boxplots für die Hedonik der Geruchswahrnehmungen.

Wie in Abbildung 32 zu sehen ist, zeigen die Boxplots zur Hedonik bei den Frühlingsfahnenbegehungen in M3, M2 und S1 ein ähnliches Niveau, der hedonische Eindruck in M1 war geringfügig unangenehmer. An den Messtagen im Sommer und Herbst wurden die Gerüche in M3 und M2 als tendenziell unangenehmer, in S1 und in M1 vergleichbar eingeordnet. Bei der Winterfahnenbegehung wurde in M3 der Geruch als unangenehmer bewertet, in M1 und in M2 als etwas angenehmer. In S1 ergab die hedonische Bewertung an allen Messtagen ein ähnliches Niveau.

An allen untersuchten Ställen lagen die festgestellten hedonischen Eindrücke überwiegend im Bereich unangenehmer Geruchscharakteristik. An allen Messtagen wurden jedoch auch vereinzelt leicht angenehme Gerüche festgestellt. Unterschiede in den Jahreszeiten sind nicht feststellbar.

An allen Standorten ist aus den Ergebnissen einheitlich abzuleiten, dass mit der Höhe der festgestellten Geruchswahrnehmungshäufigkeit sowohl die Intensität steigt als auch die Hedonik stärker in Richtung unangenehmer Gerüche tendiert. (vgl. Kapitel 5.3)

### 5.5.3 Polaritätenprofile

In der folgenden Tabelle 33 werden die Ergebnisse der Auswertung der Polaritätenprofile als Mittelwert je Standort als Korrelationskoeffizienten nach Pearson zusammengefasst.

Tabelle 33. Zusammenfassung der Korrelationskoeffizienten nach Pearson.

Standort	Messpunkt	Korrelation mit dem Profil „Gestank“	Korrelation mit dem Profil „Duft“
M1	hohe Geruchsintensität	0,94	-0,74
	geringe Geruchsintensität	0,93	-0,78
M2	hohe Geruchsintensität	0,96	-0,74
	geringe Geruchsintensität	0,84	-0,76
M3	hohe Geruchsintensität	0,93	-0,73
	geringe Geruchsintensität	0,72	-0,64
S1	hohe Geruchsintensität	0,95	-0,75
	geringe Geruchsintensität	0,90	-0,82

Mit Ausnahme des Standortes M3 am Messpunkt mit geringer Geruchsintensität konnte an allen Standorten sowohl bei hohen als auch bei geringen Geruchsintensitäten festgestellt werden, dass die Geruchsqualität eindeutig mit dem Profil „Gestank“ korrelierte.

Diese Abweichung ist auf die annähernd neutrale Bewertung des Geruchs bei der Begehung in M3 im Frühling zurückzuführen.

## 6 Diskussion der Ergebnisse

### 6.1 Meteorologie

Die nach der Norm DIN EN 16841-2 vorgegebenen Windgeschwindigkeiten, Stabilitätsklassen wurden während der Messzeitintervalle teilweise nicht eingehalten.

Meteorologische Wetterlagen mit konstanter Windrichtung, bei denen der Sektor der auftretenden Windrichtungen weniger als 25° betrug, waren – auch aufgrund der erforderlichen Dauer der Begehungen – selten, so dass dieses Kriterium der Norm in der Regel nicht eingehalten werden konnte.

Aus den meteorologischen Prognosen können Windrichtung und -geschwindigkeit und in etwa der Bedeckungsgrad für den geplanten Messtag abgeschätzt werden. Die für den Zeitraum der Messungen erwartete Stabilitätsklasse der Atmosphäre nach Klug-Manier kann daraus in etwa abgeleitet werden. Diese Klasseneinteilung beruht auf Stundenmittelwerten der Windgeschwindigkeit und der Beobachtung des Bedeckungsgrades. Sie muss daher nicht unbedingt mit den mittels Ultraschallanemometer als Minutenmittelwerten erhobenen Werten der Monin-Obukhov-Länge übereinstimmen.

Die Geruchsfahnen konnten an den Standorten aufgrund der örtlichen Gegebenheiten teilweise nicht bei allen Windrichtungen begangen werden. Da die Höhe der Windgeschwindigkeiten auch von der Windrichtung abhängig ist, erschwerte die Anforderung an die minimale Windgeschwindigkeit die Auswahl der Tage, an denen Begehungen durchgeführt werden konnten.

Vor allem am Standort M2 waren die Bedingungen nicht optimal, da die Geruchsbegehungen aufgrund der Orographie und Störeinflüssen nur bei südöstlichen Windrichtungen durchgeführt werden konnten. Diese Windrichtungen traten erwartungsgemäß bei geringen Windgeschwindigkeiten auf. Daher konnten hier die Kriterien der Meteorologie nicht eingehalten werden.

In Summe stellt die Kombination aus den Vorgaben für verschiedene meteorologische Parameter (mittlere Windgeschwindigkeit, Turbulenzklassen, konstante Turbulenzbedingungen, konstante Windrichtung und Niederschlag (s. Kapitel 2.1.2)) sowie im vorliegenden Projekt für die Jahreszeit bzw. Lufttemperatur, für die Begehbarkeit im Anlagenumfeld und die Betriebsbedingungen sehr hohe Anforderungen an die Auswahl der Messtermine. In Teilen ergeben sich nur wenige Tage im Jahr, welche als Messtage in Frage kommen. An diesen muss dann zudem eine ausreichende Anzahl an Prüfern verfügbar sein.

Insbesondere die Vorgaben für die verschiedenen meteorologischen Parameter sollten aus Sicht von Müller-BBM daher geprüft und nach Möglichkeit überarbeitet werden.

Zudem können dynamische Fahnenmessungen eine sinnvolle Alternative zu den statischen Fahnenmessungen darstellen, da hier auf Grund der geringeren Anzahl an erforderlichen Prüfern zumindest diesbezüglich eine etwas größere Flexibilität in Bezug auf die Verfügbarkeit an geeigneten Messtagen besteht.

## 6.2 Fahnenreichweiten

An den vier Standorten konnten auf Basis der angewandten Methoden die Geruchsfahnenreichweiten der Außenklimaställe bestimmt werden.

Aus der Zusammenfassung der Ergebnisse in Tabelle 31 wird deutlich, dass die maximalen Fahnenreichweiten an den drei untersuchten Standorten mit Mastschweinehaltung unter Berücksichtigung der mittleren Tiermasse auf ähnlichem Niveau lagen.

Die Mastschweinehaltungen waren mit 1028 bis 1499 Tierplätzen in der Größe vergleichbar und typisch für Betriebe dieser Art in Bayern. Wie aus den Anlagenbeschreibungen unter 4.2 hervorgeht, wurden Betriebe mit unterschiedlichen Haltungsformen untersucht.

Bei den Betrieben in M2 und M3 handelt es sich um Offenfrontställe mit Auslauf und Mast im Rein-Raus-Verfahren, in M1 um einen Betrieb mit Trauf-First-Lüftung und kontinuierlicher Mast ohne Auslauf. Dies gilt es in Anbetracht der Fahnenreichweiten zu berücksichtigen.

In M1 und M2 erfolgt Multiphasenfütterung und die Entmistung mittels Schieber und mit Kot-Harntrennung. In M3 erfolgt eine 3-Phasen-Fütterung und die Entmistung über einen Güllekanal. Die Gülle wird in M1 und M3 geschlossen gelagert und in M2 temporär in einem Festmistcontainer.

Diese unterschiedlichen Formen der Mastschweinehaltung scheinen nur einen geringen und in dieser Untersuchung nicht quantifizierbaren Einfluss zu haben.

In M2 waren aufgrund der eingeschränkten Begehbarkeit im Umfeld des Außenklimastalls Begehungen nur bei östlichen und südlichen Windrichtungen und damit einhergehenden geringen Windgeschwindigkeiten möglich.

Die signifikant niedrigere Tiermasse in der Sauenhaltung mit Ferkelaufzucht in S1 hatte nicht eine entsprechend geringere Fahnenreichweite zur Folge. Zudem wichen aufgrund der höheren Fahnenreichweite, die im Frühling ermittelt wurde, Median und maximale Fahnenreichweite stärker voneinander ab.

Eine mögliche Erklärung hierfür wäre, dass die Ausprägung der Geruchsfahnen bei Außenklimaställen (abgesehen von den meteorologischen und orografischen Einflüssen) nur sekundär vom Tierbestand abhängig ist und stattdessen durch die Größe der emittierenden Oberfläche bzw. der Volumenquelle bestimmt wird. So steht bei der Sauenhaltung mit Ferkelaufzucht ein im Vergleich zum Tierbestand insgesamt höheres Platzangebot zur Verfügung; dieses ist im untersuchten Betrieb zudem auf mehrere Gebäude verteilt. Grundsätzlich trägt auch die Festmistlagerung zur Größe der Geruchsquelle der Tierhaltung bei; allerdings war bei annähernd leerem Festmistlager (Messtag im Herbst) keine signifikant geringere Fahnenreichweite feststellbar.

Darüber hinaus haben die Untersuchungen am Standort M1 gezeigt, dass ein bestimmungsgemäßer Betrieb des Außenklimastalls wesentliche Einflüsse auf die Fahnenreichweite haben kann. So führte im Winter ein defekter Schieber mit den daraus resultierenden höheren Emissionen zu längeren Geruchsfahnen. Die Fahnenreichweiten konnten in diesem Fall aufgrund der Unzugänglichkeit der betroffenen Privatgrundstücke nicht ermittelt werden.

An den vier Standorten waren im Jahresverlauf keine relevanten Unterschiede hinsichtlich der Fahnenreichweiten festzustellen. Dies ist plausibel, da in jeder Jahreszeit an jedem Betrieb nur ein Fahnenbegehungstermin durchgeführt wurde und die Messtage im Hinblick auf die meteorologischen Vorgaben der Norm sowie die Begehrbarkeit des Umfelds ausgewählt werden mussten. Sie sind daher nicht zwingend repräsentativ für die Jahreszeit.

Eine eindeutige Abhängigkeit zwischen Windgeschwindigkeit und Geruchsfahnenreichweite lässt sich aus dieser Untersuchung ebenso nicht ableiten. Die Ergebnisse der Untersuchungen am Standort S1 würden die Vermutung nahelegen, dass bei höheren Windgeschwindigkeiten größere Fahnenreichweiten entstehen. Diese Vermutung kann durch die Ergebnisse an den anderen Standorten allerdings nicht bestätigt werden, da zum Beispiel am Standort M1 bei niedrigen und hohen Windgeschwindigkeiten ähnliche Geruchsfahnenreichweiten festgestellt wurden.

Ein Zusammenhang zwischen der Fahnenausbildung und bodennahen Windeffekten konnte hingegen festgestellt werden. Insbesondere an den Standorten M2 und S1 wurden gebäudebedingte und orographische Störeinflüsse festgestellt. Bei leichten Senken oder ansteigendem bzw. abfallendem Gelände an den Standorten überströmte die Geruchsfahne die Prüfer oder verdriftete durch Einflüsse der Gebäude in Einzelfällen bzw. bei entsprechender Lage der Fahne.

Aufgrund der Komplexität der Geruchsausbreitung und der Vielzahl möglicher Einflussfaktoren lassen sich keine direkten Zusammenhänge zwischen Geruchsfahne und einzelnen Parametern ermitteln. Als Einflussfaktoren neben den meteorologischen Bedingungen für die Fahnenreichweiten werden Parameter wie der Tierbestand, das Haltungsverfahren, das Entmistungsverfahren, Be- und Entlüftungssystem sowie Güllelagerung vermutet. Rückschlüsse auf Einzelparameter können anhand dieser Untersuchung nicht gezogen werden, da die Faktoren sich an den einzelnen Standorten und an den Messtagen überlagern. Um direkte Zusammenhänge zwischen den einzelnen Faktoren ableiten zu können, wären weitere Untersuchungen bei möglichst konstanten Rahmenbedingungen notwendig, die sich in der Praxis wohl nicht realisieren lassen.

### 6.3 Intensität und Hedonik

Grundsätzlich ergibt sich ein einheitliches Bild, bei dem sich die mittleren anlagenbezogenen Geruchsintensitäten (s. Tabelle 32) in einem Bereich zwischen „schwach“ (2) und „deutlich“ (3) bewegen. Dabei betragen die an den Mastschweinehaltungen ermittelten Intensitäten 2,5 bzw. 2,7, an der Sauenhaltung mit Ferkelaufzucht war die mittlere Intensität mit 2,0 niedriger.

Im Einzelfall wurden auch Einzelbewertungen der Intensität als „stark“ (4) bzw. „sehr stark“ (5) vorgenommen.

Wie bei der Intensität wurden für die untersuchten Mastschweinehaltungen ähnliche mittlere hedonische Bewertungen (s. Tabelle 32) ermittelt. Diese lagen auf einer Skala von +4 bis -4 bei -1,2 bzw. -1,4 (leicht unangenehm). An der Sauenhaltung mit Ferkelaufzucht wurden die Gerüche mit -0,7 im Mittel als weniger unangenehm bewertet.

Insgesamt lagen die hedonischen Einzelbewertungen im Bereich von -3 bis +1. Es wurden keine „äußerst unangenehmen“ Gerüche wahrgenommen.

Die Ergebnisse zeigen, dass mit zunehmender Wahrnehmungshäufigkeit die Intensität stärker wird und die hedonische Wirkung unangenehmer. So wurden bei geringen Geruchswahrnehmungshäufigkeiten von  $< 0,15$  die Geruchsintensitäten mit „sehr schwach (1)“ bis „schwach (2)“ eingeordnet. Bei Wahrnehmungshäufigkeiten  $> 0,50$  lagen die mittleren Geruchsintensitäten an den Mastschweinehaltungen bei „deutlich“ (3) bis „stark“ (4), an der Sauenhaltung mit Ferkelaufzucht bei „schwach“ (2) bis „deutlich“ (3).

Weiterhin wurde bei geringen Geruchswahrnehmungshäufigkeiten von  $< 0,15$  die Geruchshedonik von -0,4 bis -0,8 eingeordnet. Bei Wahrnehmungshäufigkeiten  $> 0,50$  lagen die mittleren hedonischen Eindrücke an den Mastschweinehaltungen von -1,3 bis -2,6, an der Sauenhaltung mit Ferkelaufzucht bei -0,7 bis -2,0.

#### 6.4 Polaritätenprofile

Die hedonischen Bewertungen korrelieren mit den Ergebnissen der Polaritätenprofile. Die Auswertung der an den schwachen und intensiven Messpunkten ermittelten Polaritätenprofile ergab, dass sämtliche Geruchseindrücke eindeutig dem Konzept „Gestank“ zuzuordnen sind.

Die Korrelationen für das Konzept „Gestank“ lagen an den Messpunkten mit hoher Geruchsintensität im Bereich zwischen 0,90 und 0,93. An den Messpunkten mit geringer Geruchsintensität betrug die Korrelation der einzelnen Begehungstage zwischen 0,48 und 0,82.

Eine Korrelation mit dem Profil „Duft“ war im Rahmen der gesamten Untersuchungen nicht gegeben. Vielmehr wurde in der Regel eine negative Korrelation mit dem Profil „Duft“ festgestellt.

#### 6.5 Vergleich mit der Literatur

Zur Ermittlung der Fahnenreichweite von Tierhaltungen mit Schweinemast und Ferkelerzeugung sowie deren Einstufung hinsichtlich Geruchsintensität und Hedonik liegen bisher nur wenige Veröffentlichungen vor.

An einem Außenklimastall für die Schweinemast mit überdachtem Auslauf in Meggenhofen, Österreich [16] erfolgten dynamische Fahnenbegehungen an 16 Messzeitintervallen im Frühling. Dabei wurde eine Geruchsreichweite von im Mittel 83 m bei einem mittleren Tierbestand von 390 Mastschweinen ermittelt. Die Windgeschwindigkeiten betragen im Mittel 3,0 m/s; die Ausbreitungsklasse IV trat am häufigsten auf.

Die freie Fläche, auf der die Begehungen durchgeführt werden konnten, war durch benachbarte Gebäude und einen Baumbestand eingeschränkt. Die im Vergleich zu dieser Untersuchung geringen Fahnenreichweiten können an dem geringen Tierbestand liegen, da die Windgeschwindigkeiten ähnlich ausfallen.

Zur Geruchsbeurteilung in der Landwirtschaft liegt eine Untersuchung von Sucker et al. [13] vor. Die Veröffentlichung befasst sich mit der Untersuchung von verschiedenen Tierhaltungsbetrieben hinsichtlich Hedonik und Intensität sowie der

Klassifizierung der Gerüche. Zum Vergleich mit der hier durchgeführten Untersuchung können die prüferbasierten Ergebnisse herangezogen werden. Dabei wurde eine stark ausgeprägte Korrelation ( $r = 0,92$ ) der Geruchsqualität „Schwein“ mit dem Konzept „Gestank“ und eine signifikante negative Korrelation ( $r = -0,72$ ) mit dem Konzept „Duft“ festgestellt. In der Veröffentlichung Kwiatkowski et al. [17] wurden u. a. Ergebnisse der Ermittlung von Polaritätenprofilen an Schweinehaltungen beschrieben. Die Untersuchungen erfolgten an alternativen Mastschweineeställen unterschiedlicher Gestaltung und jeweils mit Auslauf. Dabei konnten eindeutige Korrelationen ( $r = 0,87$ ) mit dem Konzept „Gestank“ und eine eindeutige negative Korrelation ( $r = -0,68$ ) mit dem Konzept „Duft“ festgestellt werden. Diese Ergebnisse wurden mit dieser Untersuchung bestätigt. Die anlagenbezogenen Korrelationskoeffizienten mit dem Profil „Gestank“ betragen in dieser Untersuchung von 0,72 bis 0,96. Die anlagenbezogenen Korrelationskoeffizienten mit dem Konzept „Duft“ betragen zwischen -0,64 und -0,82.

In der Veröffentlichung von Weidmann-Rose [18] wurden Geruchsfahnenbegehungen an Mastschweinehaltungen nach den Vorgaben des ökologischen Landbaus beschrieben. Eine abschließende Auswertung hierzu liegt nicht vor, insbesondere wurden keine quantitativen Angaben zur Fahnenreichweite dokumentiert. Aus der Darstellung der meteorologischen Situation in den Begehungszeiträumen geht hervor, dass auch Windgeschwindigkeiten von weniger als 2 m/s vorlagen. Dies entspricht den Erfahrungen bei der Terminfindung der vorliegenden Untersuchung. Stabile Geruchsfahnen waren bei Weidmann-Rose nur im Ausnahmefall gegeben.

Die ersten Ergebnisse der Untersuchung von Weidmann-Rose zeigen, ebenso wie in dieser Untersuchung (s. Kap. 5.2), Abhängigkeiten zwischen der Verteilung bodennaher Emissionen und der Windrichtung sowie der Orographie auf. Zudem wurden Rückrechnungen zu den Fahnenbegehungen durchgeführt und mit Immissionsprognosen mit tierspezifischen Emissionsfaktoren verglichen und eine Überschätzung der Geruchsfahne mit dem Ausbreitungsmodell Austal 2000 festgestellt. Die hedonische Bewertung lag im neutralen bis leicht negativen Bereich, wobei keine Zahlenwerte angegeben sind und damit ein Vergleich mit der durchgeführten Untersuchung erschwert ist.

Oettl et al. [19] beschreiben Untersuchungen an einem Mastschweineestall mit 850 Tieren, der mit emissionsreduzierenden Maßnahmen bei der Fütterung und der Behandlung der Ausscheidungen betrieben wird. Es wurden anhand von Feldinspektionen, dem Lagrange-Partikelmodell GRAL und In-Situ-Messungen Emissionsfaktoren für Geruch abgeleitet, die 95 % unter den in der Steiermark geltenden Richtwerten für konventionelle Mastschweinehaltung ( $0,180 \text{ GE}_E/\text{kg}\cdot\text{s}$ ) lagen. Fahnenreichweiten wurden nicht als Zahlenwerte angegeben, können jedoch anhand der Immissionsprognose mit etwa 200 m (Ausbreitung der 10%-Isolinie) abgeschätzt werden. Unter Berücksichtigung der Größe und Art des Tierbestands stimmt diese Reichweite mit den Ergebnissen (Medianwerten) der in diesem Bericht beschriebenen Untersuchung in etwa überein, allerdings wurden auch maximale Fahnenreichweiten festgestellt, die fast die doppelte Länge erreichten.

## 7 Literatur, verwendete Unterlagen

- [1] Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge – Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274).
- [2] Neufassung der ersten Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft), GMBI Nr. 48-54 (72), S. 1049; vom 14.09.2021.
- [3] Länderausschuss für Immissionsschutz (LAI): Feststellung und Beurteilung von Geruchsmissionen (Geruchsmissions-Richtlinie – GIRL –) in der Fassung vom 29. Februar 2008 und einer Ergänzung vom 10. September 2008 (zweite ergänzte und aktualisierte Fassung).
- [4] DIN EN 13725: Luftbeschaffenheit; Bestimmung der Geruchsstoffkonzentration mit dynamischer Olfaktometrie. 2019-07.
- [5] DIN EN 16841-2: Außenluft – Bestimmung der Geruchsstoffmissionen durch Begehungen – Teil 2: Fahnenmessung, 2017-03. Deutsche Fassung der EN 16841-2:2016.
- [6] VDI-Richtlinie 3786 Blatt 2: Umweltmeteorologie – Meteorologische Messungen – Wind. 2018-05.
- [7] VDI-Richtlinie 3786 Blatt 3: Umweltmeteorologie – Meteorologische Messungen – Lufttemperatur. 2012-10.
- [8] VDI-Richtlinie 3940 Blatt 3: Bestimmung von Geruchsstoffmissionen durch Begehungen – Ermittlung von Geruchsintensität und hedonischer Geruchswirkung im Feld. 2010-01 einschließlich Berichtigung vom August 2011.
- [9] VDI-Richtlinie 3940 Blatt 4: Bestimmung von Geruchsstoffmissionen durch Begehungen – Ermittlung von Geruchsintensität und hedonischer Geruchswirkung im Feld – Hinweise und Anwendungsbeispiele. 2010-06.
- [10] VDI-Richtlinie 3894 Blatt 1: Emissionen und Immissionen aus Tierhaltungsanlagen Haltungsverfahren und Emissionen. 2011-09.
- [11] Angaben des Landwirts (z. B. Anlagen und Betriebsbeschreibung, Betriebsdaten, etc.).
- [12] Müller-BBM Prüfanweisungen: 16-3P01 (Rastermessungen), 16-3P02 (Fahnenmessung), 16-3P03 (Hedonische Klassifikation von Anlagengerüchen), 18-06 (Prüfereignung).
- [13] K. Sucker, F. Müller, R. Both, Geruchsbeurteilung in der Landwirtschaft. Bericht zu Expositions-Wirkungsbeziehungen, Geruchshäufigkeit, Intensität, Hedonik und Polaritätenprofilen, Materialien 73, Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Essen, 2006.

- [14] U. Wolf, B. Eurich-Menden, G. Dehler, D. Horlacher, A.j Smirnov, E. Grimm, K. Wagner, S. Wulf, EmiDaT – Ergebnisse der Emissionsmessungen in Mastschweineeställen mit Auslauf, 2022 in Aktuelle rechtliche Rahmenbedingungen für die Tierhaltung. 8. KTBL-Tagung am 21. Juni 2022, S. 30 - 34.
- [15] LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg: Bericht - Erstellung von Polaritätsprofilen für das Konzept Gestank und Duft für die Tierarten Mastbullen, Pferde und Milchvieh.
- [16] TÜV Austria Services GmbH, „Geruchsbegehungen mittels Fahnenmessung in Meggenhofen und Rückrechnung Geruchsstoffstrom mittels Ausbreitungsmodell,“ 30 Juni 2018.
- [17] K. Kwiatkowski, R. Both, Ermittlung des Belästigungspotentials von Gerüchen ausgehend von Mastschweineeställen mit Auslauf mittels Polaritätenprofilen in: VDI Gerüche in der Umwelt 2021, S. 53 - 60.
- [18] A. Weidmann-Rose, Tierwohl contra Immissionsschutz? In: VDI-Wissensforum: Gerüche in der Umwelt 2021, S. 61- 70.
- [19] D. Oetl, E. Zentner, A. Zentner, R. Mair, H. Oetl und M. Kropsch, Assessment of odour and Ammonia Impacts for a Novel Fattening Piggery Tailored for Animal Welfare and Low Emission Rates, Atmosphere 14, 2023, S. 75.
- [20] Bayerische Vermessungsverwaltung, Europäische Union, enthält Copernicus Sentinel-2 Daten 2018, verarbeitet durch das Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG).

Anhang 1 – Datenaufnahmebögen

<b>MÜLLER-BBM</b>		Projekt-Nr. M 164668	Datum .....
		Prüfername .....	Prüferkürzel .....
		Geruchsart Schweinestall	Messreihe 1 .... 2 .... 3 ....
		Schnittlinie/Messpunkt .....	
		Uhrzeit .....	
<b>Geruchserkennung</b>		<b>Riechproben alle 10 Sekunden.</b>	
<b>Die Zeit zwischen den zehn Sekunden darf nicht berücksichtigt werden.</b>			
1. Minute	0		
	10		
	20		
	30		
	40		
	50		
2. Minute	0		
	10		
	20		
	30		
	40		
	50		
3. Minute	0		
	10		
	20		
	30		
	40		
	50		
4. Minute	0		
	10		
	20		
	30		
	40		
	50		
5. Minute	0		
	10		
	20		
	30		
	40		
	50		
6. Minute	0		
	10		
	20		
	30		
	40		
	50		
7. Minute	0		
	10		
	20		
	30		
	40		
	50		
8. Minute	0		
	10		
	20		
	30		
	40		
	50		
9. Minute	0		
	10		
	20		
	30		
	40		
	50		
10. Minute	0		
	10		
	20		
	30		
	40		
	50		

S:\MProj\164\M164668\Vorlagen\Fahne\_statisch\_M164668\_V2.1.xlsx

Abbildung 33. Datenaufnahmebogen statische Fahnenbegehung – S. 1.

Nachträgliche Intensitäts-Bewertung																																																																	
<p><b>Bitte beschreiben Sie Ihren Geruchsstärkeindruck auf den nachfolgenden Skalen für die Geruchsarten für die am Messpunkt Geruchswahrnehmungen (siehe Vorderseite) erfolgten.</b></p> <p><i>(Bitte für jede Geruchsart eine eigene Bewertung vornehmen. Bei mehr als drei Geruchsarten mit Geruchswahrnehmungen bitte weiteren Bewertungsbogen verwenden.)</i></p>																																																																	
<b>stärkster Eindruck</b>			<b>Häufigkeit stärkster Eindruck</b>				<b>durchschnittlicher Eindruck</b>																																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th style="padding: 2px;">Geruchsart</th></tr> <tr><td style="padding: 2px;">S</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">○ ○ ○</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">extrem stark</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">○ ○ ○</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">sehr stark</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">○ ○ ○</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">stark</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">○ ○ ○</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">deutlich</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">○ ○ ○</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">schwach</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">○ ○ ○</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">sehr schwach</td></tr> </table>			Geruchsart	S	○ ○ ○	extrem stark	○ ○ ○	sehr stark	○ ○ ○	stark	○ ○ ○	deutlich	○ ○ ○	schwach	○ ○ ○	sehr schwach	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th style="padding: 2px;">Geruchsart</th></tr> <tr><td style="padding: 2px;">S</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">○ ○ ○</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">immer</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">○ ○ ○</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">sehr oft</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">○ ○ ○</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">oft</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">○ ○ ○</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">manchmal</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">○ ○ ○</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">selten</td></tr> </table>				Geruchsart	S	○ ○ ○	immer	○ ○ ○	sehr oft	○ ○ ○	oft	○ ○ ○	manchmal	○ ○ ○	selten	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th style="padding: 2px;">Geruchsart</th></tr> <tr><td style="padding: 2px;">S</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">○ ○ ○</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">extrem stark</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">○ ○ ○</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">sehr stark</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">○ ○ ○</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">stark</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">○ ○ ○</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">deutlich</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">○ ○ ○</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">schwach</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">○ ○ ○</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">sehr schwach</td></tr> </table>				Geruchsart	S	○ ○ ○	extrem stark	○ ○ ○	sehr stark	○ ○ ○	stark	○ ○ ○	deutlich	○ ○ ○	schwach	○ ○ ○	sehr schwach															
Geruchsart																																																																	
S																																																																	
○ ○ ○																																																																	
extrem stark																																																																	
○ ○ ○																																																																	
sehr stark																																																																	
○ ○ ○																																																																	
stark																																																																	
○ ○ ○																																																																	
deutlich																																																																	
○ ○ ○																																																																	
schwach																																																																	
○ ○ ○																																																																	
sehr schwach																																																																	
Geruchsart																																																																	
S																																																																	
○ ○ ○																																																																	
immer																																																																	
○ ○ ○																																																																	
sehr oft																																																																	
○ ○ ○																																																																	
oft																																																																	
○ ○ ○																																																																	
manchmal																																																																	
○ ○ ○																																																																	
selten																																																																	
Geruchsart																																																																	
S																																																																	
○ ○ ○																																																																	
extrem stark																																																																	
○ ○ ○																																																																	
sehr stark																																																																	
○ ○ ○																																																																	
stark																																																																	
○ ○ ○																																																																	
deutlich																																																																	
○ ○ ○																																																																	
schwach																																																																	
○ ○ ○																																																																	
sehr schwach																																																																	
Nachträgliche Hedonik-Bewertung																																																																	
<p><b>Bitte beschreiben Sie Ihren angenehmsten / unangenehmsten Eindruck auf den nachfolgenden Skalen für die Geruchsarten für die am Messpunkt Geruchswahrnehmungen (siehe Vorderseite) erfolgten.</b></p> <p><i>(Bitte für jede Geruchsart eine eigene Bewertung vornehmen. Bei mehr als drei Geruchsarten mit Geruchswahrnehmungen bitte weiteren Bewertungsbogen verwenden.)</i></p>																																																																	
<b>angenehmster Eindruck</b>																																																																	
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%; text-align: center;">äußerst unangenehm</td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%; text-align: center;">weder unangenehm noch angenehm</td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%; text-align: center;">äußerst angenehm</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">-4</td> <td style="text-align: center;">-3</td> <td style="text-align: center;">-2</td> <td style="text-align: center;">-1</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="border: 1px dashed black; padding: 2px;"><b>Geruchsart</b></td> <td style="border: 1px dashed black; padding: 2px;">S</td> <td style="border: 1px dashed black; text-align: center;">○</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px dashed black; padding: 2px;"></td> <td style="border: 1px dashed black; padding: 2px;"></td> <td style="border: 1px dashed black; text-align: center;">○</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px dashed black; padding: 2px;"></td> <td style="border: 1px dashed black; padding: 2px;"></td> <td style="border: 1px dashed black; text-align: center;">○</td> </tr> </table>												äußerst unangenehm				weder unangenehm noch angenehm					äußerst angenehm		-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4		<b>Geruchsart</b>	S	○	○	○	○	○	○	○	○	○			○	○	○	○	○	○	○	○	○			○	○	○	○	○	○	○	○	○
	äußerst unangenehm				weder unangenehm noch angenehm					äußerst angenehm																																																							
	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4																																																								
<b>Geruchsart</b>	S	○	○	○	○	○	○	○	○	○																																																							
		○	○	○	○	○	○	○	○	○																																																							
		○	○	○	○	○	○	○	○	○																																																							
<b>unangenehmster Eindruck</b>																																																																	
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%; text-align: center;">äußerst unangenehm</td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%; text-align: center;">weder unangenehm noch angenehm</td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%; text-align: center;">äußerst angenehm</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">-4</td> <td style="text-align: center;">-3</td> <td style="text-align: center;">-2</td> <td style="text-align: center;">-1</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="border: 1px dashed black; padding: 2px;"><b>Geruchsart</b></td> <td style="border: 1px dashed black; padding: 2px;">S</td> <td style="border: 1px dashed black; text-align: center;">○</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px dashed black; padding: 2px;"></td> <td style="border: 1px dashed black; padding: 2px;"></td> <td style="border: 1px dashed black; text-align: center;">○</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px dashed black; padding: 2px;"></td> <td style="border: 1px dashed black; padding: 2px;"></td> <td style="border: 1px dashed black; text-align: center;">○</td> </tr> </table>												äußerst unangenehm				weder unangenehm noch angenehm					äußerst angenehm		-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4		<b>Geruchsart</b>	S	○	○	○	○	○	○	○	○	○			○	○	○	○	○	○	○	○	○			○	○	○	○	○	○	○	○	○
	äußerst unangenehm				weder unangenehm noch angenehm					äußerst angenehm																																																							
	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4																																																								
<b>Geruchsart</b>	S	○	○	○	○	○	○	○	○	○																																																							
		○	○	○	○	○	○	○	○	○																																																							
		○	○	○	○	○	○	○	○	○																																																							
<b>durchschnittlicher Eindruck</b>																																																																	
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%; text-align: center;">äußerst unangenehm</td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%; text-align: center;">weder unangenehm noch angenehm</td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%; text-align: center;">äußerst angenehm</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">-4</td> <td style="text-align: center;">-3</td> <td style="text-align: center;">-2</td> <td style="text-align: center;">-1</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="border: 1px dashed black; padding: 2px;"><b>Geruchsart</b></td> <td style="border: 1px dashed black; padding: 2px;">S</td> <td style="border: 1px dashed black; text-align: center;">○</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px dashed black; padding: 2px;"></td> <td style="border: 1px dashed black; padding: 2px;"></td> <td style="border: 1px dashed black; text-align: center;">○</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px dashed black; padding: 2px;"></td> <td style="border: 1px dashed black; padding: 2px;"></td> <td style="border: 1px dashed black; text-align: center;">○</td> </tr> </table>												äußerst unangenehm				weder unangenehm noch angenehm					äußerst angenehm		-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4		<b>Geruchsart</b>	S	○	○	○	○	○	○	○	○	○			○	○	○	○	○	○	○	○	○			○	○	○	○	○	○	○	○	○
	äußerst unangenehm				weder unangenehm noch angenehm					äußerst angenehm																																																							
	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4																																																								
<b>Geruchsart</b>	S	○	○	○	○	○	○	○	○	○																																																							
		○	○	○	○	○	○	○	○	○																																																							
		○	○	○	○	○	○	○	○	○																																																							

S:\M\Proj\164\M164668\Vorlagen\Fahne\_statisch\_M164668\_V2.1.xlsx

Abbildung 34. Datenaufnahmebogen statische Fahnenbegehung – S. 2.

## Polaritätenprofil nach VDI 3940/4

## MÜLLER-BBM

M164668 SCHWEINESTALL

Bitte beschreiben Sie anhand der Gegensatzpaare die Vorstellungen, die Sie bei dem vorliegenden Geruch haben: Kreuzen Sie dazu in jeder Zeile sofort diejenige Ziffer an, die dem Geruch am ehesten entspricht. Einige der Eigenschaftswörter gelten nicht im wörtlichen, sondern eher im übertragenen Sinn. Je mehr die rechte Eigenschaft zutrifft, umso mehr setzen Sie Ihr Kreuz nach rechts, je mehr die linke Eigenschaft zutrifft, umso mehr setzen Sie ihr Kreuz nach links. Die „0“ in der Mitte sollten Sie möglichst selten verwenden. Gehen Sie intuitiv, spontan und zügig vor!

Name: ..... Probandenkürzel: ..... Datum: .....

Messpunkt mit starkem Geruch

Messpunkt mit schwachem Geruch

stark	3	2	1	0	1	2	3	schwach
grob	3	2	1	0	1	2	3	fein
niederdrückend	3	2	1	0	1	2	3	erhebend
robust	3	2	1	0	1	2	3	zart
schwer	3	2	1	0	1	2	3	leicht
alt	3	2	1	0	1	2	3	jung
wild	3	2	1	0	1	2	3	sanft
aufregend	3	2	1	0	1	2	3	beruhigend
rau	3	2	1	0	1	2	3	glatt
dunkel	3	2	1	0	1	2	3	hell
herb	3	2	1	0	1	2	3	süß
interessant	3	2	1	0	1	2	3	langweilig
kalt	3	2	1	0	1	2	3	warm
wach	3	2	1	0	1	2	3	müde
seicht	3	2	1	0	1	2	3	tief
leise	3	2	1	0	1	2	3	laut
weich	3	2	1	0	1	2	3	hart
würzig	3	2	1	0	1	2	3	schal
dumpf	3	2	1	0	1	2	3	stechend
verspielt	3	2	1	0	1	2	3	ernst
leer	3	2	1	0	1	2	3	voll
passiv	3	2	1	0	1	2	3	aktiv
frisch	3	2	1	0	1	2	3	abgestanden
vergnügt	3	2	1	0	1	2	3	missmutig
harmonisch	3	2	1	0	1	2	3	unharmonisch
mild	3	2	1	0	1	2	3	streng
friedlich	3	2	1	0	1	2	3	aggressiv
schön	3	2	1	0	1	2	3	hässlich
angenehm	3	2	1	0	1	2	3	unangenehm

V1

Abbildung 35. Datenaufnahmebogen Polaritätenprofil.

## Anhang 2 – Verwendete Begriffe und Erläuterungen

Im Folgenden sind die in den Normen DIN EN 16841-1 und DIN EN 16841-2 beschriebenen und im vorliegenden Bericht verwendeten Begriffe erläutert:

### **Schnittlinie**

Linie senkrecht zur Fahnenachse, entlang der die Prüfer bei der statischen Fahnenmessung angeordnet werden

### **maximale Fahnenreichweite**

größter Abstand in Lee, bei dem eine Geruchsart (unter festgelegten meteorologischen Bedingungen) wahrgenommen und erkannt werden kann

### **Schätzwert der maximalen Fahnenreichweite**

Abstand entlang der Fahnenachse zwischen der Quelle und dem Punkt in der Mitte zwischen der entferntesten Schnittlinie oder Durchquerung, an der Punkte mit Geruch aufgezeichnet wurden, und der ersten Schnittlinie oder Durchquerung, an der nur noch Punkte ohne Geruch aufgezeichnet wurden

### **Messzeitintervall**

Verfahren von aufeinanderfolgenden Feldbeobachtungen, die zur einmaligen Bestimmung der Ausdehnung der Geruchsfahne erforderlich sind, durchgeführt von einem Panel unter definierten meteorologischen Bedingungen  
Im vorliegenden Projekt werden in der Regel 3 Messzeitintervalle je Messtag durchgeführt

### **Messpunkt**

Ort, an dem eine Einzelmessung/Einzelmessungen durchgeführt wird/werden

### **Messkampagne/Messtag**

Reihe von aufeinanderfolgenden Messzeitintervallen (in der Regel 3), durchgeführt von einem Panel an demselben Tag

### **Fahnenausdehnung**

Form der Fahne, abgegrenzt durch eine geglättete, interpolierte Linie durch die Übergangspunkte, den Standort der Quelle und den durch den Schätzwert der maximalen Fahnenausdehnung bestimmten Ort

### **Einzelmessung**

Durchführung von Beobachtungen zu einem gegebenen Zeitpunkt an einem vorgegebenen Messpunkt, die für die Bestimmung des Nichtvorhandenseins oder Vorhandenseins von erkennbarem Geruch notwendig sind

### **Dauer einer Einzelmessung**

Zeit, die für die Durchführung einer Einzelmessung benötigt wird

### **Übergangspunkt**

Punkt in der Mitte zwischen dem letzten Punkt ohne Geruch und dem ersten Punkt mit Geruch an der Grenze der zu untersuchenden wahrnehmbaren bzw. erkennbaren Geruchsfahne

**Anlage 1 – Grafische Darstellung der Geruchsfahnen und der meteorologischen Randbedingungen**

Digital übermittelt

**Anlage 2 – Einzelergebnisse Wahrnehmungshäufigkeiten, Hedonik und Intensität**

Digital übermittelt



Eine Behörde im Geschäftsbereich  
Bayerisches Staatsministerium für  
Umwelt und Verbraucherschutz

