

Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen

Essen

Bericht

zum Projekt

Geruchsbeurteilung

in der

Landwirtschaft

**Expositions-Wirkungsbeziehungen,
Geruchshäufigkeit, Intensität, Hedonik
und Polaritätenprofile**

vorgelegt von

Kirsten Sucker, Frank Müller und Ralf Both

14. Juli 2006

Im Auftrag von:

Mecklenburg-Vorpommern (UM),

Niedersachsen (MU),

Sachsen (SMUL),

Nordrhein-Westfalen (MUNLV)

INHALTSVERZEICHNIS

1. FRAGESTELLUNG	5
1.1 Aufgabenstellung und Ziel des Vorhabens.....	5
1.2 Stand der Erkenntnisse der Belästigungswirkung von Geruchsimmissionen.....	7
2. Methoden und Verfahren	10
2.1 Belastungsmessung	11
2.2 Belästigungsbefragung	13
2.2.1 Fragebogen und Wirkungserfassung	13
2.2.2 Durchführung der Befragung	14
2.3 Statistische Auswertung	19
2.3.1 Deskription.....	19
2.3.1.1 Auswertung der Belastungsmessung - Polaritätenprofile.....	19
2.3.1.2 Auswertung der Belastungsmessung - Intensität und Hedonik	20
2.3.1.3 Auswertung der Belästigungsbefragung	21
2.3.2 Analyse des Expositions-Wirkungszusammenhangs	22
2.3.2.1 Logistische Regressionsanalyse	22
2.3.2.2 Störgrößen.....	26
3. ERGEBNISSE	29
3.1 Polaritätenprofil für Geruch.....	29
3.2 Belastungsmessung	31
2.2.1. Geruchshäufigkeit	32
3.2.2. Intensität.....	34
3.2.3. Hedonik.....	36
3.2.4. Zusammenhänge zwischen Intensität und Hedonik	39
3.3 Belästigungsbefragung der Anwohner.....	42
3.3.1 Zuverlässigkeit der Befragung	42
3.3.2 Zuverlässigkeit der Intensität- und Hedonikurteile	43
3.3.3 Soziodemographische Merkmale der Stichprobe.....	43
3.3.4 Geruchsbelastung und Anzahl der befragten Anwohner	44
3.3.5 Wahrnehmung von Gerüchen durch die Anwohner	45
3.3.5.1 Häufigkeit.....	48
3.3.5.2 Intensität.....	49
3.3.5.3 Hedonik.....	50
3.3.5.4 Zusammenfassung.....	51
3.3.5.5 Zusammenhang zwischen Intensität und Hedonik	52
3.3.6 Vergleich von Probanden- und Anwohnerangaben.....	53
3.3.6.1 Intensität.....	53
3.3.6.2 Hedonik.....	54
3.3.6.3 Zusammenhang zwischen Intensität und Hedonik	55

3.4 Expositions-Wirkungszusammenhänge	56
3.4.1 Geruchsbelastung und Belästigungsreaktion	56
3.4.1.1 Vergleichbarkeit der Untersuchungsgebiete in den fünf Bundesländern.....	56
3.4.1.2 Geruchshäufigkeit und Belästigung.....	58
3.4.2 Planung der Regressionsanalysen.....	60
3.4.2.1 Auswertestrategie	60
3.4.2.2 Störgrößen	62
3.4.2.3 Belästigungsmaße.....	64
3.4.3 Ergebnisse der logistischen Regressionsanalysen	66
3.4.3.1 Geruchsbelästigung in Abhängigkeit von der Geruchshäufigkeit	67
3.4.3.1.1 Vergleich der Belastungsmaße	67
3.4.3.1.2 Darstellung der Expositions-Wirkungskurven.....	68
3.4.3.1.3 Darstellung der Odds-Ratios und Störgrößen	70
3.4.3.2 Geruchsbelästigung in Abhängigkeit von der Geruchsintensität.....	73
3.4.3.3 Geruchsbelästigung in Abhängigkeit von der Tierart und der Geruchshäufigkeit.....	75
3.4.3.3.1 Definition der Einflussgröße "Tierart".....	75
3.4.3.3.2 Darstellung der Expositions-Wirkungskurven.....	79
3.4.3.3.3 Darstellung der Odds-Ratios und Störgrößen	84
3.4.3.3 Einfluss des Faktors "Ortsüblichkeit"	88
3.4.3.3.1 Definition der Einflussgröße "Ortsüblichkeit".....	88
3.4.3.3.2 Expositions-Wirkungszusammenhang und Odds-Ratios.....	88
4. ZUSAMMENFASSUNG.....	95
4.1 Belastungsmessung.....	96
4.1.1 Geruchshäufigkeit, Intensität und Hedonik	96
4.1.2 Zusammenhang zwischen Intensität und Hedonik	96
4.2 Belästigungsbefragung.....	97
4.2.1 Wahrnehmbarkeit der landwirtschaftlichen Gerüche	97
4.2.2 Häufigkeit, Intensität und Hedonik.....	97
4.2.3 Zusammenhang zwischen Intensität und Hedonik	98
4.2.4 Vergleich von Probanden- und Anwohnerangaben	98
4.2.5 Zuverlässigkeit der Befragung.....	98
4.4 Expositions-Wirkungszusammenhänge	99
4.4.1 Belästigungswirkung der landwirtschaftlichen Gerüche	99
4.4.2 Einfluss der Tierart (Geflügel, Schwein, Rind)	101
4.4.3 Einfluss der Wohndauer im Untersuchungsgebiet ("Ortsüblichkeit").....	103
4.4.4 Ausblick und weiterer Forschungsbedarf	105
5. SCHLUSSFOLGERUNGEN.....	107
LITERATUR	
ANHANG	

1. FRAGESTELLUNG

1.1 *Aufgabenstellung und Ziel des Vorhabens*

Die Beurteilung von Geruchsimmissionen, verursacht durch landwirtschaftliche Anlagen, wirft in der Genehmigungs- und Überwachungspraxis bundesweit Probleme auf. Im Außenbereich – in dem die Landwirtschaft privilegiert ist – und in Dorfgebieten ergeben sich aufgrund der Vielzahl der landwirtschaftlichen Betriebe bzw. aufgrund vereinzelter, aber großer Anlagen kaum mehr Entwicklungsmöglichkeiten. Selbst Erweiterungen von bereits vorhandenen Stallanlagen stoßen auf Widerstand. Erforderliche Abstände können nicht eingehalten werden.

In solchen Konfliktfällen wird immer wieder die Ortsüblichkeit landwirtschaftlicher Gerüche, d.h. die vermutete größere Akzeptanz dieser Gerüche in der ländlichen Bevölkerung und das damit verbundene geringere Belästigungspotential im Vergleich zu industriell verursachten Gerüchen angeführt. Auch das vermutete unterschiedlich starke Belästigungspotential der Geruchsimmissionen verschiedener Tierarten (Rinder, Schweine und Geflügel) wird in diesem Zusammenhang immer wieder diskutiert (Mannebeck & Hesse, 1998). Wissenschaftlich belastbare Untersuchungen mit Geruchsmessungen inklusive Intensität und hedonischer Geruchswirkung im Feld und Belästigungsbefragungen der Anwohner liegen jedoch nicht vor bzw. sind für die Richtlinienerstellung nicht ausreichend. Die Belästigung von Anwohnern und Anwohnerinnen in der Umgebung landwirtschaftlicher Anlagen ist bisher nur im Ansatz stichprobenartig untersucht worden (Steinheider et al., 1998a).

Genau an dieser Stelle setzt das Forschungsprojekt "Geruchsbeurteilung in der Landwirtschaft" an. Das Ziel des Projektes wurde zu Beginn in einer Projektskizze (Both, 2004) beschrieben (Projektskizze im Anhang A).

Es besteht darin, die Grundlagen für ein Beurteilungssystem für Geruchsimmissionen im Umfeld von Tierhaltungsanlagen auf der Basis von Belastungs- und Belästigungsuntersuchungen zu entwickeln. Das Konzept zur Bewertung von Geruchsimmissionen beruht auf Expositions-Wirkungsbeziehungen, d.h. mit Hilfe der Häufigkeit erkennbarer Geruchsimmissionen können Aussagen zum Grad der Belästigung der Anwohner und Anwohnerinnen gemacht werden. Die ermittelte Expositions-Wirkungsbeziehung soll Grundlage sein, um ggf. festzulegen, ab wann in Ergänzung zur GIRL mit einer "erheblichen" Belästigung im Sinne § 3 BImSchG zu rechnen ist.

Im Rahmen dieses Forschungsprojektes werden weitere Faktoren untersucht, von denen bekannt ist oder vermutet wird, dass sie die Belästigungsreaktion der Anwohner und Anwohnerinnen beeinflussen, so dass diese ggf. bei der Festlegung von Bewertungskriterien Berücksichtigung finden.

Auf der Basis der im Projekt gewonnenen wissenschaftlichen Daten sollen die folgenden Hypothesen im Detail überprüft werden:

- Mit steigender Geruchsbelastung durch landwirtschaftliche Gerüche (Geruchshäufigkeit in Prozent der Jahresstunden) nimmt die Belästigungsreaktion der Anwohner und Anwohnerinnen zu (Expositions-Wirkungszusammenhang).
- Landwirtschaftliche Gerüche erfahren bei der Bevölkerung eine höhere Akzeptanz als industrielle Gerüche ("Ortsüblichkeit"), d.h. die Belästigung der Anwohner und Anwohnerinnen ist u. a. abhängig von:
 - der Tierart: bei gleicher Belastung rufen Gerüche aus der Geflügelhaltung eine stärkere Belästigungsreaktion hervor als Gerüche aus der Schweinehaltung und Gerüche aus der Schweinehaltung eine stärkere Belästigungsreaktion als Gerüche aus der Rinderhaltung (Mannebeck & Hesse, 1998)
 - dem Tierbestand / der Haltungsform
 - die persönliche Einstellung der Anwohnern und Anwohnerinnen zum Geruch verursachenden Betrieb bzw. zur Landwirtschaft im Allgemeinen
 - der Wohngebietsstruktur, z.B. der Wandel von Dorf- zu Wohngebieten
 - der Dauer des Bestehens des Geruch verursachenden Betriebes
 - der Wohndauer: "vor kurzem aufs Land gezogen" vs. "länger ansässig"

Das auf drei Jahre ausgelegte Verbundprojekt der Länder Niedersachsen, Sachsen, Mecklenburg-Vorpommern und Nordrhein-Westfalen wurde vom Landesumweltamt NRW (LUA) koordiniert. Die in Baden-Württemberg im Projekt "Wissenschaftliche Untersuchungen zur GIRL-Anwendung unter den speziellen Bedingungen der Baden-Württembergischen Schweineproduktion ("GIRL-Projekt BW")" erhobenen Daten wurden bei der Auswertung der Gesamtergebnisse miteinbezogen.

In insgesamt elf Untersuchungsgebieten wurde die Geruchsbelastung und die Geruchsbelästigung durch folgende Tierarten untersucht: Baden-Württemberg – 4 Untersuchungsgebiete (Schwein); Mecklenburg-Vorpommern – 1 Untersuchungsgebiet (Schwein); Niedersachsen – 2 Untersuchungsgebiete (Schwein, Geflügel); Nordrhein-Westfalen – 3 Untersuchungsgebiete (2 x Rind, Geflügel); Sachsen – 1 Untersuchungsgebiet (Rind).

Die Konzeption und Zielsetzung des Projektes ist so ausgerichtet, dass nach Auswertung der Ergebnisse eine wissenschaftlich abgesicherte Beurteilung der Erheblichkeit der durch die typischen Tierhaltungsgerüche verursachten Belästigung von Anwohnern und Anwohnerinnen möglich ist. Auf dieser Basis kann geprüft wer-

den, inwieweit Tierhaltungsgerüche entsprechend den gegenwärtigen Regelungen der Geruchsimmissions-Richtlinie GIRL (21.09.2004) beurteilt werden können, oder ob ggf. Modifikationen erforderlich sind.

1.2 Stand der Erkenntnisse der Belästigungswirkung von Geruchsimmissionen

Bei der umwelthygienischen Bewertung geruchsgeprägter Immissionssituationen sind Wirkungsaspekte von großer Bedeutung. Abgesehen davon, dass in sehr seltenen Fällen Reaktionen wie Ekel und Übelkeit durch Gerüche hervorgerufen werden können (Steinheider et al., 1993), wird eine krankmachende Wirkung von Geruchsstoffimmissionen durchweg verneint. Zwar klagen Anwohner im Umfeld industrieller/gewerblicher Geruchsstoffquellen vermehrt über somatische Beeinträchtigungen, wie etwa Schlafstörungen, Übelkeit, Erbrechen und Atembeschwerden (Steinheider et al., 1998b), jedoch werden diese körperlichen Symptome von den Betroffenen typischerweise der Geruchseinwirkung zugeschrieben, nicht jedoch von ihr hervorgerufen. Zumindest fehlen, außer in den bereits angesprochenen Fällen Ekel erregender Gerüche, bislang hinreichende Belege für einen derartigen Kausalbezug.

So gesehen stellen auf Geruchsempfindungen bezogene Befindlichkeitsstörungen, meist als Geruchsbelästigungen bezeichnet, die zentrale Wirkungskategorie bei der umwelthygienischen Bewertung geruchsgeprägter Umweltsituationen dar. Dieser Belästigungsbegriff ist als Rechtsfigur der Alltagssprache entnommen und hat Eingang in gesetzliche Bestimmungen gefunden.

Bei der Geruchsbelästigung handelt es sich im allgemeinen Sinne um die negative Bewertung einer fremdbestimmten, durch unerwünschte Geruchsempfindungen geprägten Situation, die von einem Gefühl der Verärgerung über eine Behinderung erwünschter Aktivitäten (z.B. Entspannung, Lüften, Freunde einladen) begleitet wird (Guski, 1987). In diesem Sinne ist Belästigung auch als psychologischer Stress und die sie auslösenden Immissionen als Umweltstressoren einzuordnen (Steinheider, 1997).

Wie in Abbildung 1 zu sehen ist, gibt es zwischen der Geruchsempfindung als einem wahrnehmbaren Merkmal der Außenluft und der daraus resultierenden Belästigungsreaktion keine unmittelbare monokausale Beziehung. Vielmehr wirken mehrere Faktoren (sog. Moderatorvariablen) verstärkend oder abschwächend auf die Belästigungsreaktion. Das hat zur Folge, dass bei gleicher Geruchsbelastung die Ausprägung der Geruchsbelästigung von Person zu Person sehr unterschiedlich sein kann. Die Unterschiede kommen durch Merkmale der Person (z.B. Alter, Geschlecht, subjektiven Empfindlichkeit gegenüber Gerüchen), durch Merkmale der Umwelt (z.B. Wohnqualität, ländliche oder urbane Wohnumgebung) oder durch Merkmale der

Situation (z.B. die Bedeutung der durch die Geruchswahrnehmung gestörte Aktivität (im Garten sitzen)) zustande. Um die Belästigungsreaktion als Immissionswirkung interpretieren zu können, muss der Einfluss solcher "Moderatorvariablen", die in der Fachsprache Störgrößen genannt werden, berücksichtigt werden.

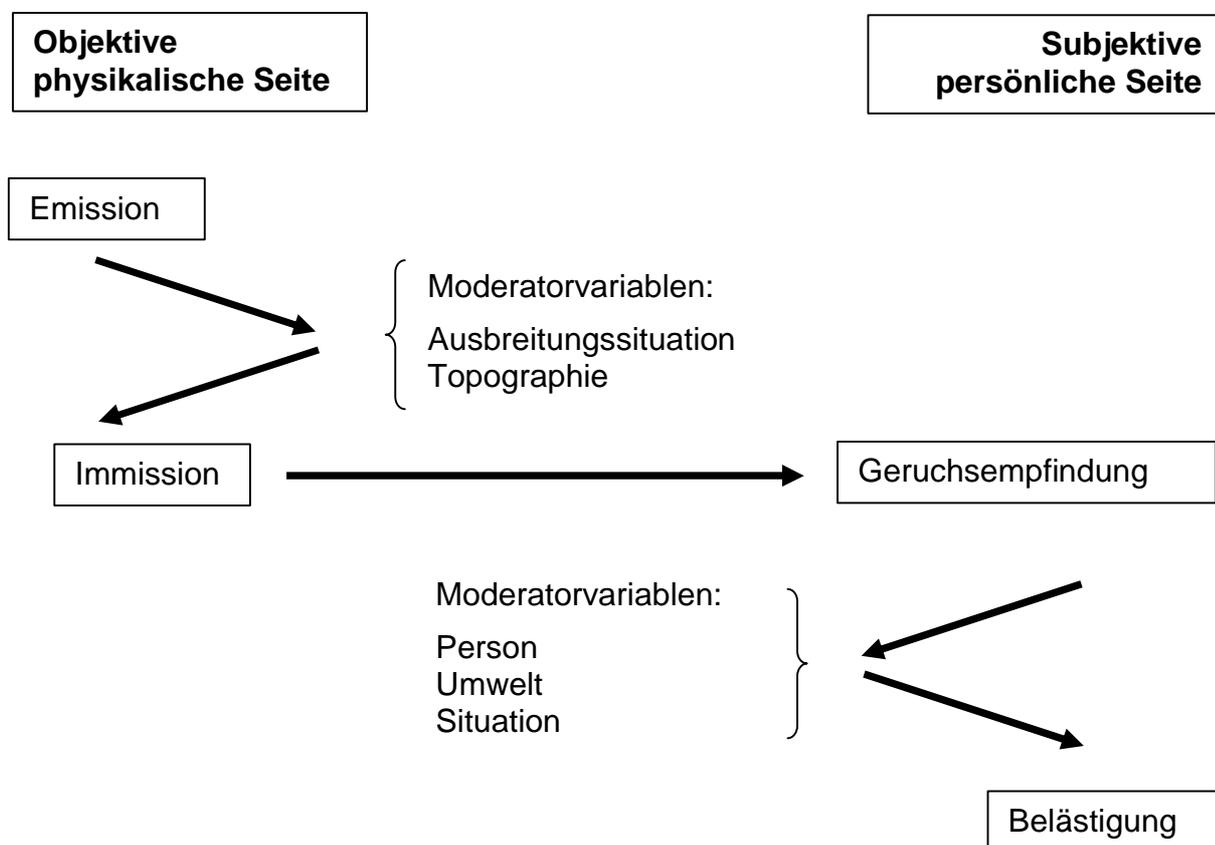


Abb. 1: Multikausale Entstehung von Belästigung (VDI 3883 / Bl. 1)

Der Einfluss der Geruchsbelastung und möglicher Störgrößen auf die Belästigungsreaktion kann mit Hilfe von Regressionsanalysen statistisch ausgewertet und quantifiziert werden. Diese Berechnungen ermöglichen am Ende einer Vielzahl von Einzelschritten die Darstellung zwischen unterschiedlichen Arten der Geruchsexpositionserfassung (Belastungsmaße) und der ermittelten Geruchsbelästigung (Belästigungsmaß) als Expositions-Wirkungsbeziehungen.

Das Ergebnis am Ende dieser Einzelschritte der Regressionsanalysen ist eine Expositions-Wirkungsbeziehung, die bereinigt um mögliche Störgrößeneinflüsse den Zusammenhang zwischen der Geruchsbelastung und der Belästigungsreaktion differenziert nach Tierarten darstellt und die Ableitung von Bewertungskriterien erlaubt.

In einem ersten Schritt wird der einfache Zusammenhang zwischen der Geruchsbelastung und der Belästigungsreaktion nach dem

Modell 1:

Belästigungsreaktion = Geruchsbelastung

geprüft. In weiteren Regressionsanalysen wird der Einfluss möglicher Störgrößen nach dem

Modell 2:

Belästigungsreaktion = Geruchsbelastung + Störgrößen

geprüft und quantifiziert. In den weiteren Analysen werden nur noch die Störgrößen berücksichtigt, deren Einfluss signifikant ist und die sich positiv auf die Aussagekraft des Modells auswirken.

Entsprechend dem

Modell 3:

Belästigungsreaktion = Geruchsbelastung + Störgrößen + Tierart

wird anschließend der Einfluss des Faktors Tierart und entsprechend dem

Modell 4:

Belästigungsreaktion = Geruchsbelastung + Störgrößen + Ortsüblichkeit

der Einfluss des Faktors Ortsüblichkeit untersucht.

Mit Hilfe von Zusatzkriterien (Symptome, Unzumutbarkeitsurteile, Vergleich mit Lärmwirkungen) wurde seinerzeit von Winneke und Steinheider (1990) versucht, möglichst eindeutige Bewertungskriterien in Form von Immissionswerten abzuleiten. Im Fall der Geruchsbeurteilung für industriell verursachte Geruchsimmissionen wurde der Bereich zwischen 10% und 20% Jahresstunden mit Geruch als in diesem Sinne kritisch vorgeschlagen und bereits in der Geruchsimmissions-Richtlinie von 1993 berücksichtigt.

Im Rahmen des Projektes "Untersuchungen zur Auswirkung von Intensität und hedonischer Geruchsqualität auf die Ausprägung der Geruchsbelästigung (Hedonik-Projekt)" (Sucker et al., 2003), dem unmittelbaren Vorläufer der hier vorgestellten Untersuchung, wurde speziell untersucht, ob die hedonische Bewertung eines Geruchs (angenehm-unangenehm Qualität) und die Geruchsintensität (empfundene Geruchsstärke) eine wesentliche Rolle bei der Ausprägung der Geruchsbelästigungsreaktion der betroffenen Anwohner spielen. Dafür wurden sechs Anlagen mit unterschiedlicher hedonischer Geruchswirkung ausgesucht (angenehm: Zwieback- und Bonbonfabrik, "neutral": Textilveredelung und Ölmühle, unangenehm:

Eisengießerei und Fettproduktion). An diesen Anlagen wurde die Geruchsbelastung (Geruchshäufigkeit) durch Rastermessungen im Umkreis der Anlagen bestimmt und anschließend die Belästigung durch Anwohnerbefragung in persönlichen Interviews mittels eines standardisierten Fragebogens erhoben.

Als wesentliches Ergebnis ließ sich für die untersuchten industriellen Anlagen festhalten, dass sich das System der GIRL erneut bestätigt hat und die Methoden der GIRL eine hinreichende Erfassung der Geruchsbelastung ermöglichen. Darüber hinaus zeigte sich, dass die auf Geruchsstunden basierenden Geruchshäufigkeiten grundsätzlich eine hinreichende Beschreibung des Belästigungsgrades von Anwohnern möglich machen und die Berücksichtigung der Hedonik nur im Falle von eindeutig angenehmen Gerüchen erforderlich ist. Die Intensität zur Beschreibung des Belästigungsgrades von Anwohnern ist nicht erforderlich. Diese Erkenntnisse finden Berücksichtigung in der neuen Fassung der GIRL vom 21.09.2004.

Dies war der Ausgangspunkt für die vorliegende Untersuchung, bei der ebenfalls die neu entwickelten Methoden zur Ermittlung der Geruchsintensität und Hedonik im Feld zur Anwendung kamen.

2. Methoden und Verfahren

Im Rahmen des vorliegenden Forschungsprojektes wurden insgesamt elf Untersuchungsgebiete ausgewählt, in denen jeweils Geruchsimmissionen aus der Geflügel-, Schweine- oder Rinderhaltung dominierten. Das Untersuchungsprogramm umfasste folgende Methoden und Verfahren:

1. Belastungsmessung: Ermittlung der Häufigkeit des Auftretens von Geruchsimmissionen mittels Rastermessung durch Probanden nach VDI 3940 Bl. 1-E (2003) und GIRL. Erfassung von Hedonik und Intensität mittels einer im Rahmen des Hedonik-Projektes (Sucker et al., 2003) evaluierten Methode. Zusätzliche Erfassung der hedonischen Geruchswirkung mit der Methode der Polaritätenprofile.
2. Belästigungsbefragung mit Hilfe von face-to-face-Interviews im Haushalt der Anwohner im Untersuchungsgebiet. Entwicklung eines an die spezielle Fragestellung des Projektes angepassten und entsprechend erweiterten Fragebogens auf der Grundlage des Musterfragebogens gemäß VDI 3883 Blatt 1 und in Anlehnung an den im Hedonik-Projekt (Sucker et al., 2003) eingesetzten Fragebogen. Erfassung der Anwohnerangaben zur subjektiv wahrgenommenen Häufigkeit, Intensität und Hedonik der landwirtschaftlichen Tierhaltungsgerüche. Ermittlung möglicher Einflussfaktoren wie z.B. demographische Daten (Alter, Geschlecht, Kinder), Wohndauer, Einstellung zur Landwirtschaft, Verbundenheit mit dem Wohnort, etc.

3. Auswertung, Visualisierung und Berichterstellung zur Bewertung der Geruchsimmissionen im Hinblick auf die Intensitäts- und Hedonikbewertung durch die Probanden und durch die Anwohner. Betrachtung der Zusammenhänge zwischen den Parametern Häufigkeit, Intensität und Hedonik. Prüfung des Expositions-Wirkungszusammenhangs zwischen der Geruchsbelastung und der Belästigungsreaktion mittels logistischer Regressionsanalysen unter Berücksichtigung weiterer Einflussgrößen.

Im Rahmen des Projektes wurden neben den Rasterbegehungen auch für zehn der elf Untersuchungsgebiete auf den Erhebungszeitraum ($\frac{1}{2}$ oder ganzes Jahr) bezogene Immissionsprognosen durchgeführt. Die Ausbreitungsrechnungen dienen in erster Linie zum Nachweis der Repräsentativität des Erhebungszeitraumes. Weitere Auswertungen im Hinblick auf die Berechnung von Expositions-Wirkungsbeziehungen wurden jedoch im Rahmen dieser Untersuchung nicht durchgeführt.

2.1 Belastungsmessung

Die Erfassung der Geruchsstoffimmissionen im Einwirkungsbereich der jeweiligen Quellen erfolgte mit Hilfe einer Rastermessung gemäß GIRL und VDI3940 Bl. 1-E (2003). Die Rastermessungen wurden in Baden-Württemberg von der Universität Hohenheim, in Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen und Sachsen von der Fa. MEODOR und in Nordrhein-Westfalen vom LUA durchgeführt. Die im Rahmen dieser Begehungen eingesetzten Probanden wurden vorab olfaktometrisch getestet und entsprechend den Anforderungen der GIRL und der DIN EN 13 725 (2003) an die Probandeneignung im Hinblick auf die Geruchsempfindlichkeit ausgewählt. Für die Überprüfung der hedonischen Eignung gab es zu diesem Zeitpunkt kein festgelegtes Auswahlkriterium.

Mit Hilfe der im Rahmen des Hedonik-Projektes (Sucker et al., 2003) entwickelten Methode wurden zusätzlich zur Häufigkeit auch die Intensität und die hedonische Qualität der Geruchsimmissionen ermittelt. Dabei wurde zunächst der Geruchszeitanteil mit Hilfe der Takt-Methode bestimmt, wobei die Probanden zehn Minuten an einem Messpunkt standen und insgesamt 60 Riechproben auf einem Datenaufnahmebogen (Anhang C) protokollierten. Im Anschluss daran erfolgte die Bewertung der Intensität und der Hedonik. Dabei wurde nicht das ganze zehnmündige Messzeitintervall beurteilt, sondern nur die Takte mit Geruch, die vom Probanden eindeutig als Anlagengeruch erkannt wurden.

In Anlehnung an die Intensitätsskala aus der Richtlinie VDI 3882 / Bl. 1 ("1-sehr schwach" bis "6-extrem stark") wurde sowohl der stärkste Eindruck als auch der durchschnittliche Eindruck erfasst. Zusätzlich wurde nach der Häufigkeit des stärksten Eindrucks gefragt.

Ebenso wurde die Hedonikskala in Anlehnung an die Richtlinie VDI 3882 / Bl. 2 (mit Werten von "minus 4-äußerst unangenehm" über "0-weder angenehm noch unangenehm" bis "plus 4-äußerst angenehm") eingesetzt, um die angenehm-unangenehm Qualität des Anlagengeruchs zu beschreiben. Auch hier wurde sowohl nach dem durchschnittlichen Eindruck als auch nach den Extrema, dem angenehmsten und dem unangenehmsten Eindruck, gefragt. Um Missverständnisse bei den Probanden zu vermeiden, wurde durch den Versuchsleiter anhand von Beispielen verdeutlicht, dass auch ein sehr unangenehmer Anlagengeruch in einer Immissionssituation mit geringer Geruchsintensität einen geringen Wert von -1 oder sogar +1 erhalten kann. Bei einer extrem starken Geruchsintensität würde dieser Geruch eine sehr negative Bewertung mit -4 erhalten.

Um die Zuverlässigkeit der Hedonikbewertung zu gewährleisten und zu vermeiden, dass Probanden eingesetzt werden, die nicht in der Lage sind, die angenehm-unangenehm Qualität verschiedener Tierhaltungsgerüche zu beurteilen, wurde bei der Einweisung der Probanden im Umfeld der ausgewählten landwirtschaftlichen Betriebe das Polaritätenprofil von Eyferth (VDI 3882 / Bl. 2, Seite 7) eingesetzt (Anhang B). Eyferth hat für die Geruchsbeurteilung eine Methode adaptiert, wobei mit Hilfe von 29 gegensätzlichen Adjektivpaaren (z.B. frisch vs. abgestanden) zusätzlich zu der Intensität (stark vs. schwach) und der Hedonik (angenehm vs. unangenehm) weitere Dimensionen der Geruchswahrnehmung erfasst werden. Die Aufgabe der Probanden ist es, die in der Vorstellung vorhandenen Geruchskonzepte "Duft" und "Gestank" und die Geruchsreize (hier: unterschiedliche Tierhaltungsgerüche) auf diesen Skalen einzustufen. Die daraus resultierenden Profile ergeben bei unterschiedlichen Probanden ein gleichförmiges Bild. So können die vorgegebenen Reize mit den Geruchskonzepten "Duft" und "Gestank" verglichen und die Übereinstimmung dargestellt werden. Bei einer Untersuchung von Winneke und Kastka (1975) zeigte sich beispielsweise, dass der Geruchsstoff Pfefferminz eine geringe Ähnlichkeit mit dem Konzept "Gestank" aufweist, aber eine große Ähnlichkeit mit dem Konzept "Duft". Der Einsatz des Polaritätenprofils bei der Einweisung der Probanden vor Ort hat den Vorteil, neben der Prüfung der Eignung der Probanden, zusätzlich zur Intensitäts- und Hedonikskala die Qualität und Wirkung der Tierhaltungsgerüche mit einer weiteren Methode zu ermitteln und detaillierter darzustellen.

Bei der Einweisung vor Ort lernten die Probanden die im Untersuchungsgebiet zu erwartenden typischen Anlagengerüche kennen. Dabei wurden sowohl Polaritätenprofile als auch probeweise Datenaufnahmebögen ausgefüllt und anschließend von den Versuchsleitern überprüft.

Weitere Einzelheiten zur Auswahl der Projektstandorte, zur Durchführung der Rastermessungen, sowie Abbildungen zur Lage der Betriebe und der Begehungspunkte sowie die detaillierten Ergebnisse, sind den einzelnen Immissionsmessberichten zu entnehmen und werden in diesem Abschlussbericht nicht näher ausgeführt.

2.2 Belästigungsbefragung

2.2.1 Fragebogen und Wirkungserfassung

Das Geruchsbelästigungsurteil der Anwohner wurde mit Hilfe eines Fragebogens erfasst, der aufgrund der bisherigen Kenntnisse zur Geruchs- und Lärmbelästigung gestaltet und an die spezifischen Gegebenheiten des Befragungsgegenstandes, hier Belästigung durch landwirtschaftliche Gerüche, angepasst wurde (Anhang D.1). Als Grundlage diente der Fragebogen zur Erfassung der Belästigung durch industrielle Gerüche aus dem Hedonik-Projekt (Sucker et al., 2003). Der überarbeitete und mit allen Projektpartnern abgestimmte Fragebogen mit der allgemein gehaltenen Bezeichnung des Untersuchungsgegenstandes "Wohn- und Lebensqualität im ländlichen Raum" beginnt mit Fragen zur Wohnsituation und zur Gesundheit, gefolgt von der Erfassung der Belästigung, verursacht durch verschiedene Umweltbelastungen (z.B. Gerüche, Lärm, Staub). Dadurch wird gewährleistet, dass schon aufgrund der Reihenfolge der Abfrage keine Assoziation zwischen möglichen gesundheitlichen Beschwerden und der Belästigung durch Gerüche erzeugt wird. Außerdem ist es wichtig, den Fokus der Aufmerksamkeit der Befragten nicht zu stark auf *eine* Umweltbelastung (z.B. Geruch) zu lenken. Dies wird durch eine einleitende Frage zum Vorliegen von Störungen durch verschiedene Aspekte der Wohngegend erreicht. Diese Frage dient zum einen der Überleitung zu der anschließenden mehr ins Detail gehenden Befragung in Bezug auf die Umweltimmissionen (Geruch und andere) und soll zum anderen vermeiden, dass die Aufmerksamkeit des Befragten zu schnell und zu direkt auf die eigentliche Fragestellung, die Belästigung durch landwirtschaftliche Gerüche, gelenkt wird.

Zunächst wird mit der Frage nach der Wahrnehmbarkeit begonnen, dann nach dem Vorliegen einer Belästigung gefragt und schließlich die Zumutbarkeit der Geruchsbelästigung (Unzumutbarkeitsurteil) beurteilt.

Insgesamt wurde bei der Gestaltung des Fragebogens auf eine möglichst hohe Erfassungsökonomie und eine geringe Irritation der Befragten geachtet, damit die Teilnahme-Motivation der Anwohner bis zum Ende des Interviews (Dauer bis zu 45 Minuten) erhalten bleibt.

Unterschiedliche Geruchsquellen (z.B. Landwirtschaft, Tierart, Gülle oder Stall, Straßenverkehr, Nachbarn) werden durch zwei Fragen getrennt erfasst.

1. Nennung des vermuteten Hauptverursachers
2. genaue Beschreibung der Geruchsart

Auf diese Weise wird sichergestellt, dass die Expositions-Wirkungsbeziehung zwischen der Belastung durch landwirtschaftliche Gerüche und der Belästigungsreaktion der Anwohner zuverlässig ermittelt werden kann.

Die Belästigungsreaktion der Anwohner wird mit einer graphischen elfstufigen Skala, dem sog. Belästigungsthermometer (Hangartner, 1988) und mit einer international standardisierten fünfstufigen verbalen Belästigungsskala (Felscher-Suhr et al., 2000) erfasst. Der Vergleich der Antworten auf den beiden Belästigungsskalen ermöglicht eine Überprüfung der internen Konsistenz (Zuverlässigkeit) der Befragung. Beide Skalen sind durch Fragen zur detaillierten Beschreibung der Geruchswahrnehmung voneinander getrennt. Hier werden genaue Angaben zur Qualität (Art des Geruchs), Häufigkeit, Intensität und der hedonischen Wirkung (angenehm-unangenehm Qualität) erhoben.

Zu den heute bekannten und dokumentierten Auswirkungen von Geruchbelastungen zählen neben der Belästigungsreaktion eine Beeinträchtigung des Schlafes und der Erholung sowie Auswirkungen auf das Wohlbefinden (allgemeine und spezifische Gesundheitsbeschwerden), die im Rahmen der Anwohnerbefragung miterfasst werden müssen (Steinheider et al., 1993, 1998b).

Zusätzlich werden weitere Faktoren erhoben, die das Belästigungsurteil der Anwohner beeinflussen können. Dazu gehören individuelle Faktoren wie z.B. die persönliche Selbsteinschätzung der Geruchsempfindlichkeit oder die Einstellung gegenüber der Geruchsquelle, aber auch allgemeine Faktoren wie z.B. die Struktur des Wohnumfeldes oder auch die Wohndauer, die zu einer Sensibilisierung in Bezug auf Gerüche führen kann. Der Fragebogen umfasst die folgenden Themenbereiche:

1. Wahrnehmung und Belästigung durch Gerüche aus unterschiedlichen Quellen
2. Geruchswirkungen in Form von somatischen, emotionalen und Verhaltensbeeinträchtigungen
3. Persönliche Einschätzung der Geruchsempfindlichkeit, der Einstellungen gegenüber Gerüchen, der Umweltbesorgnis, der Wohnqualität, etc.
4. Soziodemographische Daten wie z.B. Alter, Geschlecht, Wohndauer, Schulbildung Beruf, Betriebszugehörigkeit, Beschwerdeverhalten (z.B. Beteiligung an Protestaktion gegen den Geruch verursachenden Betrieb).

2.2.2 Durchführung der Befragung

Die Belästigungsbefragungen bei den Anwohnern in allen Untersuchungsgebieten wurden im Auftrag des Landesumweltamtes NRW vom Marktforschungsinstitut BIFAK (Bochumer Institut für angewandte Kommunikationsforschung) durchgeführt. Bei der Gebietsauswahl für die Belästigungsbefragung wurde darauf geachtet, dass an Hauptverkehrsstraßen gelegene Wohnungen ausgespart wurden, um die Verzerrung des Geruchsbelästigungsurteils durch den Einfluss einer zusätzlichen Belästigung durch Straßenverkehrslärm zu verringern. Aufgrund der örtlichen Gege-

benheiten war es nicht möglich, streng auf eine einheitliche und vergleichbare Bebauung zu achten.

Die Beurteilungsgebiete wurden anhand der vorliegenden Ergebnisse der Rastermessung für die Geruchsqualität "landwirtschaftliche Gerüche" in bis zu vier Belastungszonen unterteilt mit dem Ziel, in jeder Belastungszone eine gleich große Stichprobe an Befragten zu erhalten.

Bei der Besichtigung der Untersuchungsgebiete wurde der Eindruck gewonnen, dass aufgrund der geringen Bevölkerungsdichte und der kleinräumigen Verteilung der Geruchsimmissionen insbesondere in Sachsen und Mecklenburg-Vorpommern wahrscheinlich weniger als 200 Interviews pro Untersuchungsgebiet, bzw. weniger als 50 Interviews pro Belastungszone, zustande kommen werden.

Aufgrund dieser geringen Anzahl von Haushalten in den meisten Beurteilungsgebieten erfolgte die Stichprobenerhebung als Gesamterhebung, d.h. es wurden alle vorhandenen Haushalte kontaktiert.

Dabei wurden alle deutsch sprechenden Erwachsenen über 18 Jahre befragt, die sich zu einem Interview bereit erklärten. Kontaktiert wurde in Mehr-Personen-Haushalten die haushaltsführende Person bzw. die Person, die am meisten Zeit zu Hause verbringt. Um die Antwortrate zu erhöhen, wurde eine Woche vor Beginn der Befragung ein offizielles Anschreiben mit der Ankündigung der Interviewer und der Bitte um Teilnahme an die potentiellen Befragungspersonen versendet (Anhang D.2). In Baden-Württemberg wurde zusätzlich das Anschreiben ca. eine Woche vor Beginn der Befragung im örtlichen Amtsblatt veröffentlicht.

Aus einer aktuellen Adress-CD-ROM wurden sämtliche relevanten Adressen herausgesucht. Die Interviewer waren gehalten, jede angeschriebene und nicht ange-troffene Adresse am selben Tag nach 17:00 Uhr noch einmal zu besuchen. Wenn erneut keine Person angetroffen wurde, musste ein weiterer Versuch am kommen-den Tag unternommen werden. Erst wenn alle angeschriebenen Adressen erfolglos kontaktiert worden waren, durften auch nicht angeschriebene Personen im unmittel-baren Umfeld befragt werden.

Einen Überblick über Anzahl der Kontaktversuche, die Anzahl der durchgeführten Interviews sowie die Antwortrate geben Tabelle 1.1 und 1.2. Die Antwortrate ist das Verhältnis zwischen der Anzahl der durchgeführten Interviews zur Anzahl der Kon-taktversuche. Gründe für nicht durchgeführte Interviews sind auf Abwesenheit der Anwohner oder Verweigerung der Teilnahme zurückzuführen.

Im Vergleich zu den Antwortraten im Hedonik-Projekt, die zwischen 29% und 43% lagen, sind die hier gefundenen Antwortraten niedriger. Ein Grund hierfür liegt u. a. darin, dass in den ländlich geprägten Gebieten die vorgefundene Gesamtzahl mögli-

cher Adressaten deutlich geringer ist. Die Ergänzung durch nicht angeschriebene Personen war jedoch nur in wenigen Ausnahmefällen erforderlich.

Zu den speziellen Bedingungen, die während der Durchführung der Befragung vorliegen, gibt es für jedes Untersuchungsgebiet einen entsprechenden Feldbericht (Anhang D.3).

Tab. 1.1: Belästigungsbefragung bei den Anwohnern in den sieben Untersuchungsgebieten (NW und BW): Erhebungszeitraum, Anzahl der eingesetzten Interviewer, Anzahl der durchgeführten Interviews getrennt für die drei bzw. vier Belastungszonen und insgesamt, Anzahl der Kontaktversuche, Anzahl insgesamt (Summe der Anzahl der durchgeführten Interviews und der Anzahl der Kontaktversuche) sowie die Antwortrate

Kennzeichnung der Betriebe	Erhebungszeitraum	Eingesetzte Interviewer	Kernerhebungszeit (ohne An-/Abfahrt)	Adressen	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Anzahl der Interviews insgesamt	Anzahl der Kontaktversuche (exkl. Interviews)	Anzahl insgesamt	Antwortrate in %	
NW-1 Rind	25.02. bis 26.02.05	10	10:00 – 18:00 Uhr	Adressen ges.	140	80	237	69	143	nicht angetroffen verweigert oder abgebrochen	383	526	27%
				angeschrieben	73	70	183	50					
				Interviews*	39	19	63	22					
NW-2 Geflügel	18.02. bis 21.02.05	10	10:00 – 18:00 Uhr	Adressen ges.	288	195	210	226	186	nicht angetroffen verweigert oder abgebrochen	733	919	20%
				angeschrieben	206	139	159	188					
				Interviews*	48	46	50	42					
NW-3 Rind	28.10. bis 31.10.05	7	10:00 – 19:00 Uhr	Adressen ges.	213	85	70	33	101	nicht angetroffen verweigert oder abgebrochen	299	401	25%
				angeschrieben	198	82	60	33					
				Interviews*	64	18	16	3					
BW Hohenlohe-1 Schwein	20.11. bis 23.11.04	2	10:00 – 18:00 Uhr	Adressen ges.	88	35	89	27	56	nicht angetroffen verweigert oder abgebrochen	183	239	23%
				angeschrieben	71	29	75	23					
				Interviews*	24	13	17	2					
BW Hohenlohe-2 Schwein	20.11. bis 23.11.04	4	10:00 – 18:00 Uhr	Adressen ges.	51	154	137	27	82	nicht angetroffen verweigert oder abgebrochen	287	369	22%
				angeschrieben	47	143	127	25					
				Interviews*	11	41	26	4					
BW Ostalb Schwein	24.11. bis 27.11.04	4	10:00 – 18:00 Uhr	Adressen ges.	-	-	103	18	48	nicht angetroffen verweigert oder abgebrochen	73	121	40%
				angeschrieben	-	-	82	16					
				Interviews*	-	-	36	12					
BW Enzkreis Schwein	26.11. bis 27.11.04	7	10:00 – 18:00 Uhr	Adressen ges.	264	205	54	-	103	nicht angetroffen verweigert oder abgebrochen	420	523	20%
				angeschrieben	231	184	43	-					
				Interviews*	52	31	20	-					

Tab. 1.2: Belästigungsbefragung bei den Anwohnern in den vier Untersuchungsgebieten (NI, MV, SN): Erhebungszeitraum, Anzahl der eingesetzten Interviewer, Anzahl der durchgeführten Interviews getrennt für die drei bzw. vier Belastungszonen und insgesamt, Anzahl der Kontaktversuche, Anzahl insgesamt (Summe der Anzahl der durchgeführten Interviews und der Anzahl der Kontaktversuche) sowie die Antwortrate

Kennzeichnung der Betriebe	Erhebungszeitraum	Eingesetzte Interviewer	Kernerhebungszeit (ohne An-/Abfahrt)	Adressen	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Anzahl der Interviews insgesamt	Anzahl der Kontaktversuche (exkl. Interviews)	Anzahl insgesamt	Antwortrate in %	
NI-1 Geflügel	06.05. bis 08.05.04	6	10:00 – 18:00 Uhr	Adressen ges.	150	138	127		134	nicht angetroffen verweigert oder abgebrochen	281	415	32%
				angeschrieben	120	91	109						
				Interviews*	54	45	35						
NI-2 Schwein	04.11. bis 07.11.05	7	10:00 – 18:00 Uhr	Adressen ges.	110	117	217		319	nicht angetroffen verweigert oder abgebrochen	444	28%	
				angeschrieben	104	113	198						
				Interviews*	23	34	68						
MV Schwein	18.11. bis 19.11.05	4	10:00 – 18:00 Uhr	Adressen ges.	179				33	nicht angetroffen verweigert oder abgebrochen	146	179	18%
				angeschrieben	96								
				Interviews*	33								
SN Rind	07.10. bis 09.10.04	3	10:30 – 19:00 Uhr	Adressen ges.	71	56	36	53	42	nicht angetroffen verweigert oder abgebrochen	174	216	19%
				angeschrieben	45	35	24	36					
				Interviews*	14	17	3	8					

2.3 Statistische Auswertung

Die folgenden Ausführungen sollen lediglich einen Überblick über die verwendeten statistischen Verfahren und die entsprechenden Kenngrößen geben. Detaillierte Beschreibungen sind der in der Literaturliste angegebenen Fachliteratur zu entnehmen. Die verwendeten statistischen Verfahren und Auswertungsstrategien orientieren sich an der im Hedonik-Projekt (Sucker et al., 2003) entwickelten, bewährten und allgemein anerkannten Vorgehensweise.

2.3.1 Deskription

2.3.1.1 Auswertung der Belastungsmessung - Polaritätenprofile

Das *Polaritätenprofil* für den typischen Anlangengeruch (z.B. Schwein) wird mit Hilfe der Produkt-Moment-Korrelation nach Pearson (r) mit den Profilen für die Konzepte "Duft" und "Gestank" verglichen, der Determinationskoeffizient (r^2) und die statistische Signifikanz (p) werden angegeben.

Die **Korrelation** ist ein Maß für den Zusammenhang zwischen zwei oder mehreren Variablen. Korrelationskoeffizienten können Werte zwischen -1,00 und +1,00 annehmen. Ein Wert von -1,00 bedeutet eine perfekt negative Korrelation, während ein Wert von +1,00 eine perfekt positive Korrelation beschreibt. Ein Wert von 0,00 bedeutet fehlende Korrelation (Unkorreliertheit). Der Pearsonsche Korrelationskoeffizient r ist der am häufigsten verwendete Korrelationskoeffizient. Er wird auch linearer oder Produkt-Moment-Korrelationskoeffizient genannt (Bortz, 2004). Die Formel für die Produkt-Moment-Korrelation lautet:

$$(1) \quad r_{jl} = \frac{\sum_{i=1}^n (X_{ij} - M_j) \cdot (Y_{il} - M_l)}{k \cdot d_j \cdot d_l}$$

r_{jl}	Produkt- Moment - Korrelationskoeffizient nach Pearson
X_{ij}	Profilwert des Profils j auf der Polarität i
Y_{il}	Profilwert des Profils l auf der Polarität i
Polarität i	Wortpaar (z.B. "niederdrücken - erhebend", "frisch - abgestanden")
M_j	Profilmittelwert des Profils j (z.B. "Gestank"- und "Duft"-Profil)
M_l	Profilmittelwert des Profils l (z.B. "Anlagengeruch"-Profil)
d_j	Streuung der Profilwerte des Profils j
d_l	Streuung der Profilwerte des Profils l
k	Anzahl der Polaritäten i (= 29)
n	Anzahl der Probanden

Wenn der Korrelationskoeffizient quadriert wird, erhält man den **Determinationskoeffizient** r^2 (Bestimmtheitsmaß). Dieser beschreibt den Anteil an gemeinsamer Streuung (d.h. die "Stärke" des Zusammenhangs) in beiden Variablen. Um die Korrelation zwischen Variablen zu bewerten, sind die Kenntnis dieser "Stärke" und auch die der Signifikanz der Korrelation wichtig (Bortz, 2004).

2.3.1.2 Auswertung der Belastungsmessung - Intensität und Hedonik

Die Angaben der Probanden zur Intensität und zur Hedonik werden nur dann in die Auswertung miteinbezogen, wenn das Geruchsstundenkriterium erfüllt ist und der Geruchszeitanteil = 10% beträgt, d.h. 6 oder mehr Takte mit Geruch von insgesamt 60 Takten.

Die *Hedonik-Mittelwerte pro Rasterfläche* werden als arithmetische Mittelwerte berechnet.

$$(2) \quad \bar{x} = \frac{\sum_{k=1}^n c_k \cdot d_k}{n}$$

χ_k Messwert (Hedonik-durchschnittlicher Eindruck [1 bis 9]) bei der Begehung k

δ_k Geruchsstundenkriterium: = 0, wenn weniger als 6 Takte mit Geruch und = 1, wenn 6 oder mehr (max. 60) Takte mit Geruch bei der Begehung k gemessen wurden

k Nummer der Begehung

n Stichprobenumfang: Anzahl der Begehungen für eine Rasterfläche (max: 52 oder 104)

Die Berechnung der *Intensitäts-Mittelwerte pro Rasterfläche* erfolgt in Anlehnung an das energetische Mittelungsverfahren. Die Formel dafür lautet:

$$(3) \quad \bar{I} = a \cdot \lg \cdot \frac{\sum_{k=1}^n 10^{\frac{c_k}{a}} \cdot d_k}{n}$$

χ_k Messwert (Intensität-durchschnittlicher Eindruck [1 bis 6]) bei der Begehung k

δ_k Geruchsstundenkriterium: = 0, wenn weniger als 6 Takte mit Geruch und = 1, wenn 6 oder mehr (max. 60) Takte mit Geruch bei der Begehung k gemessen wurden

a Koeffizient = "2"

lg dekadischer Logarithmus (\log_{10})

k Nummer der Begehung

n Stichprobenumfang: Anzahl der Begehungen für eine Rasterfläche (max: 52 oder 104)

Bei diesem Verfahren werden die Intensitätsmesswerte zunächst mit der Formel $10^{(\chi_k/2)}$ umgewandelt. Mit diesen Werten wird dann der arithmetische Mittelwert berechnet, d.h. die Werte werden aufsummiert und durch die Anzahl der Werte (n) geteilt. Dann wird dieser Wert logarithmiert (dekadischer Logarithmus, $\lg = \log_{10}$) und mit zwei multipliziert. Eine Beispielrechnung wird in Anhang E gegeben.

Die theoretischen Annahmen zu diesem Mittelungsverfahren beruhen auf dem *Weber-Fechner-Gesetz*, das besagt (entstanden um 1860), dass ein logarithmischer Zusammenhang zwischen der chemischen Reizgröße (Geruchsstoffkonzentration) und der entsprechenden Empfindungsgröße (Geruchsstärkeempfindung) besteht. Nimmt die Reizstärke in geometrischer Reihe zu, so wächst die Empfindungsstärke (I = Intensität) in arithmetischer Reihe ($E = a \cdot \lg$ Geruchsschwelle (Bezugsreiz) / Geruchsstoffkonzentration der Riechprobe (Vergleichsreiz); a = Weber-Fechner-Koeffizient).

Die Mittelung erfolgt auf der Ebene der angebotenen Konzentration des Geruchsträgers. Dabei ist die Konstante a (Weber-Fechner-Koeffizient) unbekannt. Aus der VDI-Richtlinie 3882 Bl. 1 (S. 16) kann man ableiten, dass der Wert der Konstanten in etwa zwischen 1,5 und 2,5 liegen wird. Im Rahmen des Hedonik-Projektes hat sich bei der Berechnung der Regressionsanalysen der Wert "2" für die Konstante a als geeignet erwiesen (Sucker et al., 2003, S. 93). Er bedeutet, dass sich bei einer Zunahme der Konzentration des Geruchsträgers um $10^{1/2}$ ($\sqrt{10}$) die Geruchsintensität um eine Stufe erhöht. Bei dieser Berechnungsart werden hohe Intensitäten stärker gewichtet als niedrige.

Der Zusammenhang zwischen der *Intensitäts- und Hedonikbewertung* wird mit den weiter oben erläuterten Produkt-Moment-Korrelationen berechnet. Graphisch dargestellt werden die arithmetisch gemittelten Hedonikurteile für jede Stufe der Intensitätsskala zusammen mit dem 95%-Konfidenzintervall für die Mittelwerte und einer an die Daten angepassten linearen Funktion mit der Gleichung $y = a \cdot x + b$.

Die statistische Signifikanz von Mittelwertsunterschieden bei den Probandenbewertungen zu den unterschiedlichen Geruchsqualitäten wird mittels **t-Test** berechnet (Bortz, 2004).

2.3.1.3 Auswertung der Belästigungsbefragung

Bei der Auswertung der Belästigungsbefragung wird die Zuverlässigkeit (interne Konsistenz) der Fragebogendaten mit Hilfe der Produkt-Moment-Korrelationen der Messwerte auf der verbalen Belästigungsskala und dem Belästigungsthermometer überprüft. Graphisch dargestellt werden die Regressionsgleichung, sowie die arithmetisch gemittelten Thermometerwerte für jede Stufe der verbalen Belästigungsskala zusammen mit dem 95%-Konfidenzintervall für die Mittelwerte.

Die Wahrnehmungshäufigkeit der Anlagengerüche sowie die Bewertung von Intensität und Hedonik durch die Anwohner werden mit Hilfe von Häufigkeitsverteilungen dargestellt. Zusätzlich werden als deskriptive Kenngrößen der Verteilung der Median und der arithmetische Mittelwert angegeben.

Ebenso wie bei der Belastungsmessung durch die Probanden wird auch bei den Anwohnerangaben der Zusammenhang zwischen der Intensitäts- und der Hedonikbewertung mit der Produkt-Moment-Korrelationen geprüft. Auch hier werden die Mittelwerte der Hedonikurteile für jede Stufe der Intensitätsskala zusammen mit dem 95%-Konfidenzintervall für die Mittelwerte und einer an die Daten angepassten linearen Funktion mit der Gleichung $y = a \cdot x + b$ dargestellt.

2.3.2 Analyse des Expositions-Wirkungszusammenhangs

2.3.2.1 Logistische Regressionsanalyse

Die Prüfung des Zusammenhangs von Geruchsbelastung und Belästigungsreaktion unter Berücksichtigung relevanter weiterer Einflussgrößen wird mit Hilfe der im umweltmedizinischen Bereich üblichen **Regressionsanalyse** (Bender et al., 2002; Baltes-Götz, 2005) durchgeführt. Bei einer linearen Regressionsanalyse ist die Zielgröße quantitativ abgestuft (hier: Thermometerwerte von 0 bis 10).

Die Verwendung der *linearen Regression* scheidet jedoch aus, da in dieser Untersuchung ein Anhaltspunkt für den Beginn einer "erheblichen" Belästigung gesucht wird. Daher wird als Zielgröße ein binär abgestuftes Belästigungsmaß verwendet und die *logistische Regressionsanalyse* eingesetzt.

Für die Berechnung einer logistischen Regression müssen die Belästigungsangaben auf der Thermometerskala in binäre Werte umgewandelt werden, d.h. es wird kodiert, ob der Anwohner belästigt war (1) oder nicht (0). Hierbei wird berücksichtigt, dass sich mehr als die Hälfte der Anwohner nicht belästigt fühlt (57%). Wie anhand der Häufigkeitsverteilung in Abbildung 2 ist zu sehen, verteilen sich die Belästigungswerte der übrigen Anwohner zwischen den Stufen "1" und "10" auf der Thermometerskala.

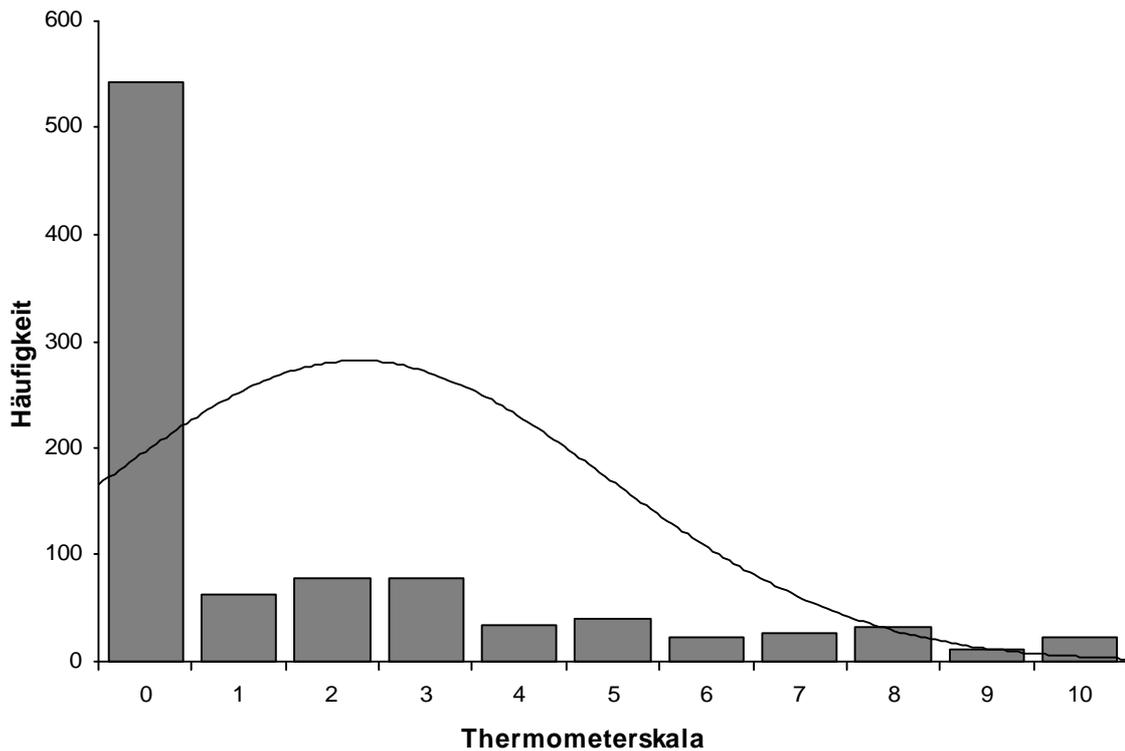


Abb. 2: Rechtsschiefe Häufigkeitsverteilung der Belästigungsangaben den Anwohner auf der Thermometerskala (N=950). Die Linie kennzeichnet die erwartete Häufigkeitsverteilung bei normalverteilten Werten.

Das Ziel der Regressionsanalyse ist, den funktionalen Zusammenhang zwischen Geruchsbelastung und Belästigungswirkung zu erkennen, die Einflussgrößen der funktionalen Beziehung zu bestimmen und die Expositions-Wirkungsbeziehung darzustellen. Dabei werden fehlende Werte interpoliert und dann theoretische Werte prognostiziert.

Bei der logistischen Regressionsanalyse wird die Wahrscheinlichkeit berechnet, sehr stark belästigt (1) zu sein. Dabei wird das Chancenverhältnis "**Odds-Ratio**" (**OR**) modelliert, das angibt, wie sich z.B. das Anzahlverhältnis von sehr stark Belästigten zu nicht sehr stark Belästigten verhält.

Es wird folgende Regressionsgleichung aufgestellt:

$$(4) \quad p = \frac{\exp(b_0 + b_1 \cdot x_1 + \dots + b_n \cdot x_n)}{1 + \exp(b_0 + b_1 \cdot x_1 + \dots + b_n \cdot x_n)}$$

Unabhängig von den **Parameterschätzern** b oder der Größe der x -Werte, erzeugt das Modell stets Prognosewerte, die im Intervall von 0 bis 1 liegen. Wenn man sich die binäre abhängige Variable in Abhängigkeit von einer zugrunde liegenden stetigen Wahrscheinlichkeit p vorstellt, die zwischen 0 und 1 variiert, kann man die Wahrscheinlichkeit p folgendermaßen transformieren:

$$(5) \quad p' = \ln \frac{p}{1-p} \quad \text{Dabei ist } p / 1-p \text{ die Chance, belästigt zu sein.}$$

In den bisherigen Studien zu Geruchsimmissionswirkungen konnte gezeigt werden, dass nicht nur die Geruchsimmission, sondern auch andere Faktoren auf die Belästigungsreaktion der Anwohner Einfluss nehmen. Hierbei sind zum einen Personenmerkmale (z.B. Alter, Geschlecht, Gesundheitsunzufriedenheit) hervorzuheben (Steinheider & Winneke, 1993), zum anderen muss aber auch eine generalisierte habituelle Hyper- bzw. Hyporeagibilität auf Umweltstressoren (Winneke & Neuf, 1992) bzw. eine spezifische "Geruchsempfindlichkeit" angenommen werden. Um eine Wirkung als Immissionswirkung interpretieren zu können, müssen solche konkurrierenden Faktoren berücksichtigt werden.

Demzufolge beschreibt die logistische Regression den Logarithmus der Chance, belästigt zu sein, als eine Linearkombination aus Stör- und Einflussgrößen. Allgemeine und individuelle Faktoren, die neben der Geruchsbelastung (Einflussvariable: Geruchshäufigkeit in %) die Belästigungsreaktion (Zielvariable: Belästigungsangaben auf der Thermometerskala) beeinflussen, werden bei der statistischen Analyse als Störvariablen oder Störgröße bezeichnet, weil sie den in Frage stehenden Zusammenhang zwischen Einfluss- und Zielvariable überdecken und somit stören können. Es wird davon ausgegangen, dass die einzelnen Störgrößen die Geruchsbelästigung sowohl positiv als auch negativ beeinflussen können. Da die Analyse von Störeinflüssen nicht Gegenstand der Untersuchung war, sondern nur der Abgrenzung und Bewertung von Immissionseinflüssen dient, werden die Störvariablen nur gemeinsam untersucht und Zusammenhänge nicht quantitativ beschrieben. Wechselwirkungen werden nicht berücksichtigt.

Die Geruchshäufigkeit als Geruchsbelastungsmaß geht dabei in logarithmierter Form in die Auswertung ein. In dieser Untersuchung wird der binäre Logarithmus (ld) verwendet, so dass eine Veränderung der Geruchsbelastung "um eine Einheit" einer Verdopplung gleich kommt (siehe unten).

Um den Wert "Null" zu vermeiden, wird der Wert "1" auf jeden Wert des Belastungsmaßes addiert. Hiermit wird der Nullpunkt auf 1% festgelegt. Diese Verschiebung ist im Vergleich zum Erhebungsumfang von 104 Einzelmessungen bei dem eine Geruchsstunde etwa 1% entspricht zu vernachlässigen und damit eine zulässige Transformation der Werte.

Die **Darstellung der Ergebnisse** der logistischen Regression geschieht mit Hilfe der Parameterschätzer und des Chancenverhältnisses Odds-Ratio (OR) (z.B. Tabelle 13 und Abbildung 28). Der Parameterschätzer kennzeichnet das "Gewicht" der Variablen, d.h. die Einflussstärke des Belastungsmaßes oder der Störgröße auf die

Belästigungsreaktion. Ist der Parameterschätzer signifikant ($p < 0.05$), dann gibt es einen statistisch bedeutsamen Zusammenhang zwischen der Variablen und dem Prozentsatz an "Belästigten" bzw. an "sehr stark Belästigten". Je höher ein Parameterschätzer ist, desto stärker ist der Einfluss dieser Variablen auf die Belästigungsreaktion. Das Odds-Ratio gibt an, wie sich das Anzahlverhältnis von Belästigten zu Nicht-Belästigten ändert, wenn die Einflussgröße (z.B. Geruchshäufigkeit) um eine Einheit (hier: Verdopplung) größer wird. Ein Odds-Ratio, das größer als eins ist zeigt an, dass die Einflussgröße im ungünstigen Sinne auf die Relation von Belästigten zu Nicht-Belästigten wirkt. Ein Odds-Ratio, das kleiner als eins ist zeigt an, dass die Einflussgröße im günstigen Sinne wirkt.

Mit Hilfe des logistischen Regressionsmodells lässt sich der prozentuale Anteil an Belästigten für die einzelnen Stufen der Geruchsbelastung berechnen. Dafür wird eine *Standardisierung auf mittleren Störgrößeneinfluss* (Adjustierung) vorgenommen, d.h. der prozentuale Anteil an Belästigten wird so bestimmt, als ob die Störgrößenverteilung in jeder einzelnen Rasterfläche der mittleren aus dem gesamten Untersuchungsgebiet entspräche. Auf diese Weise lässt sich für jeden Belastungswert ein zugehöriger Anteil an belästigten Personen ermitteln.

Um die *Güte der Anpassung des Logistischen Regressionsmodells* an die Daten zu prüfen, wird zuerst der **Hosmer-Lemeshow-Test** berechnet. Liefert der entsprechende Test einen signifikanten Wert ($p = 0.05$), dann ist die Modellgültigkeit zu bezweifeln (Baltes-Götz, 2005, S. 22).

Ein weiteres Maß für die Modellgültigkeit ist die Diskrepanz zwischen den beobachteten Daten und den mit der angepassten Funktion vorhergesagten Daten (Baltes-Götz, 2005, S. 30 ff). Ein gebräuchliches Verfahren um diese Diskrepanz zu bestimmen ist die Maximierung der **Log-Likelihood-Funktion**. Vorausgesetzt, dass die Beobachtungen voneinander unabhängig sind, ist die Likelihood-Funktion das Produkt der Wahrscheinlichkeiten für das Eintreten jeder einzelnen Beobachtung, wenn das entsprechende Modell und die Werte der Parameter des Modells gegeben sind. Es ist üblich, auf diese Funktion den natürlichen Logarithmus anzuwenden. Das Produkt der Wahrscheinlichkeiten wird dann zu einer Summe der Logarithmen der Wahrscheinlichkeiten. Je größer die Likelihood des Modells, umso besser ist das Modell an die Daten angepasst.

Die Likelihood L_0 für das Nullmodell, in dem keine Störgrößen berücksichtigt werden, wird direkt mit der Likelihood L_1 des angepassten Modells verglichen. Für diesen Vergleich wird die **Chi-Quadrat-Statistik** in folgender Weise berechnet:

$$(6) \quad Chi^2 = -2 \cdot (\ln(L_0) - \ln(L_1))$$

Die Freiheitsgrade für den Chi-Quadrat-Wert sind gleich der Differenz in der Anzahl der Parameter für das Null- bzw. das angepasste Modell, d.h. die Anzahl der Freiheitsgrade ist somit gleich der Anzahl der unabhängigen Variablen in der logistischen Regression. Ist der Chi-Quadrat-Test signifikant, dann bedeutet das, dass das geschätzte Modell signifikant besser zu den Daten passt als das Nullmodell und damit die Anpassungsgüte bestätigt wird.

Der **Erklärungswert des Regressionsmodells** wird als prozentuale Verbesserung des geschätzten Modells im Vergleich zum Nullmodell angegeben. Er wird berechnet, indem die Log-Likelihood des geschätzten Modells (L_1) von der Log-Likelihood des Nullmodells (L_0) subtrahiert wird und dieser Betrag zur Log-Likelihood des Nullmodells in Verhältnis gesetzt (d.h. dividiert) wird.

$$(7) \quad \% \text{ erklärte Varianz} = \frac{\ln(L_0) - \ln(L_1)}{\ln(L_0)} \cdot 100$$

Ein weiterer Indikator zur Bewertung des Regressionsmodells ist der **Determinationskoeffizient R_N^2 nach Nagelkerke**, der ungefähr dem Konzept der aufgeklärten Varianz in der linearen Regression entspricht (Baltes-Götz, 2005, S. 32 ff). Im Gegensatz zu anderen Koeffizienten ist er standardisiert und nimmt Werte zwischen Null und Eins an. Werte zwischen 0.2 und 0.4 repräsentieren eine sehr gute Anpassungsgüte (Wrigley, 1985, S. 50).

2.3.2.2 Störgrößen

Die Störgrößen, die im Rahmen dieser Untersuchung geprüft wurden, sind in drei Gruppen unterteilt (Tabelle 2):

Zum einen werden soziodemographische Merkmale der Stichprobe betrachtet. Dazu gehören beispielsweise Angaben zum Alter und Geschlecht, aber auch zur Schulbildung, zum Familienstand und zum Einkommen.

Zum anderen wird geprüft, ob die allgemeine Wohnsituation, die neben den Gerüchen durch weitere Umweltstressoren (z.B. Lärm) oder auch durch Nachbarschaftsstreitigkeiten gekennzeichnet sein kann, einen Einfluss auf die Belästigungsreaktion der Anwohner hat. Auch die Einstellung zur Umwelt im Allgemeinen und zur Landwirtschaft im Besonderen wird betrachtet.

Darüber hinaus werden gesundheitliche Aspekte, wie die subjektive Zufriedenheit mit der eigenen Gesundheit oder die Häufigkeit von Erkrankungen (Nasennebenhöhlenentzündung (Sinusitis), Erkältungen; subjektive Angabe für das letzte Jahr) geprüft.

Die Zufriedenheit mit der eigenen Gesundheit wurde für die statistische Auswertung umkodiert in die Gesundheitsunzufriedenheit, die in Tabelle 2 enthalten ist.

Zur Datenverarbeitung und graphischen Visualisierung der Ergebnisse wurden die Programme Excel (2003) und STATISTICA 7.1 (2005) benutzt. Alle dem Ergebnisteil zugrunde liegenden Daten wurden mit dem Statistikpaket STATISTICA 5.5 (1999), SPSS 11.0.1 (2001) und SAS 9.1.3 (2005) berechnet. Bei allen Berechnungen wurde das statistische Signifikanzniveau auf mindestens $p \leq 0.05$ festgesetzt.

Tab. 2: Mögliche Störgrößen

Soziodemographische Daten:
Alter [Jahre]
Geschlecht [Männer (1) vs. Frauen (2)]
Familien (verheiratet & mit Partner zusammenlebend) mit Kindern unter 18 Jahren im Haushalt lebend [Nein (0) vs. Ja (1)]
Haus- oder Nutztiere (nicht gewerblich) [Nein (0) vs. Ja (1)]
Schulbildung [Volks-/Hauptschule (1), Realschule (2), Abitur / Studium (3)]
Netto-Einkommen der befragten Person [keine Angaben (0), weniger als 1000 € (1), 1000 - 2000 € (2), 2000 - 3000 € (3), mehr als 3000 € (4)]
Dauer der tägliche Anwesenheit zu Hause [Stunden]
Wohnsituation:
Wohnen-1: Miete (1) vs. Eigentum (2),
Wohnen-2: Mehrfamilienhaus (1) vs. Einfamilienhaus (2)
Wohnqualität [Bedauern eines Umzugs: nicht (1), kaum (2), mittelmäßig (3), ziemlich (4), außerordentlich (5)]
weitere störende Wohnbedingungen (Infrastruktur, Müll, Windkraftanlagen, Einbruch, Sonstige) [keine (0) vs. ein oder mehrere (1)]
Lärmbelästigung (allgemein: Verkehr, Industrie, etc.: Thermometerskala [0-10])
Nachbarschaftsverhältnis (Streit mit Nachbarn) [Nein (0) vs. Ja (1)]
Nachbarschaftsengagement ["Nein" oder "Ja, aktiv" (1); "Ja, vorstellbar" (2)] (z.B. Protestaktion / Bürgerinitiative gegen Geruchsbelästigung)
Mitgliedschaft in einem ortsansässigen Verein [Nein (0) vs. Ja, passiv / aktiv (1)]
Wohndauer [Jahre] a) in der Wohnung; b) in der Nachbarschaft; c) in der Stadt
Umweltbesorgnis [nicht (1), wenig (2), mittelmäßig (3), ziemlich (4), sehr (5)]
Einstellungen zur Landwirtschaft: Kontakt zur Landwirtschaft: a) durch den Beruf ; b) über Angebote der regionalen Direktvermarktung [Nein (0) vs. Ja (1)]
Gesundheit:
Häufigkeit einer a) Erkältung in letzten 12 Monaten; b) Nasennebenhöhlenentzündung (Sinusitis) [nie (0) vs. ein- oder mehrmals (1)]
Gesundheitsunzufriedenheit [nicht (1), kaum (2), mittelmäßig (3), ziemlich (4), außerordentlich (5)]
Empfindlichkeit gegenüber Umweltbelastungen [nicht (1), wenig (2), mittelmäßig (3), ziemlich (4), sehr (5)]

3. ERGEBNISSE

3.1 *Polaritätenprofil für Geruch*

Die Auswertung beruht auf 62 Polaritätenprofilen, die während der Einweisung vor Ort in der Umgebung der landwirtschaftlichen Tierhaltungsanlagen in den Jahren 2003 bis 2005 von 54 Probanden und Probandinnen erhoben wurden. Die grau hinterlegten Begriffspaare in Abbildung 3 kennzeichnen die Wortpaare, die zur Feststellung der Eignung der Probanden zur hedonischen Klassifikation von Anlagengerüchen mit Hilfe der Polaritätenprofile geeignet sind.

Die Methode zur hedonischen Klassifikation von Anlagengerüchen wird in der Anlage zu den Auslegungshinweisen Geruchsimmissions-Richtlinie GIRL (21.09.2004) beschrieben. Im Rahmen einer Untersuchung von jeweils 90 "Gestank-" und "Duft-Profilen", zeigten die unten genannten sechs Wortpaare die höchsten Faktorscores, d.h. diese Wortpaare eigneten sich am besten, um zwischen den Konzepten "Duft" und "Gestank" zu differenzieren. Die Auswahl dieser Wortpaare im Hinblick auf die Beurteilung der Eignung der Probanden wird durch eine Untersuchung von Koeppel (1986) gestützt. Hier wurden ebenfalls hohe Faktorscores für diese sechs Wortpaare gefunden. Ein Proband ist dann in die Auswertung einbezogen worden, wenn er:

- 1) bei der Beurteilung des Konzeptes "Gestank" die Worte "niederdrückend", "abgestanden", "missmutig", "unharmonisch", "hässlich" und "unangenehm" verwendet und
- 2) bei der Beurteilung des Konzeptes "Duft" die Worte "erhebend", "frisch", "vergnügt", "harmonisch", "schön" und "angenehm" verwendet.

Weicht ein Proband von dieser Vorgabe mehr als einmal ab, so wurde er nicht in die Auswertung einbezogen.

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung gingen aus diesen Gründen die Profile von insgesamt 7 Probanden nicht mit in die Auswertung ein. Da für die Geruchsqualitäten "Pferd" nur sechs und für die "Mist" nur 12 Profile vorlagen, wurden diese bei der Darstellung und Korrelationsberechnung nicht weiter berücksichtigt.

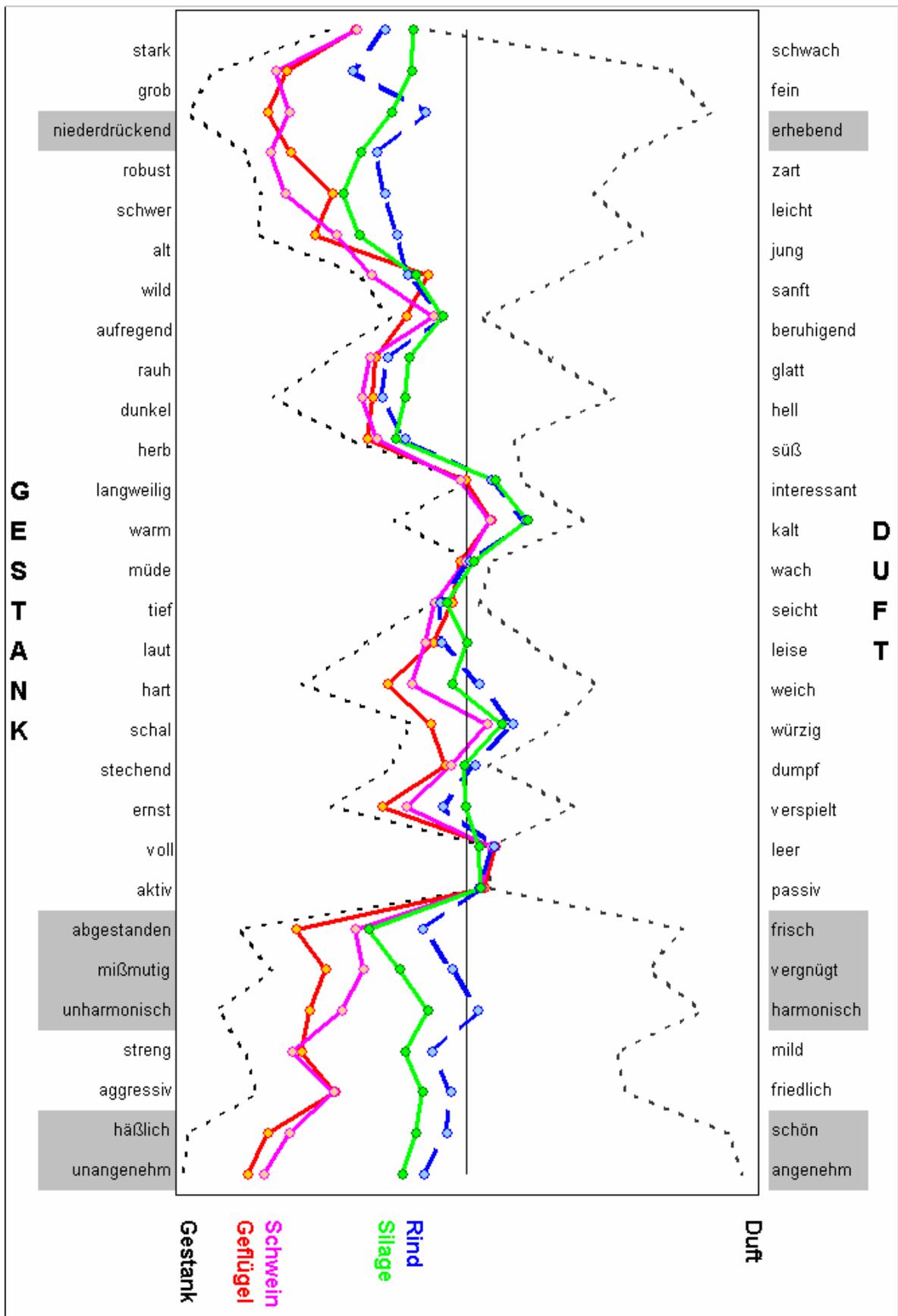


Abb. 3: Darstellung der Polaritätenprofile für die Geruchsqualitäten "Geflügel", "Schwein", "Rind" und "Silage" im Vergleich zu den Konzepten "Duft" und "Gestank"

In Abbildung 3 ist die Bewertung der Konzepte "Duft" und "Gestank" durch eine repräsentativ große Anzahl (N = 90) von Profilen als gestrichelte Linie zu sehen. Anhand der Korrelationskoeffizienten in Tabelle 3 erkennt man, dass die landwirtschaftlichen Geruchsqualitäten "Geflügel", "Schwein" und "Silage" eine stark ausgeprägte Ähnlichkeit mit dem Konzept "Gestank" aufweisen. Demgegenüber besteht ein ebenfalls starker, negativer Zusammenhang mit dem Konzept "Duft". Die Korrelationskoeffizienten sind auf dem 5%-Niveau signifikant. Eine Ähnlichkeit zwischen "Rind" und dem Konzept "Gestank" ist ebenfalls vorhanden, jedoch nicht ganz so stark ausgeprägt. Die Unähnlichkeit mit dem Konzept "Duft" ist dagegen nicht signifikant.

Tab. 3: Korrelation der Geruchsqualitäten "Geflügel", "Schwein", "Rind" und "Silage" mit den Konzepten "Duft" und "Gestank"

Geruchsqualitäten	Gestank		Duft	
	r	p	r	P
Geflügel	0,96	0.001	-0,81	0.001
Schwein	0,92	0.001	-0,72	0.001
Rind	0,54	0.002	-0,21	0.28
Silage	0,74	0.001	-0,49	0.007

Alle vorgenannten Geruchsqualitäten werden von den Probanden als eindeutig unangenehm beschrieben. Ein Unterschied zwischen den Geflügel- und den Schweinegerüchen ist nicht zu erkennen. Die Rindergerüche werden demgegenüber als weniger unangenehm eingestuft.

3.2 **Belastungsmessung**

Bei den Belastungsmessungen wurde neben der Geruchshäufigkeit in Prozent auch die Geruchsintensität und die hedonische Geruchswirkung (angenehm-unangenehm Qualität) erfasst.

Die elf Untersuchungsgebiete umfassen insgesamt 241 Beurteilungsflächen mit 437 Messpunkten und 10 Einzelmesspunkten (Tabelle 4). Die genaue Lage der Tierhaltungsbetriebe und der Messpunkte in den Untersuchungsgebieten sind den entsprechenden Teilen der Messberichte zu den Rastermessungen zu entnehmen.

Tab. 4: Zeitraum der Rastermessungen, Stichprobenumfang der Messungen, Anzahl der Beurteilungsflächen, Messpunkte und Einzelmesspunkte

Untersuchungsgebiet	Zeitraum	Stichprobenumfang	Beurteilungsflächen	Messpunkte*	Einzelmesspunkte
NW-1-Rind	04.02.2003 12.10.2003	104	32	47	
NW-2-Geflügel	10.02.2004 13.09.2004	104	26	40	
NW-3-Rind	14.02.2005 04.09.2005	104	21	37	2
BW-Hohenlohe 1-Schwein	26.05.2003 13.09.2004	117	23	46	
BW-Hohenlohe 2-Schwein	27.05.2003 14.09.2004	117	26	48	
BW-Ostalb-Schwein	08.08.2003 25.10.2004	108	23	40	
BW-Enzkreis-Schwein	09.08.2003 26.10.2004	106	24	45	
NI-1-Geflügel	03.02.2003 28.08.2003	104	40	78	
NI-2-Schwein	09.02.2005 03.09.2005	104	14	26	1
MV-Schwein	09.02.2005 03.09.2005	104	3	8	5
SN-Rind	01.10.2003 28.09.2004	104	9	22	2
Gesamt			241	437	10

* ohne Einzelmesspunkte

In der beigegefügten Tabelle (siehe CD-Rom) sind für jeden Projektstandort die Originaldaten aller Einzelmessungen enthalten. Zusätzlich sind die Tabellen mit den Ergebnissen weiterführender Auswertungen zur Aufsummierung der Geruchsstunden sowie zur Berechnung der relativen Geruchshäufigkeit und der durchschnittlichen Intensitäts- und Hedonikbewertung pro Messpunkt und pro Beurteilungsfläche enthalten.

2.2.1. Geruchshäufigkeit

Die Ermittlung der Geruchshäufigkeit erfolgt entsprechend GIRL und VDI 3940 Bl. 1-E (2003). Bei einem Geruchszeitanteil von 10%, d.h. bei sechs oder mehr Takten mit Geruch je Messzeitintervall wurde die Einzelmessung als Geruchsstunde gewertet. Durch Addition der Geruchsstunden an den vier Messpunkten (Eckpunkte) einer Beurteilungsfläche wird die Anzahl der Geruchsstunden je Beurteilungsfläche be-

stimmt. Die Berechnung der Geruchsbelastung je Beurteilungsfläche ergibt sich aus dem Verhältnis der Anzahl der Geruchsstunden zum Stichprobenumfang. Durch Multiplikation mit 100 ergibt sich die Geruchsbelastung als Geruchshäufigkeit in Prozent der Jahresstunden.

Bei der Definition der Geruchsbelastungsmaße für die weitergehenden statistischen Auswertungen wird die Geruchshäufigkeit (%) betrachtet und unterschiedliche Geruchsqualitäten werden miteinander kombiniert (Tabelle 5). Es ergeben sich acht Belastungsmaße.

Tab. 5: Definition von Geruchsbelastungsmaßen als Kombination unterschiedlicher Geruchsqualitäten

	Geflügel	Schwein	Rind	Pferd	Gülle	Mist	Silage
1. Geflügel (Pute, Ente, Huhn)	x						
2. Schwein		x					
3. Rind			x				
4. Landwirtschaftliche Gerüche	x	x	x	x	x	x	x
5. Gerüche nach GIRL	x	x	x	x			x
6. Tierhaltungsgerüche-0	x	x	x	x			
7. Tierhaltungsgerüche-1	x	x	x	x		x	
8. Tierhaltungsgerüche-2	x	x	x	x			x
9. Tierhaltungsgerüche-3	x	x	x	x		x	x
10. Geflügel & Schwein	x	x					
11. Geflügel & Schwein mit Gülle & Mist	x	x			x	x	

In Tabelle 6 werden die maximale und die minimale Geruchsbelastung (% Geruchshäufigkeit) für jedes der elf Untersuchungsgebiete, getrennt für verschiedene Belastungsmaße dargestellt. Auf fast allen Beurteilungsflächen konnten landwirtschaftliche Gerüche festgestellt werden. Es ist zu erkennen, dass jedes der ausgewählten Untersuchungsgebiete durch die Geruchsqualität einer Tierart dominant beaufschlagt wird. Die höchsten Geruchsbelastungen wurden im Zusammenhang mit Schweinegerüchen in den Untersuchungsgebieten in Baden-Württemberg

und die niedrigsten im Zusammenhang mit Geflügelgerüchen in den Untersuchungsgebieten NW-2 und NI-1 gefunden.

Tab. 6: Belastung durch landwirtschaftliche Gerüche, minimale und maximale Geruchshäufigkeiten (%) für verschiedene Belastungsmaße

Untersuchungsgebiet		Gerüche nach GIRL *	landw. Gerüche **	Tierhaltungsgerüche-0 ***	Geflügel ****	Schwein	Rind
NW-1-Rind	Min	16	6	3	0	0	3
	Max	39	32	27	0	8	21
NW-2-Geflügel	Min	4	5	1	1	0	0
	Max	18	17	15	14	2	0
NW-3-Rind	Min	1	3	1	0	0	1
	Max	35	38	21	0	4	20
BW-Hohenlohe 1- Schwein	Min	3	3	2	0	1	0
	Max	39	41	38	10	35	3
BW-Hohenlohe 2- Schwein	Min	6	3	2	0	2	0
	Max	45	45	43	0	42	3
BW-Ostalb-Schwein	Min	23	25	19	0	15	0
	Max	80	81	78	0	70	24
BW-Enzkreis-Schwein	Min	0	0	0	0	0	0
	Max	32	34	32	0	32	2
NI-1-Geflügel	Min	5	6	2	2	0	0
	Max	21	20	17	14	6	1
NI-2-Schwein	Min	13	4	2	0	2	0
	Max	20	13	10	7	5	3
MV-Schwein	Min	18	9	8	0	3	0
	Max	40	38	36	5	36	19
SN-Rind	Min	11	4	4	0	0	4
	Max	26	25	21	0	0	21

* Geflügel, Schwein, Rind, Pferd, Silage, andere landwirtschaftliche Anlagengerüche, andere Firmengerüche

** Geflügel, Schwein, Rind, Pferd, Gülle, Mist, Silage

*** Geflügel Schwein, Rind, Pferd

**** Pute, Ente, Huhn

3.2.2. Intensität

Mit Hilfe der Intensitätsskala (VDI 3882, Bl. 1) mit den Intensitätsstufen von "sehr schwach" (1) bis "extrem stark" (6) wurde sowohl der stärkste Eindruck als auch der durchschnittliche Eindruck bewertet. Die Intensitätsurteile der einzelnen Probanden wurden nur dann bei der Auswertung berücksichtigt, wenn die jeweilige Einzelmessung als Geruchsstunde gewertet wurde. Für den Vergleich unterschiedlicher Geruchsqualitäten im Hinblick auf die Intensitätsbewertung durch die Probanden wurden arithmetische Mittelwerte berechnet. Auch hier wurden nur die Messungen berücksichtigt, bei denen mindestens 6 Takte mit Geruch pro Messzeitintervall fest-

gestellt wurden. Im Folgenden werden die Ergebnisse für alle 11 Untersuchungsgebiete zusammengenommen dargestellt. In Abbildung 4 sind die Mittelwerte für den durchschnittlichen und in Abbildung 5 für den stärksten Intensitätseindruck zu finden.

Für den durchschnittlichen Eindruck (Abbildung 4) liegen die Bewertungen für alle Geruchsqualitäten im Bereich von "schwach" (2) bis "deutlich" (3). Abweichungen zwischen den Geruchsqualitäten von mehr als einer halben Skaleneinheit liegen im Bereich der "eben merklichen Unterscheidbarkeit" und werden als statistisch bedeutsamer Mittelwertsunterschied gewertet. Somit ist lediglich der Unterschied zwischen Geflügel (2.2) und Silage (2.7) statistisch bedeutsam.

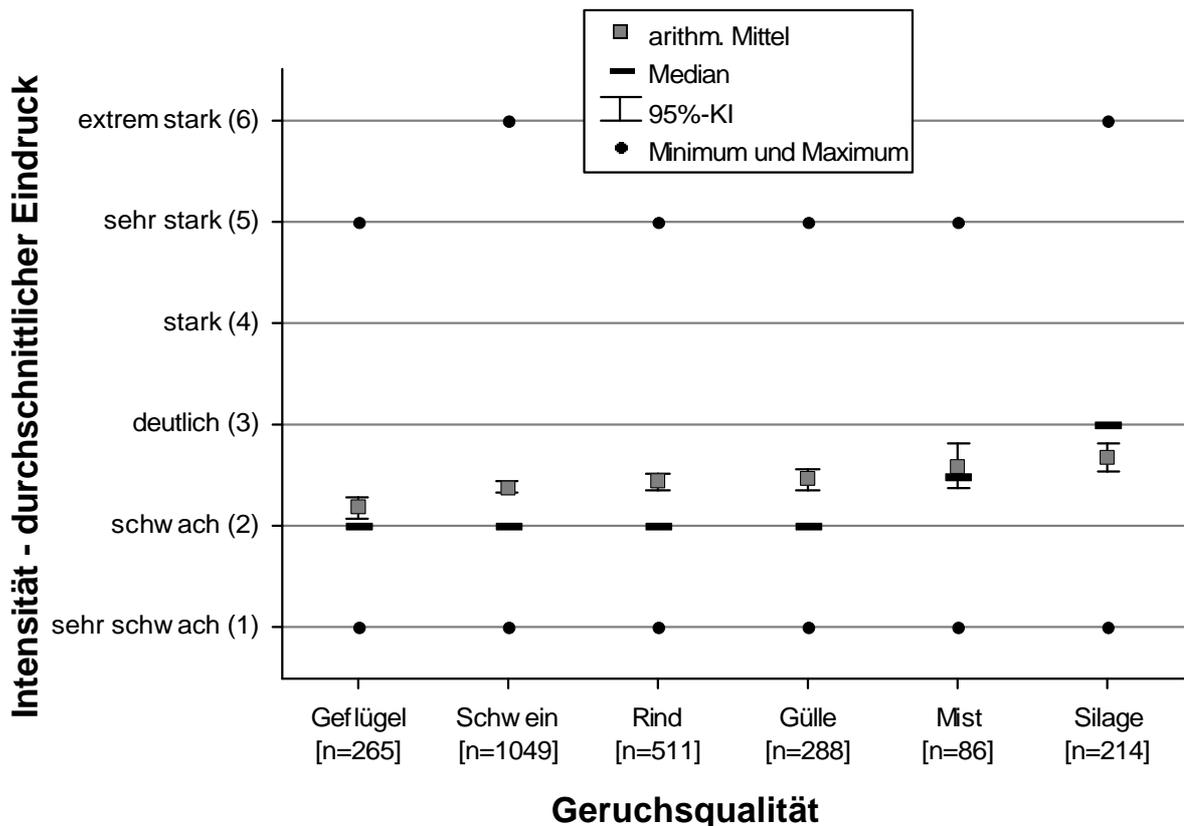


Abb. 4: **Intensität – durchschnittlicher Eindruck:** Darstellung von arithmetischen Mittelwerten mit 95%-Konfidenzintervall, Median und Minimum/Maximum für verschiedene Geruchsqualitäten über alle elf Untersuchungsgebiete

Bei der Bewertung des stärksten Eindrucks (Abbildung 5) liegen alle Intensitätsurteile im Vergleich zur Bewertung des durchschnittlichen Eindrucks um etwa eine halbe Skaleneinheit höher im Bereich von "deutlich" (3). Die Unterschiede zwischen den Geruchsqualitäten sind jedoch nicht mehr statistisch bedeutsam.

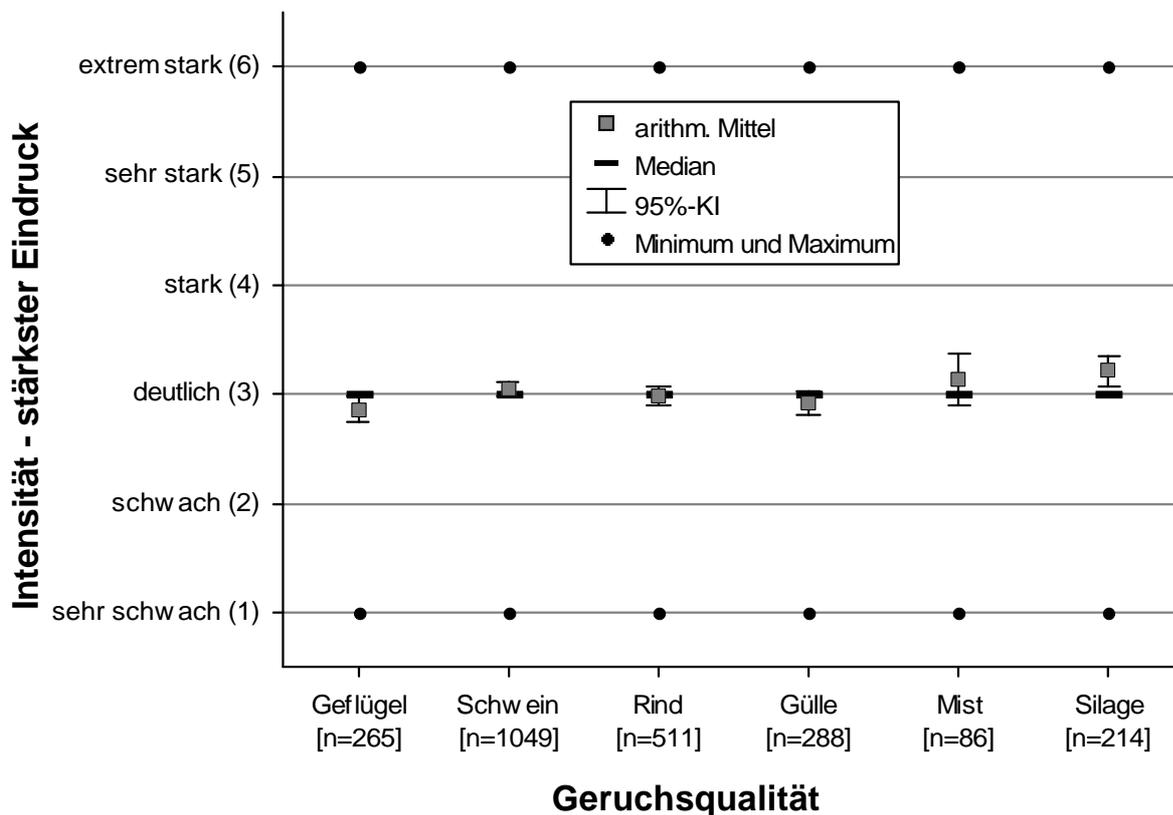


Abb. 5: **Intensität – stärkster Eindruck:** Darstellung von arithmetischen Mittelwerten mit 95%-Konfidenzintervall, Median und Minimum/Maximum für verschiedene Geruchsqualitäten über alle elf Untersuchungsgebiete

3.2.3. Hedonik

Die Hedonikskala (VDI 3882, Bl. 2) mit Werten zwischen "äußerst unangenehm" (-4) über "weder angenehm noch unangenehm" (0) nach "äußerst angenehm" (+4) wurde eingesetzt, um die angenehm-unangenehm Qualität der Gerüche zu beschreiben. Dabei wurde nach dem extremsten Geruchseindruck (angenehmster und unangenehmster Eindruck) und nach dem durchschnittlichen Eindruck gefragt. Die Hedonikurteile der einzelnen Probanden wurden ebenfalls nur dann bei der weiteren Auswertung berücksichtigt, wenn für die jeweilige Einzelmessung eine Geruchsstunde festgestellt wurde. Die Werte von -4 bis +4 wurden für die weitere Datenverarbeitung rekodiert in 1 (äußerst unangenehm) bis 9 (äußerst angenehm).

Für den Vergleich der Geruchsqualitäten im Bezug auf die Hedonikbewertung durch die Probanden wurde der arithmetische Mittelwert aus den Originaldaten (Messungen pro Messzeitintervall) berechnet. Im Folgenden werden die Mittelwerte für die unterschiedlichen Geruchsqualitäten für die elf Untersuchungsgebiete zusammengefasst dargestellt.

In Abbildung 6 sind die Mittelwerte für den durchschnittlichen, in Abbildung 7 für den angenehmsten und in Abbildung 8 für den unangenehmsten Eindruck zu sehen.

Bei der Frage nach dem durchschnittlichen Hedonik-Eindruck (Abbildung 6) wird keine der Geruchsqualitäten als angenehm eingestuft. Die Bewertungen für alle Geruchsqualitäten liegen im Bereich von "eher unangenehm" (4) bis "weder unangenehm noch angenehm" (5). Einen statistisch bedeutsamen Unterschied gibt es zwischen den Geruchsqualitäten "Geflügel" (3.8) und "Rind" (4.5) bzw. "Geflügel" (3.8) und "Silage" (4.8), sowie zwischen "Schwein" (4.0) und "Rind" (4.5). Der Unterschied zwischen "Geflügel (3.8)" und "Schwein (4.0)" ist nicht statistisch bedeutsam. "Silage" (4.8) unterscheidet sich außerdem von den Geruchsqualitäten "Gülle" (4.1) und "Mist" (3.8).

Eine Reihenfolge in der hedonischen Bewertung der Geruchsqualitäten tritt nicht auf. Es kann lediglich festgehalten werden, dass Rinder- und Silagegerüche positiver bewertet werden als die übrigen Gerüche und dass es keinen Unterschied bei der hedonischen Bewertung der Geflügel- und Schweinegerüche gibt.

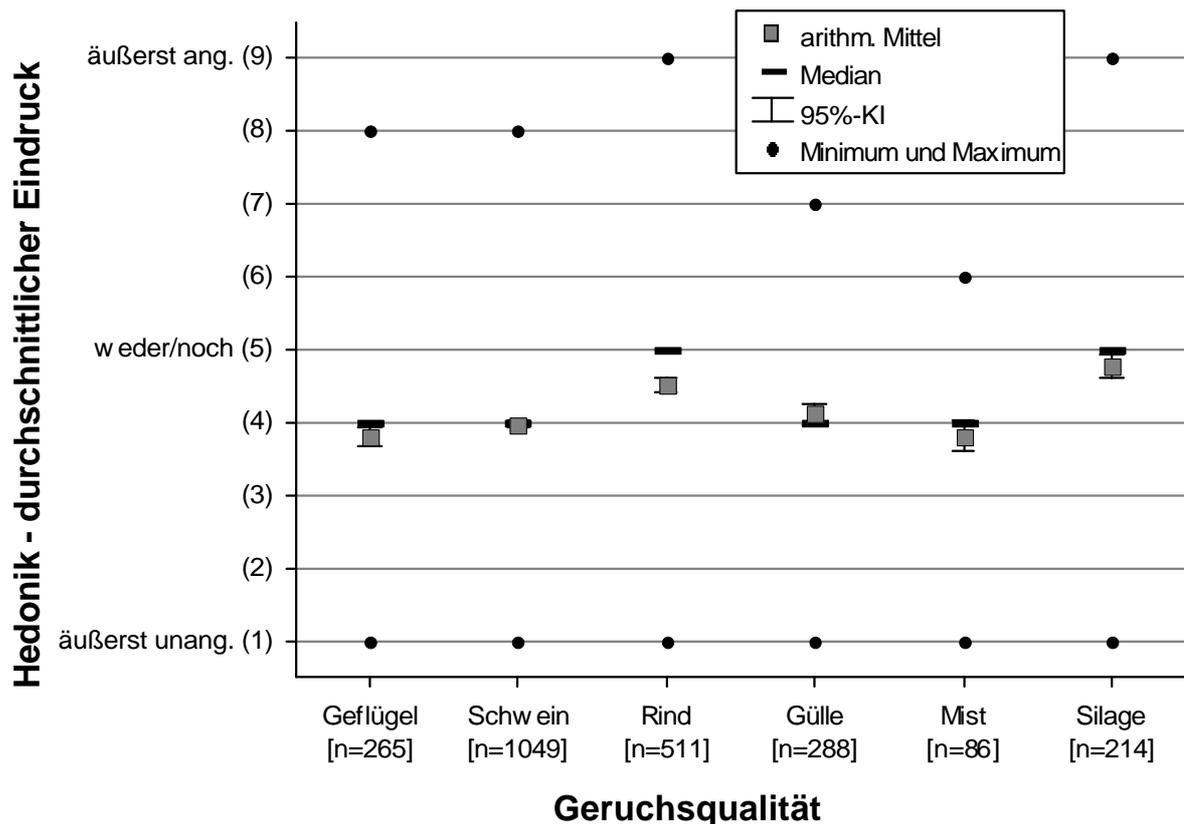


Abb. 6: **Hedonik – durchschnittlicher Eindruck:** Darstellung von arithmetischen Mittelwerten mit 95%-Konfidenzintervall, Median und Minimum/Maximum für verschiedene Geruchsqualitäten über alle elf Untersuchungsgebiete

Bei der Bewertung des angenehmsten Eindrucks (Abbildung 7) zeigt sich, dass alle Werte etwa eine halbe Skaleneinheit höher liegen als bei der Bewertung des durchschnittlichen Eindrucks (Abbildung 6). Die Unterschiede zwischen den Geruchsqualitäten "Geflügel" (4.1) und "Rind" (5.0) bzw. "Geflügel" (4.1) und "Silage" (5.1), sowie zwischen "Schwein" (4.4) und "Rind" (5.0) sind statistisch bedeutsam. Auch hier werden die Rinder- und Silagegerüche positiver bewertet als die übrigen Gerüche und es gibt keinen Unterschied bei der hedonischen Bewertung der Geflügel- und Schweinegerüche ("Geflügel" (4.1) vs. "Schwein" (4.4)).

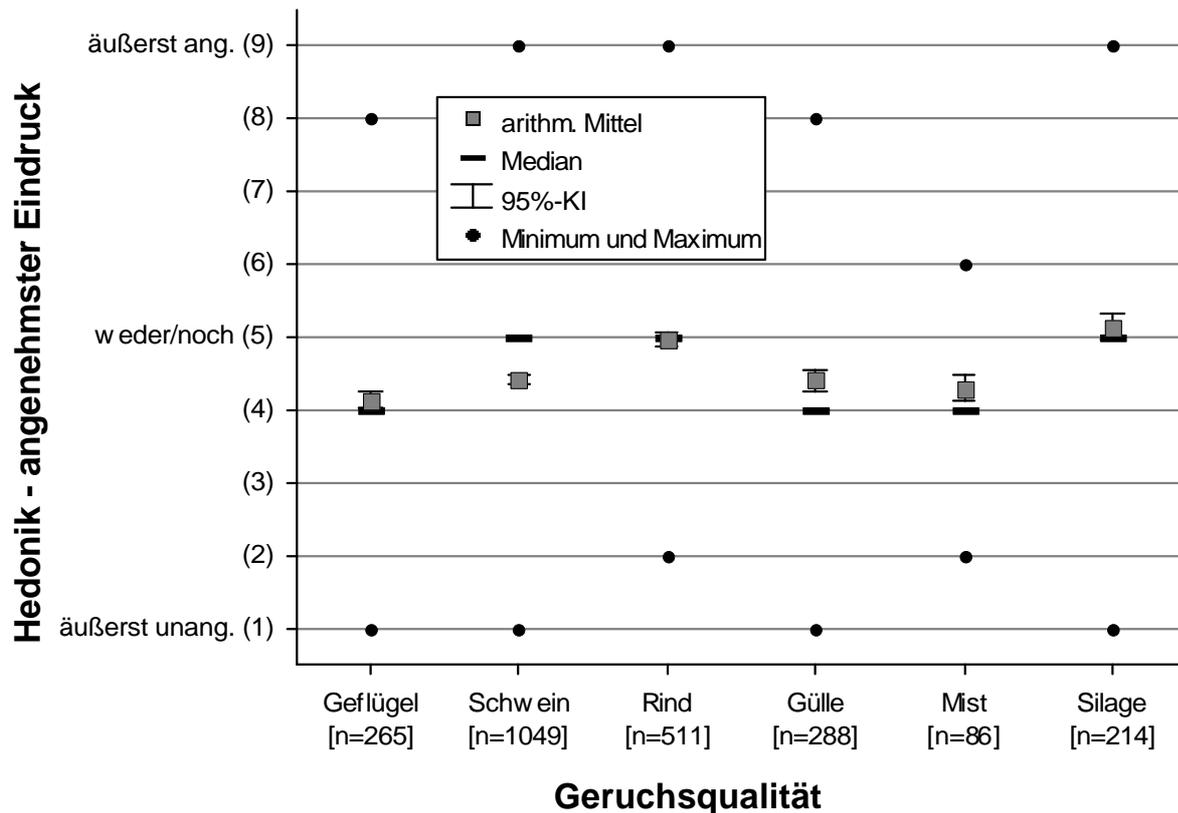


Abb. 7: **Hedonik – angenehmster Eindruck:** Darstellung von arithmetischen Mittelwerten mit 95%-Konfidenzintervall, Median und Minimum/Maximum für verschiedene Geruchsqualitäten über alle elf Untersuchungsgebiete

Bei der Beurteilung des unangenehmsten Eindrucks (Abbildung 8) liegen die Urteile im Schnitt um eine halbe Skaleneinheit niedriger als bei der Bewertung des durchschnittlichen Eindrucks (Abbildung 6). Die Rinder- und Silagegerüche werden als "eher unangenehm" (4) bewertet und die übrigen Gerüche als "unangenehm" (3). Auch hier ist kein Unterschied bei der hedonischen Bewertung der Geflügel- und Schweinegerüche zu finden ("Geflügel (3.2)" vs. "Schwein (3.4)"). Die Unterschiede zwischen den Geruchsqualitäten "Geflügel" (3.2) und "Rind" (4.0) bzw. "Geflügel" (3.2) und "Silage" (4.3), sowie zwischen "Schwein" (3.4) und "Rind" (4.0) sind statistisch bedeutsam.

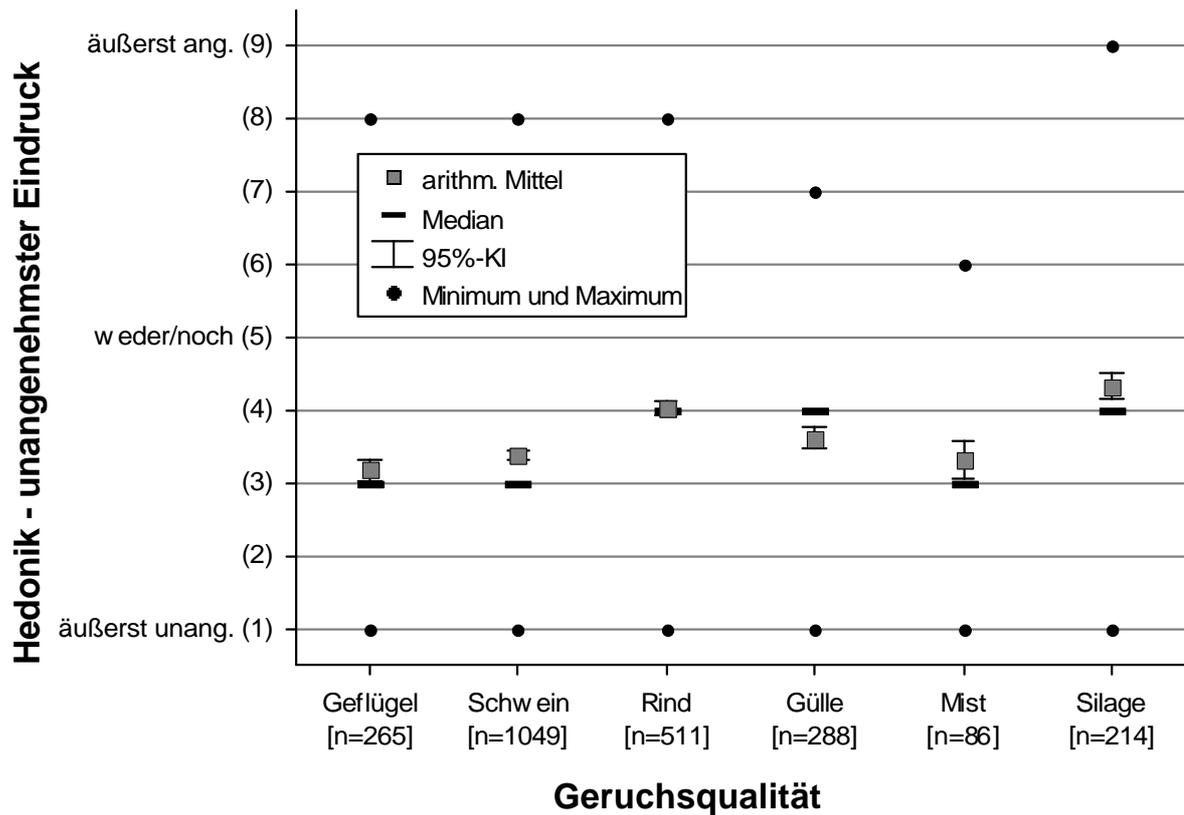


Abb. 8: **Hedonik – unangenehmster Eindruck:** Darstellung von arithmetischen Mittelwerten mit 95%-Konfidenzintervall, Median und Minimum/Maximum für verschiedene Geruchsqualitäten über alle elf Untersuchungsgebiete

Die zusammenfassende Betrachtung der Hedonikurteile für den durchschnittlichen, den angenehmsten und den unangenehmsten Eindruck ergibt, dass sich die Geruchsqualitäten "Geflügel" und "Schwein" nicht statistisch bedeutsam unterscheiden. Im Vergleich zu den übrigen Geruchsqualitäten werden "Rind" und "Silage" als weniger unangenehm bewertet.

3.2.4. Zusammenhänge zwischen Intensität und Hedonik

Die Frage, ob mit einer höheren Intensität der Geruchswahrnehmungen die Gerüche als un- oder angenehmer beurteilt werden, wird mit Hilfe von Korrelationsrechnungen überprüft.

In den Abbildungen 9 und 10 wird der Zusammenhang zwischen Intensität und Hedonik für die Geruchsqualitäten "Geflügel", "Schwein", "Rind" sowie "Gülle", "Mist" und "Silage" dargestellt. Die Geruchsqualität "Pferd" wurde nicht betrachtet, da mit $n = 12$ Urteilen zu wenig Daten vorlagen. Der Zusammenhang zwischen den Intensitäts- und Hedonikurteilen wurde auf der Basis der Rohdaten berechnet.

Dargestellt werden die gemittelten Hedonikurteile für jede Stufe auf der Intensitätskala zusammen mit dem 95%-Konfidenzintervall des Mittelwertes und einer an die Daten angepassten linearen Funktion mit der Gleichung $y = b + a \cdot x$. Bei dieser Auswertung wurde jeweils nur die Bewertung des durchschnittlichen Eindrucks berücksichtigt. Die Angaben zu den extremen Eindrücken liefern im Hinblick auf die Charakterisierung der Geruchsqualitäten keine zusätzlichen, aussagekräftigen Informationen.

In Abbildung 9 ist zu erkennen, dass alle drei Tierhaltungsgerüche (Geflügel, Schwein, Rind) mit steigender Intensität als zunehmend unangenehmer empfunden werden. Dieser Zusammenhang ist jeweils stark ausgeprägt, wie anhand der Korrelationskoeffizienten deutlich wird (Geflügel: $r^2 = 0.15$, $p < 0.001$; Schwein: $r^2 = 0.35$, $p < 0.001$; Rind: $r^2 = 0.12$, $p < 0.001$). Eine absteigende Reihenfolge im Hinblick auf die Unangenehm-Beurteilung der drei Geruchsqualitäten (Rind < Schwein < Geflügel) lässt sich zwar erkennen, jedoch nicht statistisch bestätigen.

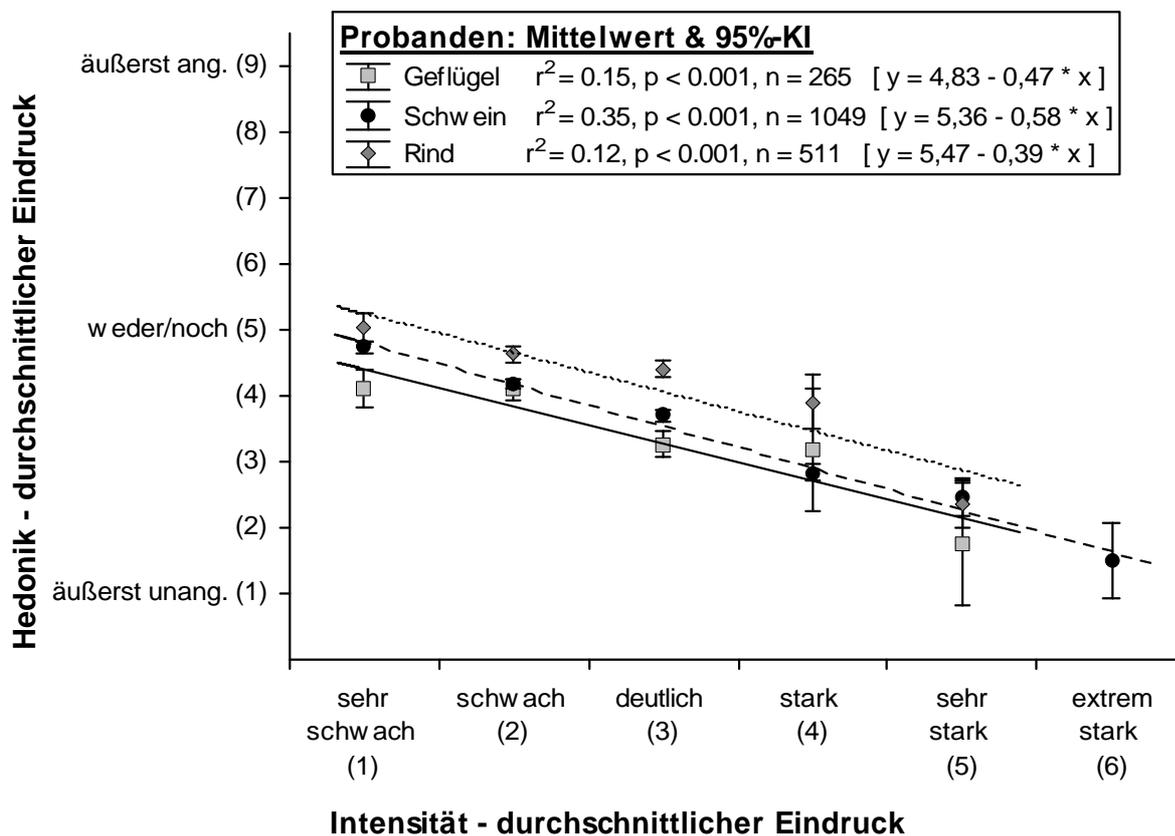


Abb. 9: **Probanden:** Zusammenhang zwischen Intensität und Hedonik für die Geruchsqualitäten "Geflügel", "Schwein" und "Rind" [Mittelwert und 95%-Konfidenzintervall, Korrelation der Rohdaten und Gleichung der Regressionsgeraden]

In Abbildung 10 wird der Zusammenhang zwischen der Beurteilung der Intensität und der Hedonik für die Geruchsqualitäten "Gülle", "Mist" und "Silage" gezeigt. Im Gegensatz zu den übrigen Geruchsqualitäten ist bei den Silagegerüchen der Zusammenhang nicht signifikant (Silage: $r^2 = 0.03$, $p = 0.11$) und die hedonische Bewertung liegt im "neutralen" Bereich. Bei den Geruchsqualitäten "Gülle" und "Mist" ist wiederum eine deutliche Korrelation zu finden, die anzeigt, dass diese mit steigender Intensität als zunehmend unangenehmer empfunden werden (Gülle: $r^2 = 0.25$, $p < 0.001$; Mist: $r^2 = 0.33$, $p < 0.001$).

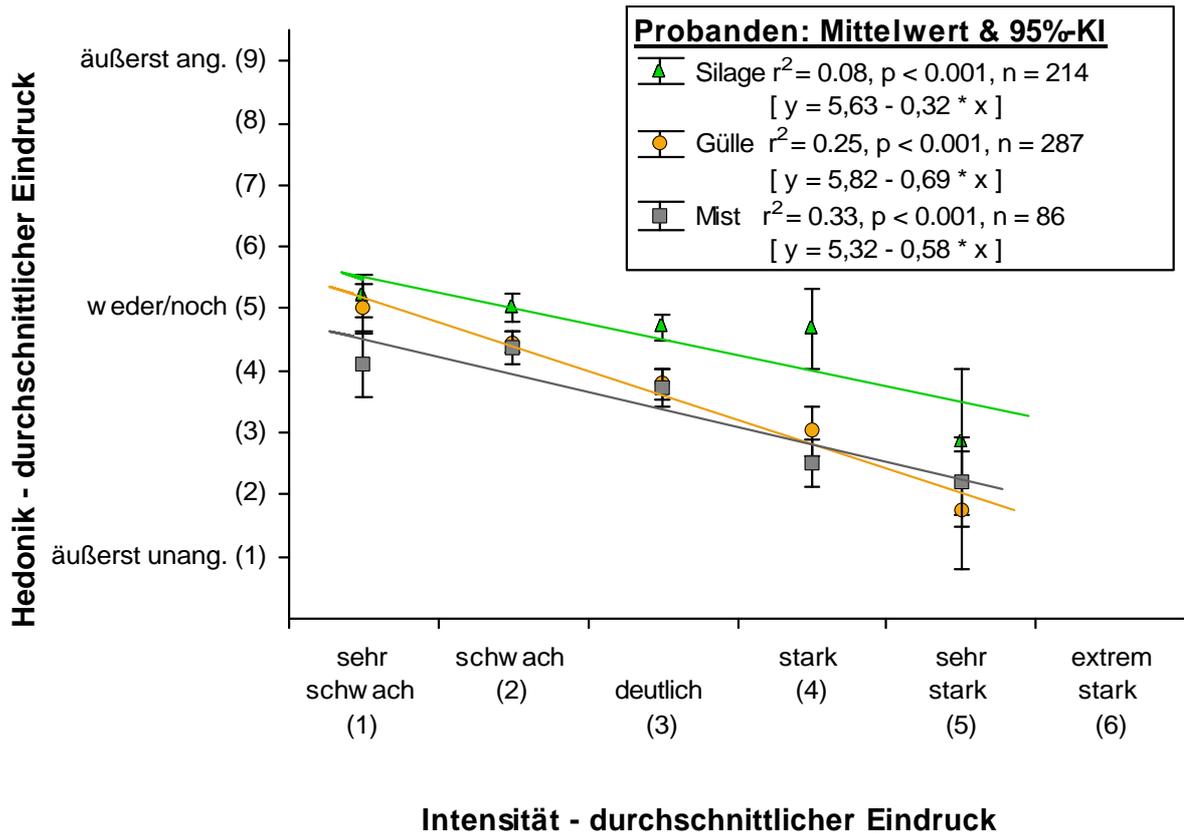


Abb. 10: **Probanden:** Zusammenhang zwischen Intensität und Hedonik für die Geruchsqualitäten "Gülle", "Mist" und "Silage" [Mittelwert und 95%-Konfidenzintervall, Korrelation der Rohdaten und Gleichung der Regressionsgeraden]

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass auf der Basis der Probandenurteile, die während der Rastermessung gewonnen wurden, eine gute Beschreibung der landwirtschaftlichen Gerüche für die unterschiedlichen Geruchsqualitäten anhand der Parameter Intensität und Hedonik möglich ist. Die Beurteilung der hedonischen Qualität bewegt sich zwischen "weder angenehm noch unangenehm" (5) und "sehr unangenehm" (2). In Abhängigkeit von der Steigerung der Intensität ist eine deutlich ausgeprägte Zunahme des "unangenehmen" Eindrucks zu erkennen.

Der negative Zusammenhang zwischen Hedonik und Intensität ist charakteristisch für nicht angenehme Gerüche (Sucker et al., 2003). Inwiefern die Geruchsintensität und die hedonische Geruchswirkung einen Einfluss auf das Ausmaß der Geruchsbelästigung haben, muss im Rahmen von Expositions-Wirkungsanalysen geprüft werden.

3.3 Belästigungsbefragung der Anwohner

3.3.1 Zuverlässigkeit der Befragung

Als Maß für die Zuverlässigkeit der Befragung wird eine Überprüfung der Konsistenz der Antworten zur Belästigung anhand der graphischen Thermometerskala und der Verbalskala herangezogen.

Von insgesamt 1053 Interviews konnten 87 bei der Auswertung nicht berücksichtigt werden, da sich in den Fragebögen eine zu starke Abweichung bei der Beantwortung der beiden Belästigungsskalen (hohe Werte auf der einen, niedrige Werte auf der anderen Skala) zeigte. Bei acht Interviews wurden keine Angaben auf der Thermometerskala gemacht. Weitere acht Interviews mussten ausgeschlossen werden, da eine Streitsituation bzw. Ärger mit dem Landwirt in der Nachbarschaft ($n = 3$), Cannabis- bzw. Alkoholmissbrauch ($n = 2$) oder die Beteiligung an einer Bürgerinitiative gegen einen Geruch verursachenden Betrieb ($n = 3$) vorlag und somit die angegebenen Thermometerwerte nicht zuverlässig der Geruchsbelästigung zugeordnet werden können. Insgesamt wurden 103 Interviews (10%) ausgeschlossen, so dass sich die Zahl der auswertbaren Interviews von 1053 auf 950 verringert. Diese Ausschlussquote ist höher als die Ausschlussquote im Hedonik-Projekt (Sucker et al., 2003), die bei 3% lag. Dies liegt vermutlich an den schwierigen Erhebungsbedingungen in den ländlich geprägten und schwach besiedelten Wohngebieten, wie aus den Feldberichten den Interviewer (Anhang D.3) geschlossen werden kann. Vor diesem Hintergrund kann die Qualität der Befragung als hoch angesehen werden.

Die Höhe der Korrelation zwischen den beiden Belästigungsskalen (Abbildung 11) zeigt, dass die Verbalskala und die Thermometerskala inhaltlich denselben Sachverhalt beschreiben. In die Berechnungen gingen die Daten von 950 Anwohnern ein, von denen 132 landwirtschaftliche Gerüche wahrnahmen und entsprechende Angaben machen konnten. Der Zusammenhang mit der Verbalskala auf der x-Achse und der Thermometerskala auf der y-Achse ist signifikant ($r^2 = 0.92$). Damit ist er höher als in vergleichbaren Untersuchungen ($r^2 = 0.88$, $N = 1408$; Sucker et al., 2003; $r^2 = 0.69$, $N = 1535$; Steinheider & Winneke, 1993) und somit als zufrieden stellend und hinreichend einzustufen. Die Kategorie "mittelmäßig belästigt" auf der Verbalskala entspricht etwa dem Wert 6 auf der Thermometerskala, die Kategorie "stark belästigt" etwa dem Wert 8.

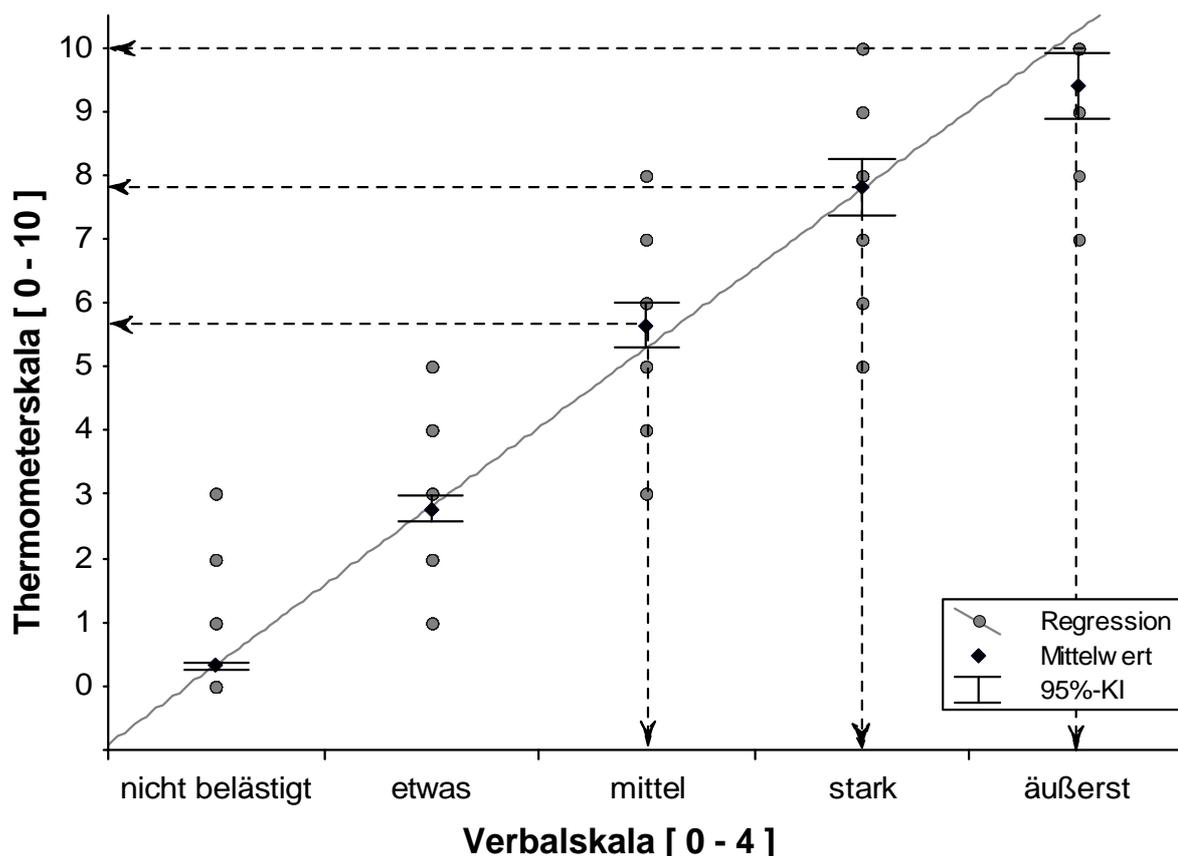


Abb. 11: Korrelation ($r^2 = 0.92$; $N = 950$) der Anwohnerangaben auf dem Belästigungsthermometer und der verbalen Belästigungsskala; Darstellung der Mittelwerte mit ihrem 95%-Konfidenzintervall und der Originalwerte mit der zugehörigen Regressionsgeraden [$y = 2,48x + 0,33$]

3.3.2 Zuverlässigkeit der Intensität- und Hedonikurteile

Die Zuverlässigkeit der Intensitäts- und Hedonikbewertung wurde mit Hilfe der Angaben zu den maximalen Eindrücken geprüft. Beim Umgang mit den Intensitätsskalen ist zu beachten, dass der durchschnittliche Intensitätseindruck nur gleich groß oder geringer und niemals stärker sein kann als der stärkste Intensitätseindruck. Beim Umgang mit der Hedonikskala sollte entsprechend der mittlere Eindruck nicht negativer als der unangenehmste Eindruck und nicht positiver als der angenehmste Eindruck sein. Kein Anwohner machte bei Verwendung dieser Skalen einen Fehler. Somit sind die Intensitäts- und Hedonikurteile als in sich konsistent und zuverlässig anzusehen.

3.3.3 Soziodemographische Merkmale der Stichprobe

Da nicht immer alle befragten Anwohner Angaben zu allen soziodemographischen Fragen machten, beziehen sich die hier dargestellten Stichprobenmerkmale nicht immer auf die gesamte Stichprobengröße von $N = 950$ Personen. Die Anwohner

waren zwischen 18 und 93 Jahre alt, mit einem Mittel von 51 Jahren. Der Median lag bei 49 Jahren, das 95%-Konfidenzintervall zwischen 50,3 und 52,2 Jahren. Unter den Befragten waren 45% Männer und 55% Frauen. Ein Drittel der Befragten (39%) war verheiratet und lebte mit dem Partner und einem oder mehreren Kindern unter 18 Jahren zusammen in einem Haushalt. Von den Anwohnern in dieser Stichprobe hatten 42% Haus- oder Nutztiere in nicht gewerblicher Haltung. Im Hinblick auf die Schulbildung zeigte sich ein ausgewogenes Verhältnis von Befragten mit Hauptschulabschluss (39%), mit Realschulabschluss (35%) oder mit einer höheren Schulbildung, wie Abitur, Fachhochschule oder Studium (26%). Nur die Hälfte (52%) der Anwohner machte Angaben zu Ihrem monatlichen Netto-Einkommen. Von diesen lagen 35% in der Einkommensklasse von unter 1000 €, 34% verdienten zwischen 1000 bis 2000 €, 20% verdienten zwischen 2000 bis 3000 € und 10% über 3000 €. Die Mehrzahl der Befragten wohnte im Eigentum (83%) bzw. in einem Einfamilienhaus (65%). Dies entspricht der hauptsächlichen Wohnstruktur in den überwiegend von Landwirtschaft geprägten Untersuchungsgebieten.

3.3.4 Geruchsbelastung und Anzahl der befragten Anwohner

Zunächst wird in Tabelle 7 ein Überblick über die Anzahl auswertbarer Interviews pro Untersuchungsgebiet bzw. Belastungszone gegeben. Die drei bis vier Zonen wurden anhand der Belastung durch Gerüche aus der Landwirtschaft (% Geruchshäufigkeit; Geflügel, Schwein, Rind, Pferd, Gülle, Mist, Silage) gebildet. Sie entsprechen nicht den Belastungszonen, die für die Auswahl der Befragungsgebiete vor Beginn der Belästigungsbefragungen definiert wurden. Sie dienen an dieser Stelle lediglich dazu, einen Überblick über die Verteilung der Stichprobe im Verhältnis zur Geruchsbelastung zu geben.

Insgesamt gesehen wurden in der Belastungszone-1 die meisten und in Zone-4 die wenigsten Interviews erhoben. Die Hälfte der Befragten wohnte in Gebieten, in denen die Geruchsbelastung bei maximal 10% Geruchshäufigkeit liegt. Besonders schwierig war es, Wohngebiete mit einer hohen Geruchsbelastung in der Nähe von Geflügelhaltungsanlagen zu finden.

Aufgrund der dünn besiedelten ländlichen Gebiete konnte in Sachsen und in Mecklenburg-Vorpommern nur eine geringe Anzahl von Interviews realisiert werden. Weitere Informationen zu den Bedingungen, die während der Durchführung der Belästigungsbefragung vorherrschten, sind den entsprechenden Feldberichten zu entnehmen (Anhang D.3).

Tab. 7: Zahl der auswertbaren Interviews pro Belastungszone, getrennt für die Untersuchungsgebiete und Gesamt

Untersuchungs- gebiet	Zone 1 0 - 10%	Zone 2 11% - 20%	Zone 3 21% - 30%	Zone 4 = 31% -	Gesamt
NW-1-Rind	34	45	51	2	132
NW-2-Geflügel	90	75	-	-	165
NW-3-Rind	61	16	15	3	95
BW-Hohenlohe 1- Schwein	25	3	9	7	44
BW-Hohenlohe 2- Schwein	23	23	18	16	80
BW-Ostalb- Schwein	-	-	-	40	40
BW-Enzkreis- Schwein	67	13	4	14	98
NI-1-Geflügel	65	45	-	-	110
NI-2-Schwein	49	68	-	-	117
MV-Schwein	21	17	2	-	40
SN-Rind	11	5	10	3	29
Gesamt	446 47%	310 33%	109 11%	85 9%	950

3.3.5 Wahrnehmung von Gerüchen durch die Anwohner

In Abbildung 12 wird anhand eines Säulendiagramms dargestellt, wie viele Anwohner landwirtschaftliche Gerüche vor dem Hintergrund weiterer im Wohngebiet erkennbarer Gerüche wahrnehmen.

Als landwirtschaftlicher Geruch wurde ein Geruch dann gewertet, wenn der Anwohner in der Lage war, sowohl bei der Frage nach dem am meisten störenden Geruch die für die landwirtschaftlichen Gerüche typische Beschreibung zu geben (z.B. Gülle, Mist, Jauche, Silage, Stallgeruch), als auch bei der Frage nach dem Hauptverursacher die Landwirtschaft (z.B. Tierhaltung, Schweinestall, Bauernhof. etc.) zu benennen. Die Antworten auf die Frage nach weiteren, jedoch nicht so stark wie die des Hauptverursachers störenden Gerüchen wurden nicht ausgewertet, so dass pro Anwohner maximal eine Geruchswahrnehmung berücksichtigt wurde.

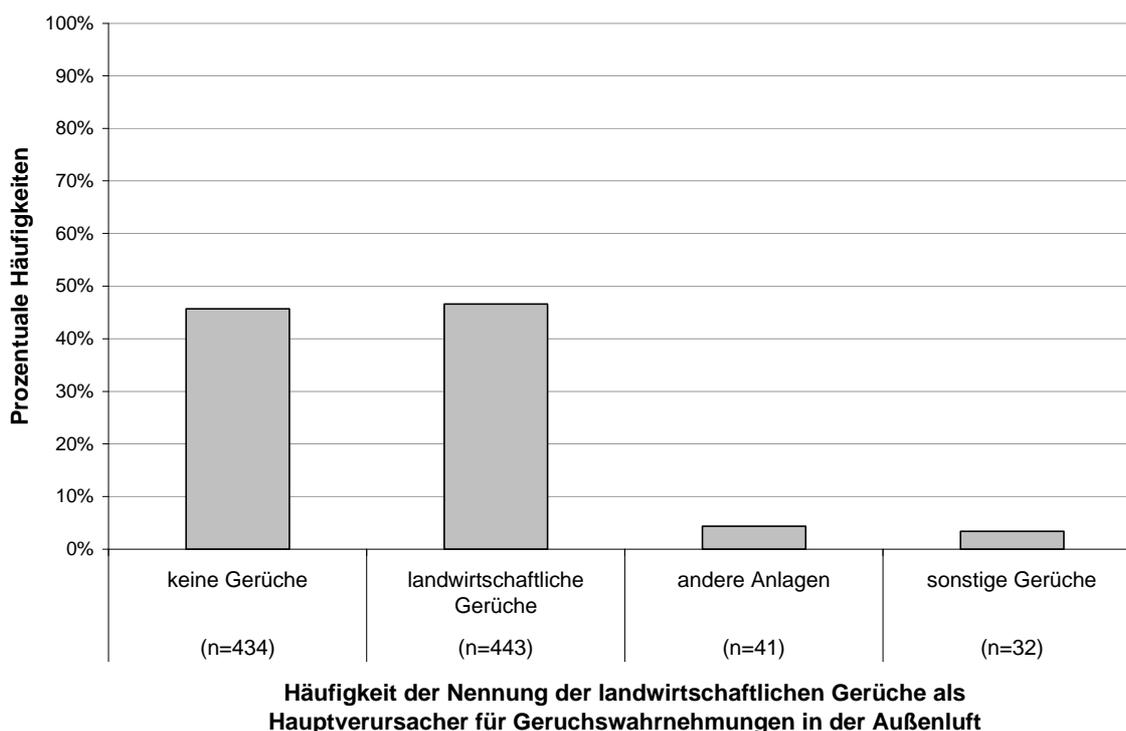


Abb. 12: Häufigkeit der Nennung landwirtschaftlicher und anderer Gerüche als Hauptverursacher für Geruchswahrnehmungen in der Außenluft (N = 950)

In Übereinstimmung mit den Ergebnissen der Rastermessungen werden auch in der Wahrnehmung der Anwohner alle elf Untersuchungsgebiete von landwirtschaftlichen Gerüchen geprägt. Fast die Hälfte der befragten Anwohner (47%), benennen landwirtschaftliche Gerüche als den am meisten störenden Geruch und die Landwirtschaft als Hauptverursacher. Ein deutlich kleinerer Teil der Anwohner (4%) schreibt die erkennbaren Gerüche anderen Anlagen (Farbtafelhersteller, Kläranlage, Mülldeponie, Saftfabrik, Tierkörperverwertungsanlage, Wäscherei, Verkehr, etc.) zu.

Dies deckt sich auch mit den Angaben der Probanden zu den anderen Anlagengerüchen. Unter "sonstige Gerüche" wurden Hintergrundgerüche aus der Nachbarschaft, verursacht durch z.B. den Hausbrand, den Komposthaufen oder die Mülltonne zusammengefasst.

Im Vergleich zum Hedonik-Projekt stellen in der vorliegenden Untersuchung die zu untersuchenden Anlagengerüche die dominanten Geruchsqualitäten dar. Demgegenüber wurden im Hedonik-Projekt die zu untersuchenden Anlagengerüche (Industriegerüche) nur von 24% der Anwohner benannt und mit 35% der Nennungen überwogen andere Geruchsquellen (z.B. Landwirtschaft) als Hauptverursacher für die Geruchsimmissionen.

Bei der Betrachtung der Geruchsbeschreibungen antworteten 242 Anwohner auf die Frage "Wie und wonach riecht es?", dass es nach Gülle, Mist oder Jauche rieche und lediglich 24 Anwohner nannten explizit die Abluft aus einem Geflügel-, Schweine-

oder Rinderstall. Dies zeigt, dass nur wenige Anwohner in der Umgebung von Tierhaltungsanlagen in der Lage sind, bei der Beschreibung ihrer Geruchswahrnehmungen aus der Erinnerung heraus gezielt zwischen verschiedenen Tierarten bzw. der Gülleausbringung oder dem Stallgeruch zu unterscheiden. In der Regel bezeichnen Anwohner ihre Geruchswahrnehmungen als "Güllegeruch" und nennen als Hauptverursacher die "Landwirtschaft". In Abbildung 13 wird noch einmal die Häufigkeit der Antworten dargestellt, bei denen als Hauptverursacher explizit eine Tierart (Geflügel, Schwein, Rind) genannt wird.

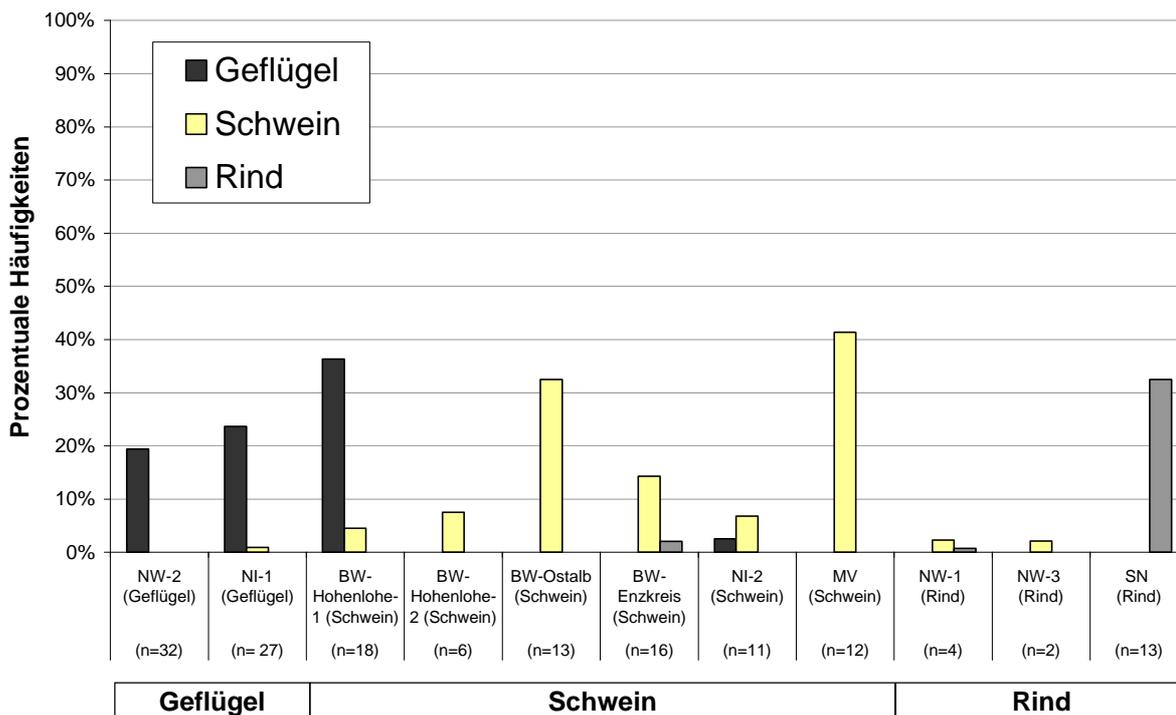


Abb. 13: Häufigkeit der Wahrnehmung von Tierhaltungsgerüchen (Geflügel, Schwein, Rind) (n = 154), getrennt für die elf Untersuchungsgebiete

In den Untersuchungsgebieten BW-Hohenlohe-1 und NI-2, an denen deutlich höhere Geruchshäufigkeiten für die Geruchsqualität "Schwein" als für "Geflügel" gefunden werden, wird von Anwohnern häufig die Wahrnehmung von Geflügelgerüchen genannt. Dies spricht für eine besondere Wahrnehmung der Geflügelgerüche durch die Anwohner. Demgegenüber steht die unerwartet seltene Nennung von Gerüchen aus der Rinderhaltung. Dies gilt vor allem für die Untersuchungsgebiete NW-1 und NW-3, die hauptsächlich mit Gerüchen aus der Rinderhaltung beaufschlagt werden.

Da die Messung der Geruchsimmission zur Abschätzung der Belästigungswirkung auf die Anwohner dienen soll, stellt sich die Frage, ob die Geruchssituation von den Anwohnern in einer ähnlichen Art und Weise wahrgenommen wird, wie von den Probanden. Dabei ist zu beachten, dass die Anwohner im Gegensatz zu den Probanden, die Wahrnehmung der Gerüche aus der Erinnerung heraus beurteilen. Daher sind die Aussagen zur Häufigkeit, Intensität und angenehm-unangenehm

Qualität der Gerüche immer auch von anderen Faktoren beeinflusst, wie zum Beispiel von den bisherigen individuellen Erfahrungen mit Gerüchen, der täglichen Aufenthaltsdauer in der Umgebung der Anlage und der persönlichen Einstellung zur Geruchsquelle.

3.3.5.1 Häufigkeit

In Abbildung 14 wird die Häufigkeit der landwirtschaftlichen Geruchswahrnehmungen durch die Anwohner dargestellt.

Die Messwerte werden als Häufigkeitsverteilung dargestellt. Zusätzlich werden die statistischen Maßzahlen Mittelwert, Median und Stichprobengröße angegeben.

Von den 443 Anwohnern, die landwirtschaftlichen Gerüche wahrnehmen und benennen konnten, machten 403 Angaben zur Wahrnehmungshäufigkeit. Die überwiegende Mehrheit dieser Anwohner (84%) gibt an, dass die Gerüche selten (ein- bis dreimal im Monat) auftreten.

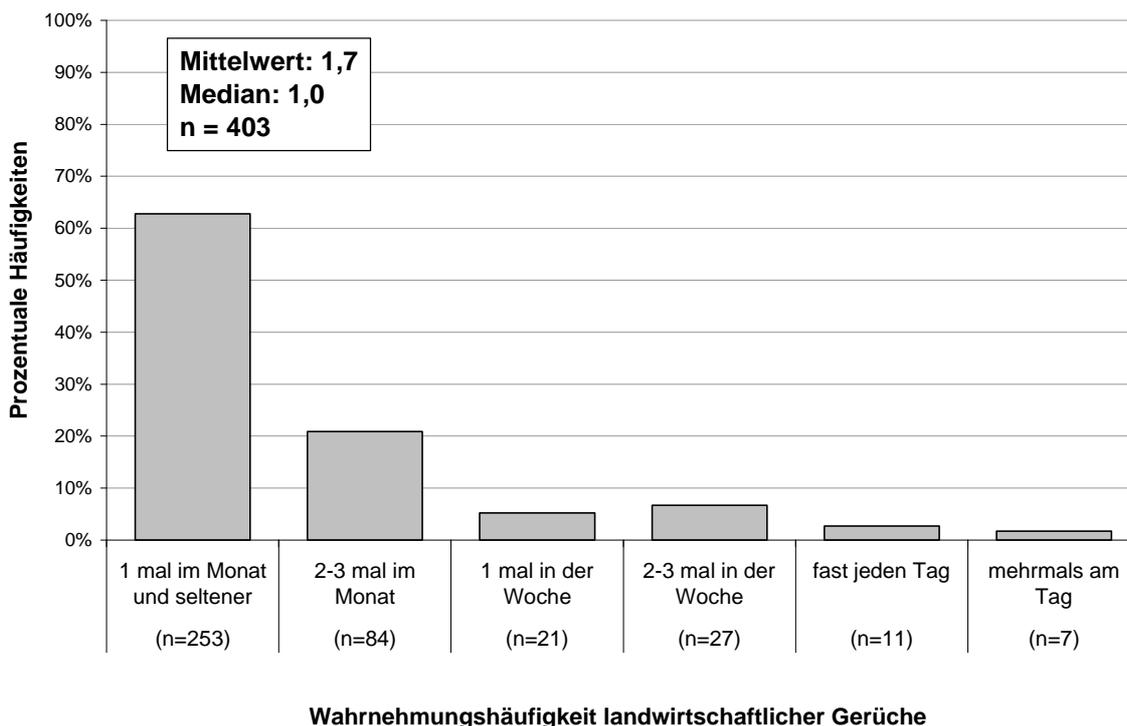


Abb. 14: Häufigkeit der Wahrnehmung landwirtschaftlicher Gerüche

Bei der Betrachtung der Kommentare zu dieser Frage in den Fragebögen zeigt sich, dass ein großer Teil der Anwohner (44%) die Wahrnehmungshäufigkeit der Gerüche in Zusammenhang bringt mit einer bestimmten Wind- oder Wetterlage (z.B. "nur wenn es trocken und heiß ist" (Sommer)). Ein Hinweis auf die eher untergeordnete Bedeutung der Gülleausbringung ergibt sich daraus, dass insgesamt nur 30% der

Anwohner angeben, die landwirtschaftlichen Gerüche seien nur saisonal bedingt wahrnehmbar ("nur im Frühjahr und Herbst", "im Winter nicht").

Die Häufigkeitsangaben der Anwohner sind mit denen der Probanden zur Geruchshäufigkeit nicht vergleichbar. Die Angaben wurden mit Hilfe von unterschiedlichen Messverfahren gewonnen (Befragung vs. Rastermessung) und haben einen unterschiedlichen räumlichen und zeitlichen Bezug. Die Probanden beurteilen einen aktuellen Geruchsreiz vor Ort, die Anwohner machen ihre Angaben aus der Erinnerung heraus während des Interviews zu Hause.

3.3.5.2 Intensität

In Abbildung 15 ist die Bewertung der Intensität durch die Anwohner, die landwirtschaftliche Gerüche wahrnehmen und benennen können und hierzu Angaben gemacht haben (durchschnittlicher Eindruck: n = 408 bzw. stärkster Eindruck: n = 429), dargestellt. Die Messwerte werden als Häufigkeitsverteilung dargestellt. Zusätzlich werden die statistischen Maßzahlen Mittelwert, Median und Stichprobengröße angegeben. Die Angaben in Klammern beziehen sich auf den jeweiligen Zahlenwert der Intensitätsskala nach VDI 3882 Blatt 1.

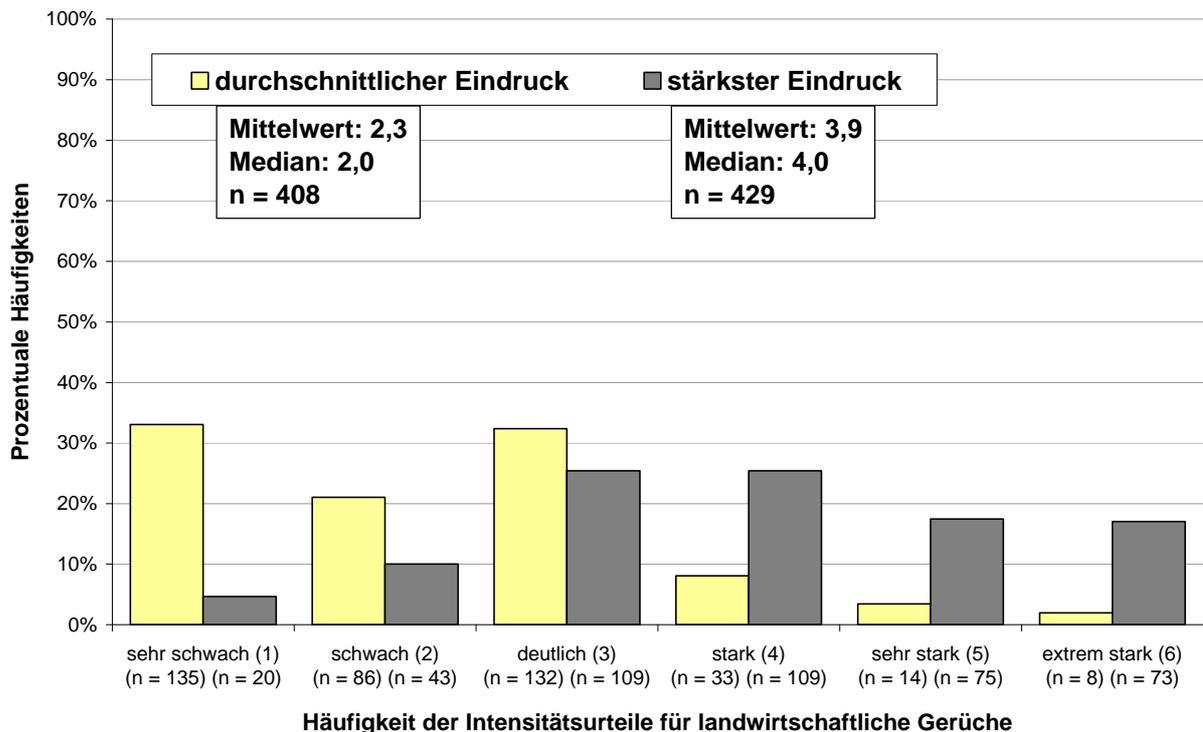


Abb. 15: Häufigkeit der Intensitätsurteile – durchschnittlicher Eindruck

Bei der Frage nach dem durchschnittlichen Eindruck werden die landwirtschaftlichen Gerüche von einem Drittel der Anwohner als "sehr schwach" (1) beurteilt (33%). Die Mehrzahl (53%) stuft die Gerüche als "schwach" (2) bis "deutlich" (3) ein. Nur wenige Anwohner (13%) beurteilen die Gerüche als "stark" (4) bis "extrem stark" (6).

Bei der Frage nach dem stärksten Eindruck werden die Gerüche von der Hälfte der Anwohner (50%) als "deutlich" (3) oder "stark" (4) bzw. von ca. einem Drittel (34%) auch als "sehr stark" (5) bis "extrem stark" (6) bezeichnet.

3.3.5.3 Hedonik

In Abbildung 16 und 17 wird die Bewertung der hedonischen Geruchsqualität durch die Anwohner, die landwirtschaftliche Gerüche wahrnehmen und benennen können und hierzu Angaben gemacht haben (durchschnittlicher Eindruck: n = 421, unangenehmster Eindruck: n = 415, angenehmster Eindruck: n = 354), dargestellt. Die Messwerte werden als Häufigkeitsverteilung dargestellt. Zusätzlich werden die statistischen Maßzahlen Mittelwert, Median und Stichprobengröße angegeben. Die Angaben in Klammern beziehen sich auf den jeweiligen Zahlenwert der Hedonikskala nach VDI 3882 Blatt 2.

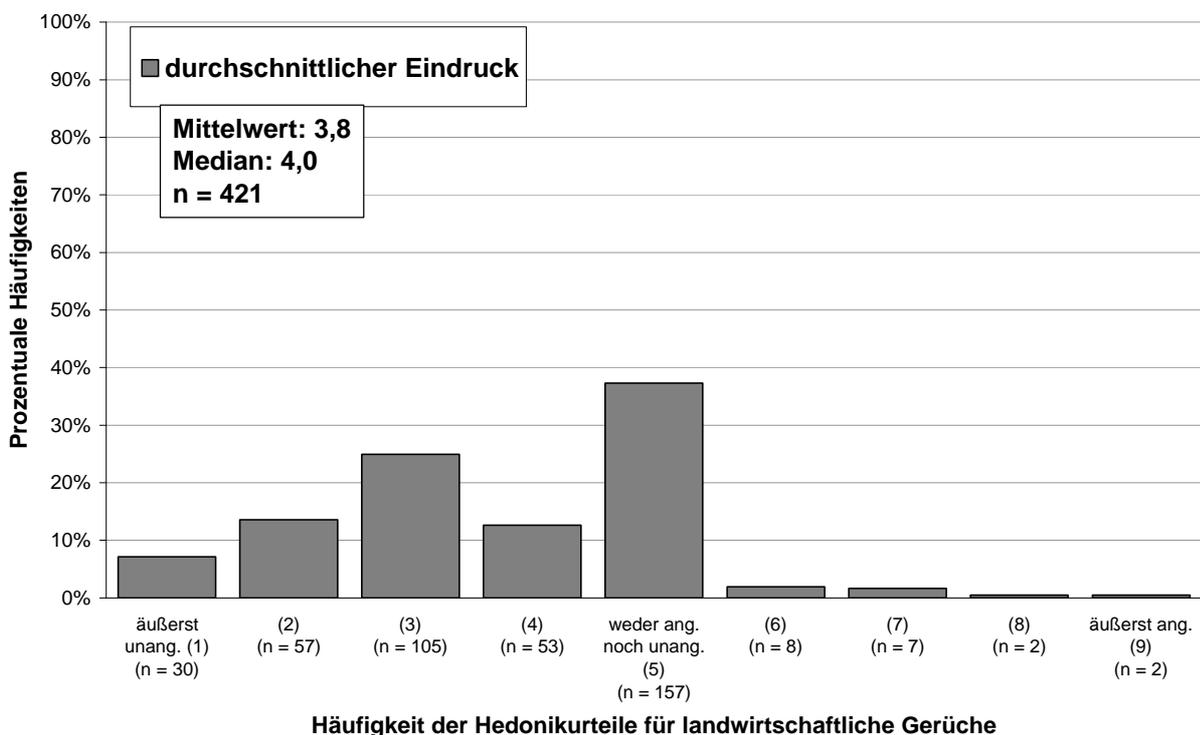


Abb. 16: Häufigkeit der Hedonikurteile – durchschnittlicher Eindruck

Die landwirtschaftlichen Gerüche werden, wenn man nach dem durchschnittlichen Eindruck fragt, von ca. einem Drittel der Anwohner (37%) als "weder angenehm noch unangenehm" (5) beurteilt. Die Mehrzahl der Anwohner (58%) bewertet die landwirt-

schaftlichen Gerüche als "eher unangenehm" (4) bis "äußerst unangenehm" (1). Nur insgesamt 5% der Anwohner bezeichnen die landwirtschaftlichen Gerüche als "eher angenehm" (6) bis "äußerst angenehm" (9).

Wenn man nach dem unangenehmsten Eindruck fragt, so werden die landwirtschaftlichen Gerüche von der Mehrheit der Anwohnern (82%) als "unangenehm" (3) bis "äußerst unangenehm" (1) eingestuft, nur wenige (18%) bezeichnen sie als "eher unangenehm" (4) bzw. als "weder angenehm noch unangenehm" (5). Keiner der Anwohner wählt bei der Frage nach dem unangenehmsten Eindruck eine Kategorie auf der Angenehm-Seite der Hedonikskala (6 bis 9).

Bei der Frage nach dem angenehmsten Urteil liegen 65% der Antworten bei der Kategorie "weder angenehm noch unangenehm" (5). Die restlichen Angaben streuen zwischen "äußerst unangenehm" (1) bis "äußerst angenehm" (9).

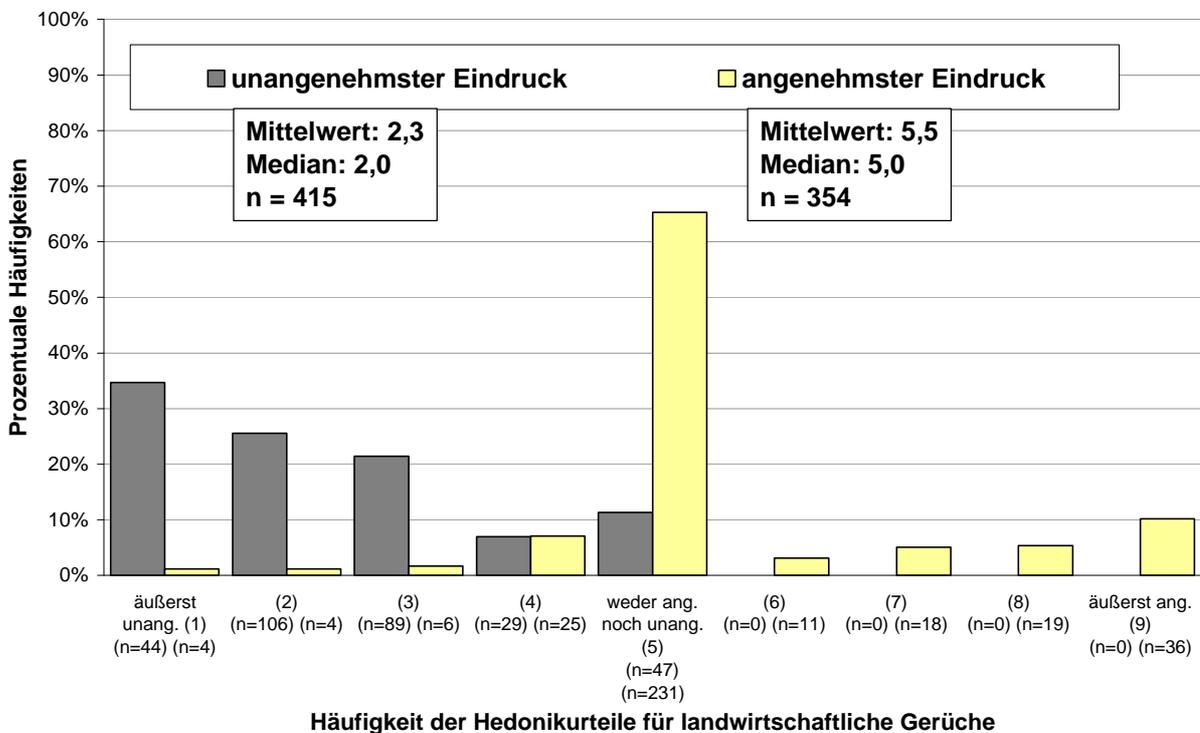


Abb. 17: Häufigkeit der Hedonikurteile – un-/angenehmster Eindruck

3.3.5.4 Zusammenfassung

Nach Angabe der Anwohner treten die landwirtschaftlichen Gerüche eher selten auf und sind im Mittel zwei bis dreimal im Monat wahrzunehmen. In der Regel sind sie "sehr schwach" (1) bis "deutlich" (3), können aber auch eine Intensität von "extrem stark" (6) erreichen. Die Schwerpunkt der hedonischen Beurteilung liegt im unangenehmen Bereich, nur bei der Frage nach dem angenehmsten Eindruck werden die Gerüche überwiegend als "weder angenehm noch unangenehm" (5) beurteilt.

3.3.5.5 Zusammenhang zwischen Intensität und Hedonik

Der Zusammenhang zwischen der Beurteilung von Intensität und Hedonik für die landwirtschaftlichen Gerüche ist in Abbildung 18 zu sehen. Bei dieser Auswertung wurde jeweils nur die Bewertung des durchschnittlichen Eindrucks berücksichtigt. Dargestellt werden die Mittelwerte der Hedonikurteile für jede Stufe auf der Intensitätsskala zusammen mit dem 95%-Konfidenzintervall des Mittelwertes.

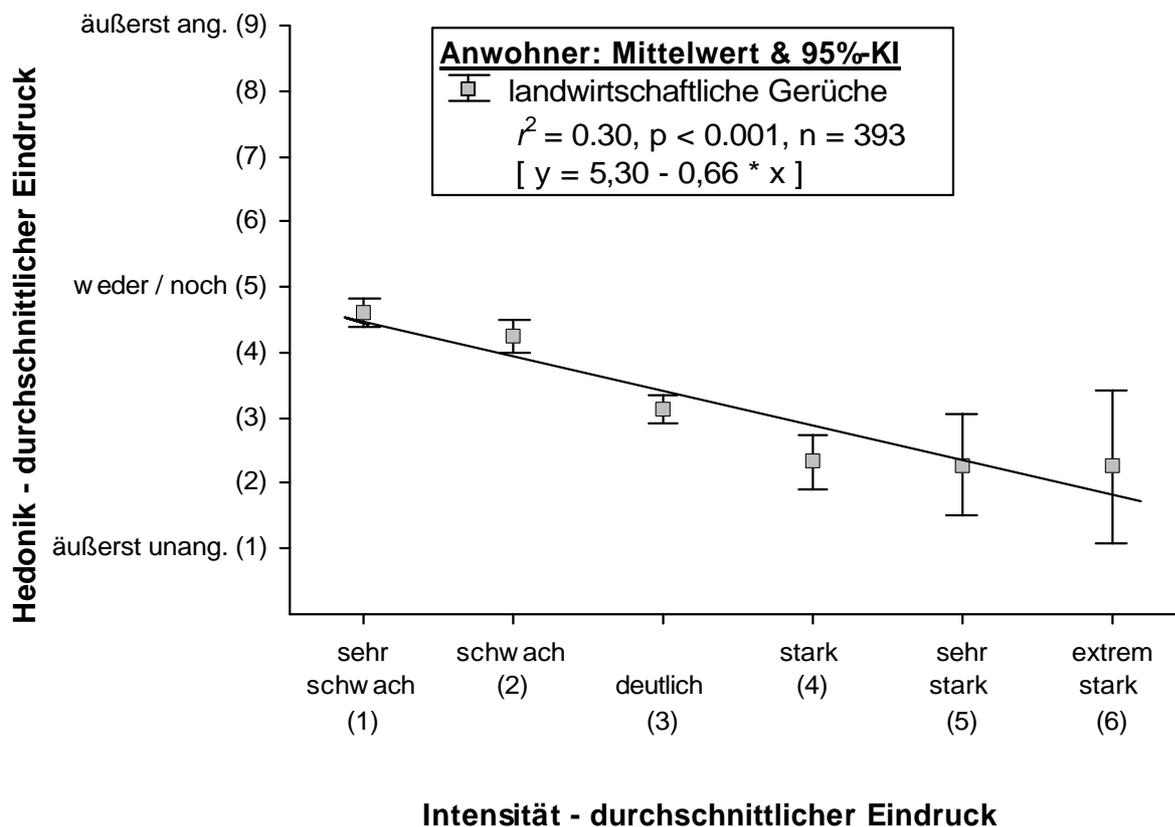


Abb. 18: **Anwohner:** Zusammenhang zwischen Intensität und Hedonik [Mittelwert und 95%-Konfidenzintervall]

Bei den Intensitätsstufen "sehr schwach" (1) und "schwach" (2) werden die landwirtschaftlichen Gerüche als "weder angenehm noch unangenehm" (5) bis "eher unangenehm" (4) eingestuft. Bei der Intensitätsstufe "deutlich" (3) liegt das Hedonikurteil bei "unangenehm" (3), bei den höheren Intensitätsstufen bei "sehr unangenehm" (2). Es ist zu erkennen, dass mit zunehmender Intensität das Hedonikurteil der Anwohner negativer wird. Die statistisch bedeutsame negative Korrelation zwischen Intensität und Hedonik bestätigt dies ($r = -0,55; r^2 = 0,30; n = 393, p < 0,001$).

3.3.6 Vergleich von Probanden- und Anwohnerangaben

In diesem Abschnitt wird überprüft, ob die während der Rastermessungen erhobenen Angaben der Probanden zur Intensität und Hedonik von Tierhaltungsgerüchen vergleichbar sind mit den Bewertungen der Anwohner, d.h. ob sich mit Hilfe der Probandendaten die Wahrnehmung der Anwohner hinreichend beschreiben lässt. Hierzu werden die Intensitäts- und Hedonikurteile (jeweils durchschnittlicher Eindruck) der Probanden und der Anwohner für die Geruchsqualitäten "Geflügel", "Schwein" und "Rind" gegenübergestellt. Von den Anwohnern machten insgesamt $n = 154$ Angaben zu der Wahrnehmung von Gerüchen einer spezifischen Tierart (vgl. Abb. 13, S. 43). Für die Probanden lagen Daten zu Intensität und Hedonik aus insgesamt $n = 1827$ positiven Einzelmessungen vor.

3.3.6.1 Intensität

Bei der Betrachtung der Intensitätsurteile (Abbildung 19) zeigt sich, dass die Gerüche der Geruchsqualitäten "Geflügel" und "Schwein" von den Anwohnern und den Probanden übereinstimmend als "schwach" (2) bis "deutlich" (3) beurteilt werden.

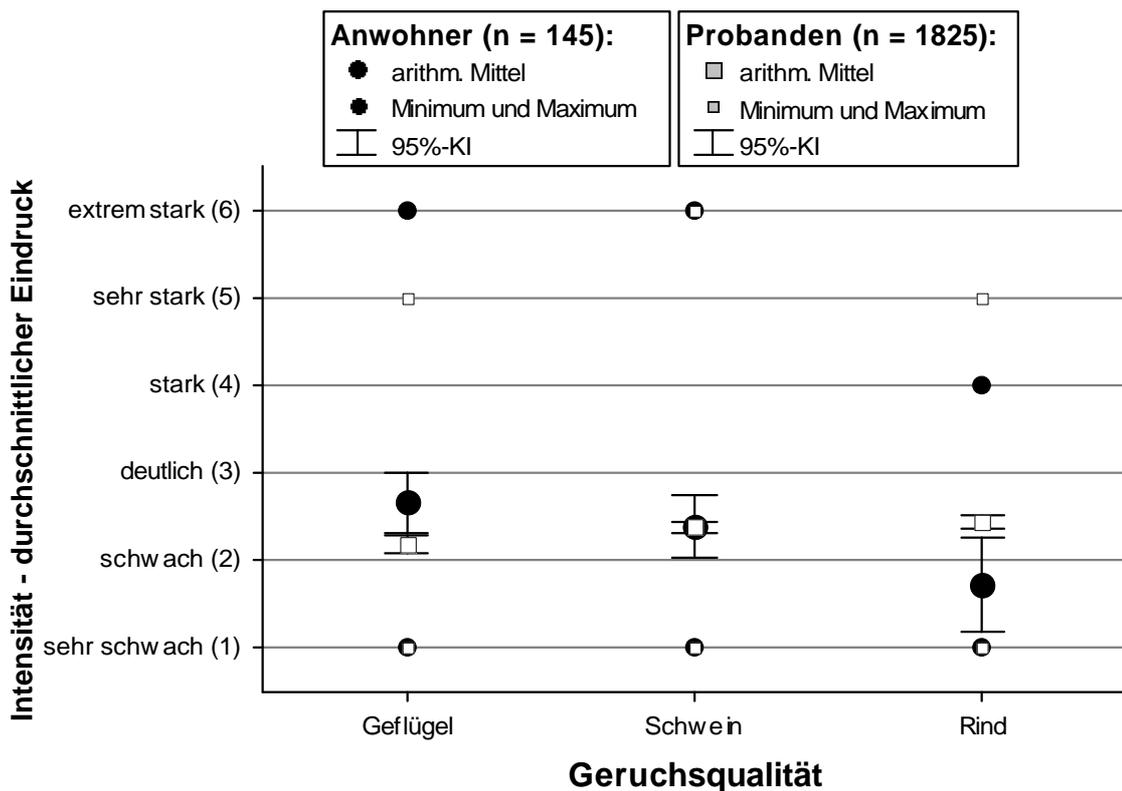


Abb. 19: **Intensität – durchschnittlicher Eindruck:** Vergleich von Probanden- und Anwohnerangaben; Darstellung von arithmetischen Mittelwerten mit 95%-Konfidenzintervall, Median und Minimum/Maximum für die Geruchsqualitäten "Geflügel", "Schwein" und "Rind"

Im Vergleich dazu wird die Geruchsqualität "Rind" als weniger intensiv eingestuft. Die Bewertungen der Anwohner und der Probanden unterscheiden sich um mehr als eine halbe Skaleneinheit, was als statistisch bedeutsam eingestuft werden kann. Für die Anwohner liegt die Intensität der Wahrnehmung von Rindergerüchen im Bereich "sehr schwach" (1) bis "schwach" (2), für die Probanden im Bereich "schwach" (2) bis "deutlich" (3). Von insgesamt $n = 154$ Anwohnern machten $n = 145$ hierzu Angaben und von insgesamt $n = 1827$ positiven Einzelmessungen lagen $n = 1825$ Probandenangaben zur Intensität vor.

3.3.6.2 Hedonik

In Abbildung 20 sieht man, dass die Geruchsqualität "Geflügel" und "Schwein" von den Anwohnern und den Probanden übereinstimmend als "eher unangenehm" (4) bis "unangenehm" (5) bewertet werden. Die Geruchsqualität "Rind" wird demgegenüber deutlich positiver, d.h. als "eher unangenehm" (4) bis "weder angenehm noch unangenehm (5)" eingestuft. Zwischen den Probanden- und Anwohnerangaben gibt es keinen statistisch bedeutsamen Unterschied, d.h. mit Hilfe der Probandenangaben kann die hedonische Wahrnehmung der Anwohner zuverlässig beschrieben werden.

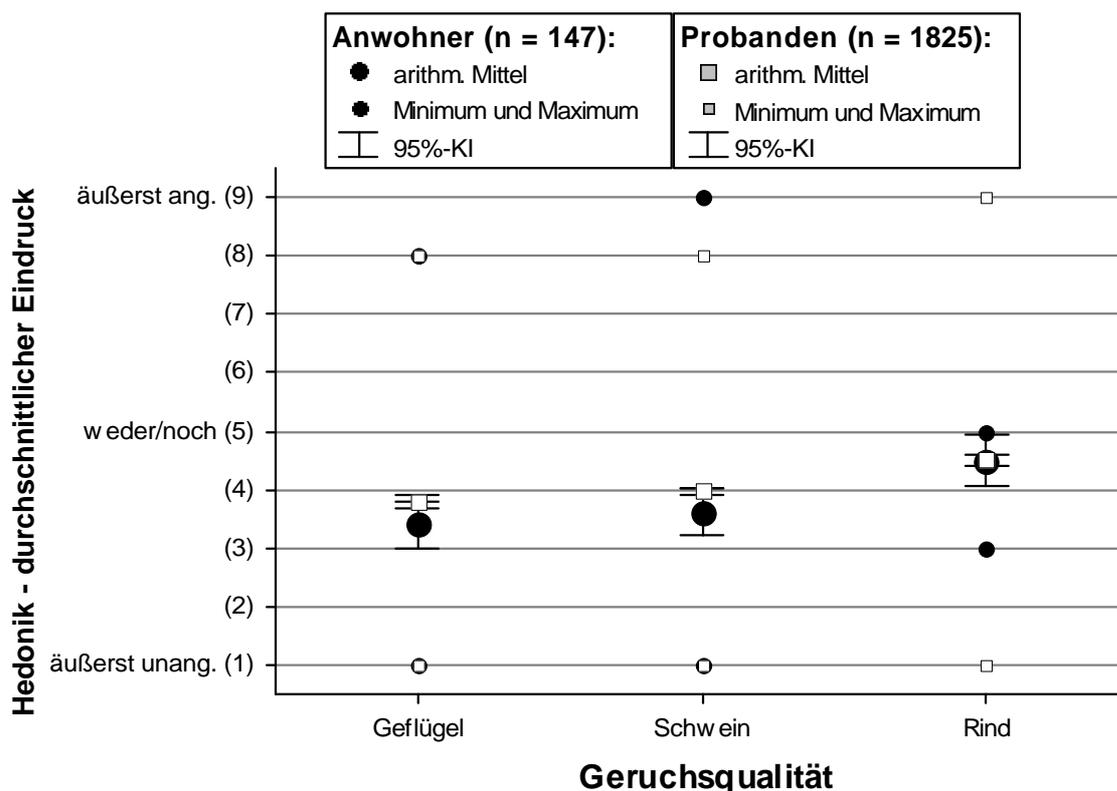


Abb. 20: **Hedonik – durchschnittlicher Eindruck:** Vergleich von Probanden- und Anwohnerangaben; Darstellung von arithmetischen Mittelwerten mit 95%-Konfidenzintervall, Median und Minimum/Maximum für die Geruchsqualitäten "Geflügel", "Schwein" und "Rind"

Von insgesamt $n = 154$ Anwohnern machten $n = 147$ hierzu Angaben und von insgesamt $n = 1827$ positiven Einzelmessungen lagen $n = 1825$ Probandenangaben zur Intensität vor.

3.3.6.3 Zusammenhang zwischen Intensität und Hedonik

Bei der Betrachtung des Zusammenhangs von Intensität und Hedonik für die Geruchsqualitäten "Geflügel", "Schwein" und "Rind" wird bestätigt, dass alle drei von Anwohnern wie Probanden als gleich unangenehm eingestuft werden (Abbildung 21 und 22).

Ein Unterschied bei der Bewertung der drei Tierarten ist nicht erkennbar. Die Korrelationskoeffizienten sind statistisch bedeutsam und weisen eine vergleichbare Größenordnung auf. Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die mit Hilfe der Probanden gewonnenen Daten hinreichend genau die Wahrnehmung der Anwohner widerspiegeln und somit ein gutes Maß für die Charakterisierung der Immissionsbelastung durch landwirtschaftliche Tierhaltungsgerüche sind.

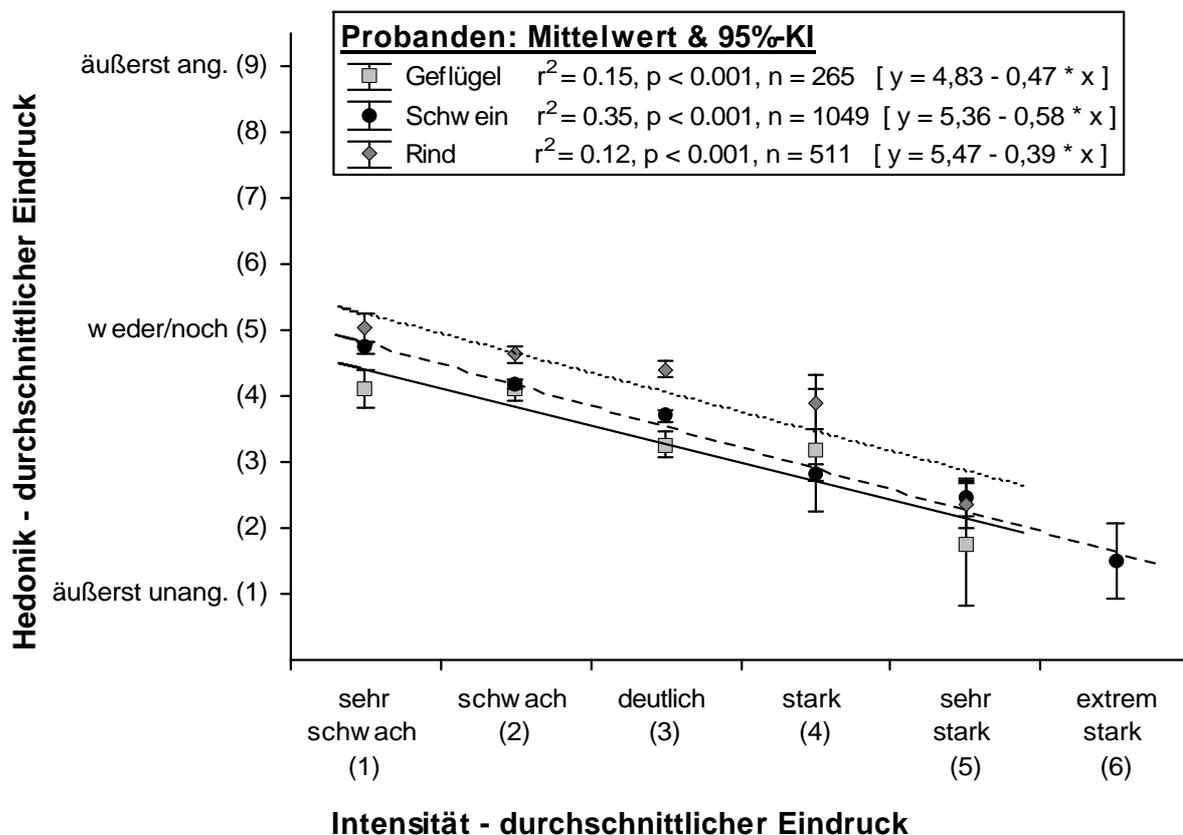


Abb. 21: **Probanden:** Zusammenhang von Intensität und Hedonik; Darstellung der arithmetischen Mittelwerte mit 95%-Konfidenzintervall für die Geruchsqualitäten "Geflügel", "Schwein" und "Rind"

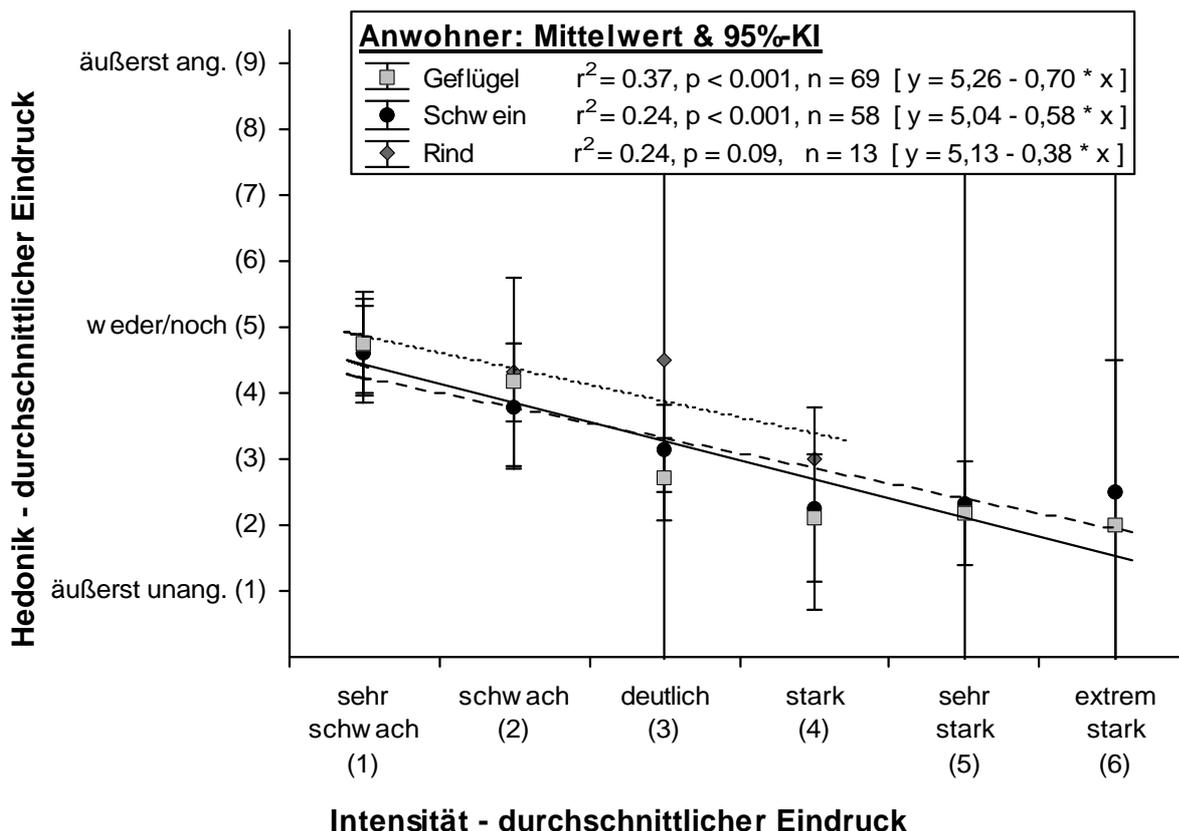


Abb. 22: **Anwohner:** Zusammenhang von Intensität und Hedonik, Darstellung der arithmetischen Mittelwerte mit 95%-Konfidenzintervall für die Geruchsqualitäten "Geflügel", "Schwein" und "Rind"

3.4 Expositions-Wirkungszusammenhänge

3.4.1 Geruchsbelastung und Belästigungsreaktion

3.4.1.1 Vergleichbarkeit der Untersuchungsgebiete in den fünf Bundesländern

Die Unterschiede zwischen den Bundesländern im Hinblick auf das Geschlecht sind statistisch signifikant ($\text{Chi}^2 = 10.2$, $p = 0.04$) (Tabelle 8a). Im Untersuchungsgebiet in Sachsen wurden mehr Männer (57%) als Frauen (43%) befragt, in den Untersuchungsgebieten in Baden-Württemberg ist das Verhältnis ausgeglichen (51% Männer, 49% Frauen), in den übrigen Bundesländern ist das Verhältnis umgekehrt (40% Männer, 60% Frauen).

Das durchschnittliche Alter in den fünf Bundesländern lag zwischen 49 und 55 Jahren, ein statistisch bedeutsamer Unterschied ist jedoch nur zwischen Niedersachsen (49 Jahre) und Baden-Württemberg (53 Jahre) zu finden (t -Wert = 3.28, $p = 0.001$) (Tabelle 8a).

Im Hinblick auf den Anteil von Familien mit Kindern zeigten sich ebenfalls statistisch bedeutsame Unterschiede zwischen den Bundesländern ($\text{Chi}^2 = 12.9$; $p = 0.01$). Der Prozentsatz von Familien mit Kindern unter 18 Jahren (im Haushalt lebend) ist in Sachsen und Mecklenburg-Vorpommern mit unter 30% deutlich niedriger als in Baden-Württemberg und Nordrhein-Westfalen mit ca. 40%. Der höchste Anteil ist in Niedersachsen mit knapp 50% zu finden (Tabelle 8a).

In Niedersachsen und Sachsen ist der Anteil von Personen mit "Abitur" mit 18% bzw. 11% deutlich niedriger, als in den übrigen Bundesländern ($\text{Chi}^2 = 20.7$; $p = 0.008$). Die Mehrzahl der Anwohner hat einen "Haupt-" oder "Realschulabschluss" bzw. einen damit vergleichbaren Abschluss (Tabelle 8a).

Bei der Betrachtung der Dauer der täglichen Anwesenheit zu Hause sieht man, dass die Anwohner in Sachsen im Schnitt zwei Stunden weniger zu Hause sind als in den übrigen vier Bundesländern (18 bis 19 Stunden) (Tabelle 8b). Der Unterschied zwischen den Bundesländern ist statistisch bedeutsam ($F = 2.8$; $p = 0.02$).

Es zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den fünf Bundesländern hinsichtlich des Prozentanteils von Personen mit Haus- bzw. nicht gewerblicher Nutztierhaltung und der Wohndauer im Untersuchungsgebiet (Tabelle 8b).

In den folgenden Analysen konnten keine Anhaltspunkte dafür gefunden werden, dass sich diese Unterschiede zwischen den Befragungskollektiven in den einzelnen Bundesländern auf die Belästigungsreaktion auswirkten (siehe Abbildung 29).

Tab. 8a: Darstellung der Unterschiede zwischen den fünf Bundesländern anhand ausgewählter soziodemographischer und anderer Variablen

Untersuchungs- gebiet	% Anteil Frauen *	Alter (Mittelwert & 95%-KI)*	% Anteil Familien mit Kind(ern) *	Schulbildung % Anteil **		
				Haupt.	Real.	Abitur
NW	58	51 (49,5 - 52,6)	39	36	32	32
NI	59	49 (46,8 - 50,6)	47	43	40	18
SN	43	52 (47,8 - 55,9)	26	47	42	11
BW	49	53 (51,3 - 54,8)	38	38	34	28
MV	59	55 (50,4 - 60,5)	21	31	45	24

Signifikanzniveau: * $p = 0.05$, ** $p = 0.01$

Tab. 8b: Darstellung der Unterschiede zwischen den fünf Bundesländern anhand ausgewählter soziodemographischer und anderer Variablen

Untersuchungsgebiet	Wohndauer im Untersuchungsgebiet [Jahre] (Mittelwert & 95%-KI)	% Anteil Haus-/ Nutztiere	tägl. Anwesenheit zu Hause (Mittelwert & 95%-KI) *
NW	26 (24,1 - 28,0)	40	18 (18,1 - 18,8)
NI	27 (24,9 - 29,5)	39	18 (17,7 - 18,7)
SN	25 (18,6 - 31,1)	60	16 (15,2 - 17,7)
BW	26 (23,9 - 28,5)	45	18 (17,7 - 18,6)
MV	29 (20,2 - 37,2)	41	19 (17,1 - 20,3)

Signifikanzniveau: * p = 0.05

3.4.1.2 Geruchshäufigkeit und Belästigung

Da eine gute Übereinstimmung der Belästigungsskalen (Thermometer- und Verbal- skala, vgl. Kap. 2.3.1, Abb. 11) gegeben ist, werden bei den folgenden Auswertungen nur die Angaben auf der Thermometerskala berücksichtigt.

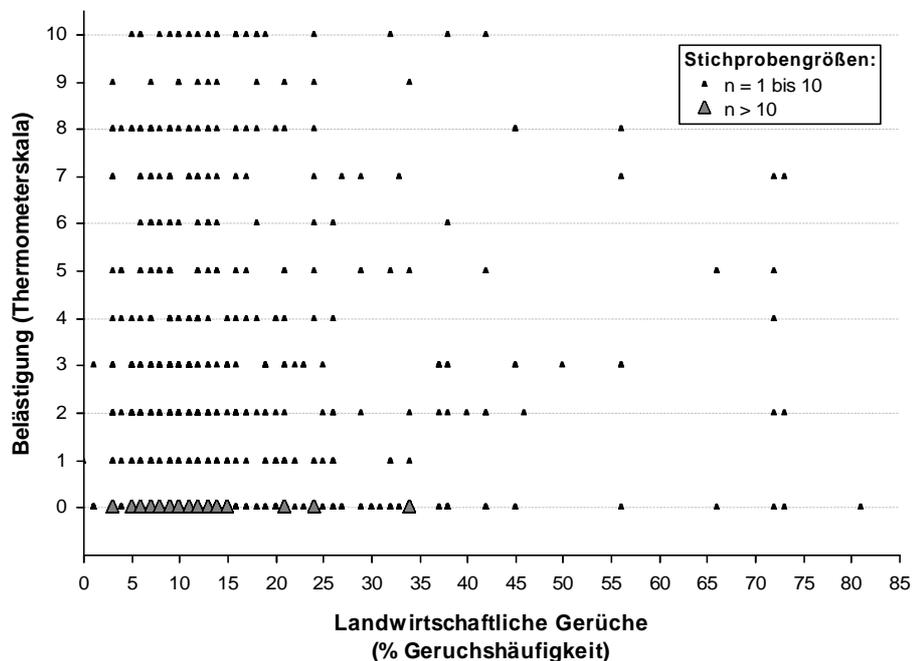


Abb. 23: Zusammenhang zwischen der Geruchshäufigkeit (%) landwirtschaftlicher Gerüche und den Angaben auf dem Belästigungsthermometer; Darstellung der Originalwerte (N = 950)

In Abbildung 23 ist der Zusammenhang zwischen der Geruchshäufigkeit landwirtschaftlicher Gerüche und den Angaben auf dem Belästigungsthermometer für alle Daten dargestellt. Die hierbei zugrunde liegenden Stichprobengrößen für einzelnen Punkte sind sehr unterschiedlich und liegen zwischen $n = 1$ und $n = 51$.

In Abbildung 24 (a/b) wird der Zusammenhang zwischen den arithmetisch gemittelten Werten der Thermometerskala und der linearen bzw. der logarithmierten Geruchsbelastung (% Geruchshäufigkeit) in der Gesamtgruppe ($N = 950$) dargestellt. Dargestellt werden die für jede Geruchshäufigkeit (%) gemittelten Angaben auf der Thermometerskala mit dem 95%-Konfidenzintervall.

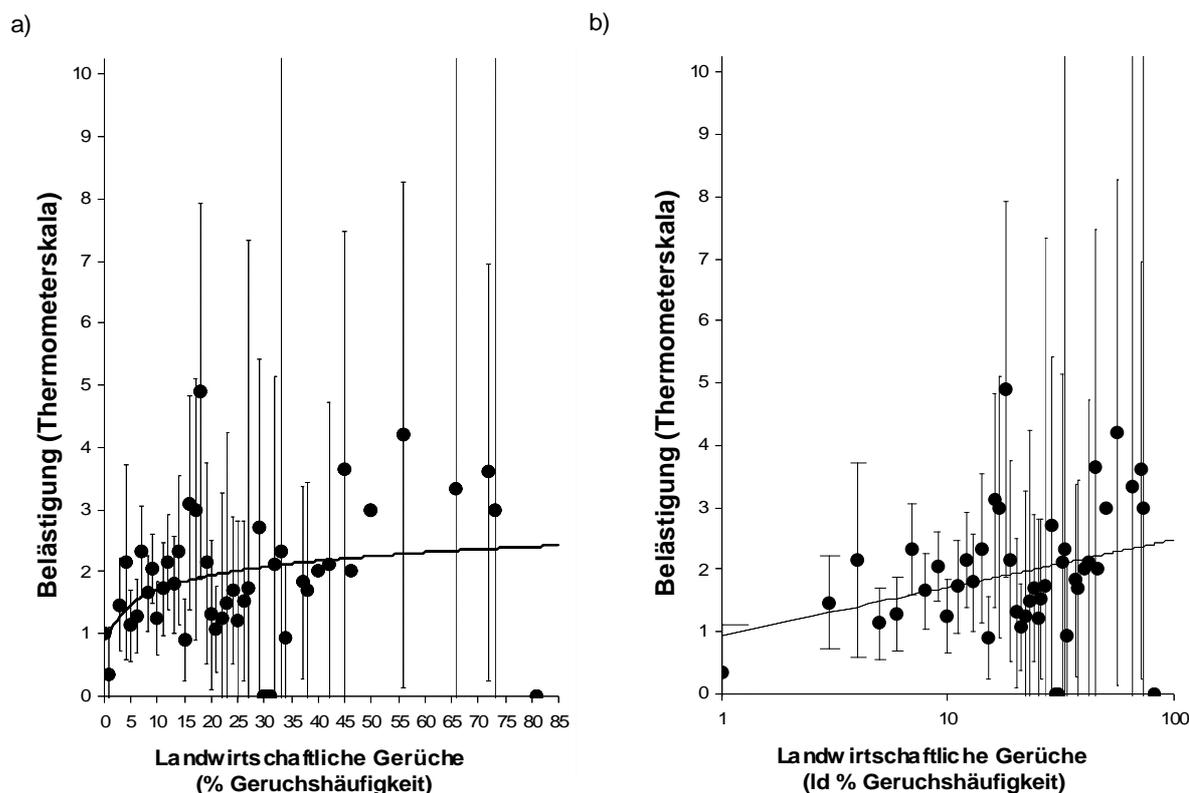


Abb. 24: Zusammenhang zwischen a) linearer und b) logarithmierter Häufigkeit landwirtschaftlicher Gerüche (%) und Angaben auf dem Belästigungsthermometer; Darstellung der Mittelwerte mit dem 95%-Konfidenzintervall sowie in a) einer an die Daten angepassten logarithmischen Funktion mit der Gleichung $y = q \cdot [\lg(x)] + b$, und in b) einer an die Daten angepassten linearen Funktion mit der Gleichung $y = a \cdot x + b$ mit der Geruchshäufigkeit als unabhängiger und der Belästigung als abhängiger Variablen ($N = 950$)

Der Expositions-Wirkungszusammenhang wurde durch eine lineare Regressionsanalyse entsprechend dem **Modell 1: Belästigungsreaktion = Geruchsbelastung** ermittelt. Als unabhängige Variable wurde die Geruchshäufigkeit der Geruchsqualität "landwirtschaftliche Gerüche (Pute, Schwein, Rind, Pferd, Gülle, Mist, Silage)" und als abhängige Variable die Werten auf der Thermometerskala geprüft. Die mittleren Belästigungswerte liegen zwischen "0" und "4,9" und im Durchschnitt bei "1,9". Die

Korrelationen zwischen dem linearen Belastungsmaß (% Geruchshäufigkeit) bzw. dem logarithmierten Belastungsmaß (\ln = dualer Logarithmus) und den Werten auf der Thermometerskala liegt bei $r = 0.07$ ($r^2 = 0.01$) und ist statistisch bedeutsam ($p < 0.01$). Die Höhe des Korrelationskoeffizienten liegt damit niedriger als die Expositions-Wirkungsbeziehungen, die für industrielle Gerüche gefunden wurden ($r = 0.12$ bis $r = 0.45$, Sucker et al., 2003; $r = 0.13$, Cavalini et al., 1991; $r = 0.17$, Steinheider, et al., 1998b).

Da in dieser Untersuchung von 950 Anwohnern nur knapp die Hälfte der Befragten ($n = 443$) landwirtschaftliche Gerüche wahrnehmen und benennen konnten, kommt es bei der Darstellung der gemittelten Belästigungsurteile zu einer Unterschätzung der tatsächlichen durchschnittlichen Belästigungswirkung. Eine Betrachtung der durchschnittlichen Belästigungswirkung auf der Basis dieser Gruppe von Anwohnern ($n = 443$) ergibt, dass die mittleren Belästigungswerte zwischen "1" und "7" und im Durchschnitt bei "3,7" liegen.

3.4.2 Planung der Regressionsanalysen

3.4.2.1 Auswertestrategie

Der Zusammenhang zwischen der Geruchshäufigkeit landwirtschaftlicher Gerüche und der Belästigungsreaktion der Anwohner ist nur schwach ausgeprägt. Daher muss im Rahmen von weitergehenden statistischen Analysen geprüft werden, ob der tatsächliche Zusammenhang durch den Einfluss von Störgrößen verdeckt wird.

Damit die Geruchsbelästigung als Geruchswirkung interpretiert werden kann, ist eine rein deskriptive Betrachtung ohne nachfolgende Analyse nicht ausreichend. Hierbei müssen zusätzlich zur Geruchshäufigkeit weitere Einflussgrößen betrachtet werden.

Daher wird der Expositions-Wirkungszusammenhang in einem zweiten Schritt mit dem Verfahren der logistischen Regressionsanalyse entsprechend dem **Modell 2: Belästigungsreaktion = Geruchsbelastung + Störgrößen** geprüft.

Im Zusammenhang mit unterschiedlichen Industriegerüchen wurden Expositions-Wirkungsbeziehungen mit signifikanten Korrelationen zwischen 0.12 und 0.45 gefunden (Sucker et a., 2003). Es konnte gezeigt werden, dass hier eine Fülle von konkurrierenden nicht-olfaktorischen Faktoren wirksam wird. Dazu gehörten beispielsweise die Variablen "Lärmelastigung" und "Wohnqualität", aber auch "Alter", "Gesundheitsunzufriedenheit" und "Wohndauer". Es muss also immer die Frage gestellt werden, ob die gefundene Varianz der Geruchsbelästigung durch weitere Faktoren beeinflusst wird und ob dieser Einfluss quantifizierbar ist. Um eine Wirkung als Immissionswirkung charakterisieren zu können, müssen solche konkurrierenden Einflussgrößen im Auswertemodell berücksichtigt werden.

Bei der Regressionsanalyse können nur die bekannten Störgrößen in der Weise berücksichtigt werden, wie sie im Fragebogen erfasst wurden (siehe Tabelle 2). Um sicherzustellen, dass eine nicht im Regressionsmodell berücksichtigte Störgröße nicht doch eine wichtige Einflussgröße darstellt, wird geprüft, ob sich durch die zusätzliche Aufnahme in das Regressionsmodell der Regressionskoeffizient des Geruchsbelastungsmaßes wesentlich (= 10%) verändert. Ist dies nicht der Fall, so hat die ausgelassene Störgröße keinen wesentlichen Erklärungsanteil im Modell und kann unberücksichtigt bleiben.

Zur Festlegung der Modelle für die logistischen Regressionsanalysen wurden folgende Strategien verfolgt:

1. Für alle Geruchsbelastungsmaße (siehe Kap. 3.2.1, Tabelle 5) wurden die gleichen Regressionsmodelle verwendet, um Verzerrungen durch Veränderungen der Stichprobengröße aufgrund fehlender Werte zu minimieren.
2. Bei der Selektion von Variablen muss ein Ausgleich zwischen der Anpassungsgüte des Regressionsmodells und der Anzahl der im Modell verwendeten Störgrößen getroffen werden. Zwar erhöht jede zusätzlich in ein Modell aufgenommene Störgröße die Anpassungsgüte für die vorliegenden Daten, doch gleichzeitig erhöht sich auch die Variabilität jeder einzelnen Schätzung, d.h. die Schätzungen werden instabiler. Um die statistische Power der Analysen zu erhöhen, d.h. die Fähigkeit einen real existierenden Einflussfaktor als signifikant aufdecken zu können (Teststärke), wurde als Selektionskriterium ein Signifikanzniveau von $p = 0.05$ gewählt. Es wurden die Variablen in das Regressionsmodell aufgenommen, für die mit einem der Geruchsbelastungsmaße und/oder mit einem der beiden Geruchsbelästigungsmaße "Belästigte" und "sehr stark Belästigte" eine Korrelation mit einem Signifikanzniveau von $p = 0.05$ gefunden wurde. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass nur die "starken" Einflussfaktoren berücksichtigt werden und die Zahl der Störgrößen im Regressionsmodell und damit die Variabilität der Berechnungen möglichst gering gehalten wird.
3. Außerdem wurden Variablen in das Modell aufgenommen, bei denen aus inhaltlichen Gründen oder aufgrund von Kenntnissen aus vorhergehenden Studien (Steinheider & Winneke, 1993; Sucker et al., 2003) ein Einfluss anzunehmen ist. Dem Endmodell wurden die Variablen "Alter", "Geschlecht" und die "Schulbildung" hinzugefügt. Da nur vollständige Beobachtungen in die Berechnung eingehen, wurde die Variable "Einkommen" nicht berücksichtigt, da hier zu viele Anwohnern keine Angaben gemacht haben.

3.4.2.2 Störgrößen

Die Ergebnisse der Korrelationsanalysen sind in den Tabellen im Anhang F dargestellt. Aufgrund der oben genannten Kriterien wurden die in Tabelle 9 genannten Variablen in das Auswertemodell aufgenommen:

Tab. 9: Einflussvariablen (Störgrößen) im Regressionsmodell

Soziodemographische Größen:
Alter [Jahre]
Geschlecht [Männer (1) vs. Frauen (2)]
Schulbildung [Volks-/Hauptschule (1), Realschule (2), Abitur / Studium (3)]
Wohnsituation:
schlechte Wohnqualität [Bedauern eines Umzugs: gar nicht (5), kaum (4), mittelmäßig (3), ziemlich (2), außerordentlich (1)]
Lärmbelästigung (allgemein: Verkehr, Industrie, etc.: Thermometerskala [0-10])
Engagement in der Nachbarschaft ["real" (Nein oder Ja, ich bin aktiv) (0) vs. "vorstellbar" (1)] (z.B. Protest / Bürgerinitiative gegen Geruchsbelästigung)
Gesundheit:
Häufigkeit einer Nasennebenhöhlenentzündung (Sinusitis) in den letzten 12 Monaten [nie (1) vs. ein- oder mehrmals (2)]
Gesundheitsunzufriedenheit [gar nicht (1), kaum (2), mittelmäßig (3), ziemlich (4), außerordentlich (5)]

Die im Folgenden dargestellten Einflussgrößen wurden nicht in das Regressionsmodell aufgenommen. Die Gründe hierfür werden im Einzelnen erläutert:

Die Einflussgröße "Wohnen-1" (**Miete vs. Eigentum**) konnte nicht mit in das Regressionsmodell aufgenommen werden, obwohl sich bei der Betrachtung der einfachen Zusammenhänge mit den beiden Belästigungsmaßen ein signifikanter Zusammenhang zeigt, da in der Gruppe der sehr stark Belästigten nur zwei Personen zur Miete wohnen. Es wird für statistische Auswertungen allgemein empfohlen, die Anzahl von fünf Werten pro Kombinationsmöglichkeit aus Störgröße (hier: Miete vs. Eigentum) und Belästigungsmaß (hier: nicht oder wenig belästigt vs. sehr stark belästigt) nicht zu unterschreiten. Wenn eine kleine Stichprobe vorliegt und sehr viele Störgrößen berücksichtigt werden sollen, kann es ansonsten zu einer Unterschätzung des tatsächlichen Expositions-Wirkungszusammenhangs kommen.

Ein grundsätzliches Problem bei der Auswahl der Störgrößen stellt die Interkorrelation (Kollinearität) der Störgrößen untereinander dar. Wenn zwei Störgrößen in das Modell aufgenommen werden, die miteinander korreliert sind, machen sie sich ge-

gegenseitig Konkurrenz im Modell und verlieren dabei beide an Einflusskraft. Da das Ziel darin besteht, ein möglichst sparsames und einfaches Regressionsmodell zu entwickeln, wurden Variablen ausgeschlossen, die solche redundanten Informationen verursachen. Um zu entscheiden, welche der in Frage stehenden Variablen in das Störgrößenmodell aufgenommen werden sollen, wurden Kenntnisse aus vorhergehenden Studien herangezogen. In der vorliegenden Untersuchung wurden die Störgrößen "Sinusitis", "Alter" und "Schulbildung" ausgewählt. Wie im Folgenden erläutert wird, wurde bei jeder ausgeschlossenen Störgröße geprüft, ob die Aufnahme dieser Variablen in das Regressionsmodell zu einer wesentlichen Änderung des Parameterschätzers des jeweiligen Geruchsbelastungsmaßes führt.

Nicht in das Regressionsmodell aufgenommen wurde trotz ihrer signifikanten Korrelation mit dem Belästigungsmaß "Belästigte" die Einflussgröße "**Erkältung in den letzten 12 Monaten**" (nie vs. ein- oder mehrmals). Die Einflussgröße "Erkältung" ist korreliert mit der Variable "Sinusitis" ($r = 0.13$, $N = 934$, $p = 0.001$). Eine zusätzliche Aufnahme in die Regressionsmodelle mit den Geruchsbelastungsmaßen "Landwirtschaftliche Gerüche" oder "Tierhaltungsgerüche-0" sowie den Belästigungsmaßen "Belästigte" oder "sehr stark Belästigte" führte zu keiner wesentlichen Änderung des Parameterschätzers des jeweiligen Geruchsbelastungsmaßes (Anhang G).

Ebenfalls nicht in das Modell aufgenommen wurde die Einflussgröße "Wohnen-2" (**Mehrfamilienhaus vs. Einfamilienhaus**), die eine signifikante Korrelation mit dem Belästigungsmaß "sehr stark Belästigte" aufweist. Die Einflussgröße "Wohnen-2" ist korreliert mit den Variablen "Alter" ($r = 0.14$, $N = 933$, $p = 0.001$) und "Bildung" ($r = 0.15$, $N = 934$, $p = 0.001$). Eine zusätzliche Aufnahme in die Regressionsmodelle mit den Geruchsbelastungsmaßen "Landwirtschaftliche Gerüche" oder "Tierhaltungsgerüche-0" sowie den Belästigungsmaßen "Belästigte" oder "sehr stark Belästigte" führte zu keiner wesentlichen Änderung des Parameterschätzers des jeweiligen Geruchsbelastungsmaßes (Anhang G).

Auch die nähere Betrachtung der Einflussgröße "**weitere störende Wohnbedingungen**" (keine vs. ein oder mehrere) ergab eine signifikante Korrelation mit den beiden Belästigungsmaßen "Belästigte" und "sehr stark Belästigte". Die Einflussgröße "weitere störende Wohnbedingungen" korreliert jedoch mit den Variablen "Wohnqualität" ($r = 0.16$, $N = 940$, $p = 0.001$) und "Lärmbelästigung" ($r = 0.18$, $N = 947$, $p = 0.001$). Da die zusätzliche Aufnahme in die Regressionsmodelle ebenfalls zu keiner wesentlichen Änderung des Parameterschätzers des jeweiligen Geruchsbelastungsmaßes (Anhang G) führte, wurde die Einflussgröße "weitere störende Wohnbedingungen" nicht in das Regressionsmodell aufgenommen.

Die Einflussgrößen "**Empfindlichkeit gegenüber Umweltbelastungen - ohne Lärm und Gerüche**" und "**Umweltbesorgnis**" wurden in ein binäres Maß (nein (0) vs. ja (1)) umkodiert. Beide Einflussgrößen erhielten den Wert "0", wenn alle Fragen mit

"nicht empfindlich" bzw. "nicht zutreffend" beantwortet wurden. Sie erhielten den Wert "1", wenn die Summe der jeweiligen Antworten größer als Null war. Beide Einflussgrößen wurden jedoch nicht in das Regressionsmodell aufgenommen, da die Korrelation mit den Belästigungsmaßen "Belästigte" und "sehr stark Belästigte" sehr hoch war. Bei einem Korrelationskoeffizienten von $r = 0.31$ bzw. von über 0.70 ist davon auszugehen, dass sich die inhaltliche Bedeutung der Variablen "Empfindlichkeit" und "Umweltbesorgnis" nicht wesentlich von der Geruchsbelästigung unterscheidet und den gleichen Sachverhalt beschreibt. Damit sind die Variablen "Empfindlichkeit" und "Umweltbesorgnis" nicht als Einflussgröße zu definieren, sondern sie entsprechen ebenso wie die "Geruchsbelästigung" einer Zielgröße. Die Aufnahme als Einflussgröße in das Regressionsmodell hätte zur Folge, dass der Einfluss der Variablen "Geruchsbelastung" sehr stark überdeckt und somit nicht korrekt wiedergegeben würde.

Eine zusätzliche Prüfung wurde für die Störgrößen "**Familien mit Kindern**", "**Hausoder Nutztiere**", "**Vereinsmitgliedschaft**", "**Wohndauer in der Stadt**", "**Dauer der täglichen Anwesenheit zu Hause**", "**Einstellung zur Landwirtschaft - Beruf**" und "**Einstellung zur Landwirtschaft - Direktvermarktung**" vorgenommen. Bei diesen Variablen zeigte sich eine signifikante Korrelation mit mindestens einem der Belastungsmaße. Bei keiner dieser Störgrößen führte die zusätzliche Aufnahme in das Regressionsmodell zu einer wesentlichen Änderung des Parameterschätzers des jeweiligen Geruchsbelastungsmaßes (Anhang G). Daher wurde keine dieser Störgrößen in das Modell aufgenommen.

3.4.2.3 Belästigungsmaße

Im Belästigungsfragebogen wurde zusätzlich erfasst, ob die Anwohner eine vorliegende Geruchsbelästigungssituation als unzumutbar einstufen oder nicht (sog. "Unzumutbarkeitsurteile"). Bei dieser Auswertung wurden die Antworten aller Anwohner ($N = 949$) berücksichtigt. Die Anzahl der Angaben verringert sich gegenüber $N = 950$ um 1, da einer der Anwohner keine Angabe zum Unzumutbarkeitsurteil machte. Insgesamt bezeichnen $n = 89$ Anwohner die vorliegende Geruchsbelastung als "unzumutbar" belästigend. In Abbildung 25 ist zu erkennen, dass der Anteil der Anwohner, die die Geruchsbelästigung als "unzumutbar" bewerten, ab der Stufe "7" auf dem Belästigungsthermometer deutlich zunimmt (Sprungstelle).

Dieses Ergebnis deckt sich mit dem im Hedonik-Projekt (Abbildung 39, Sucker et al., 2003). Mit Hilfe der Unzumutbarkeitsurteile wurde im Hedonik-Projekt die Gesamtgruppe der Befragten in vier Untergruppen aufgeteilt.

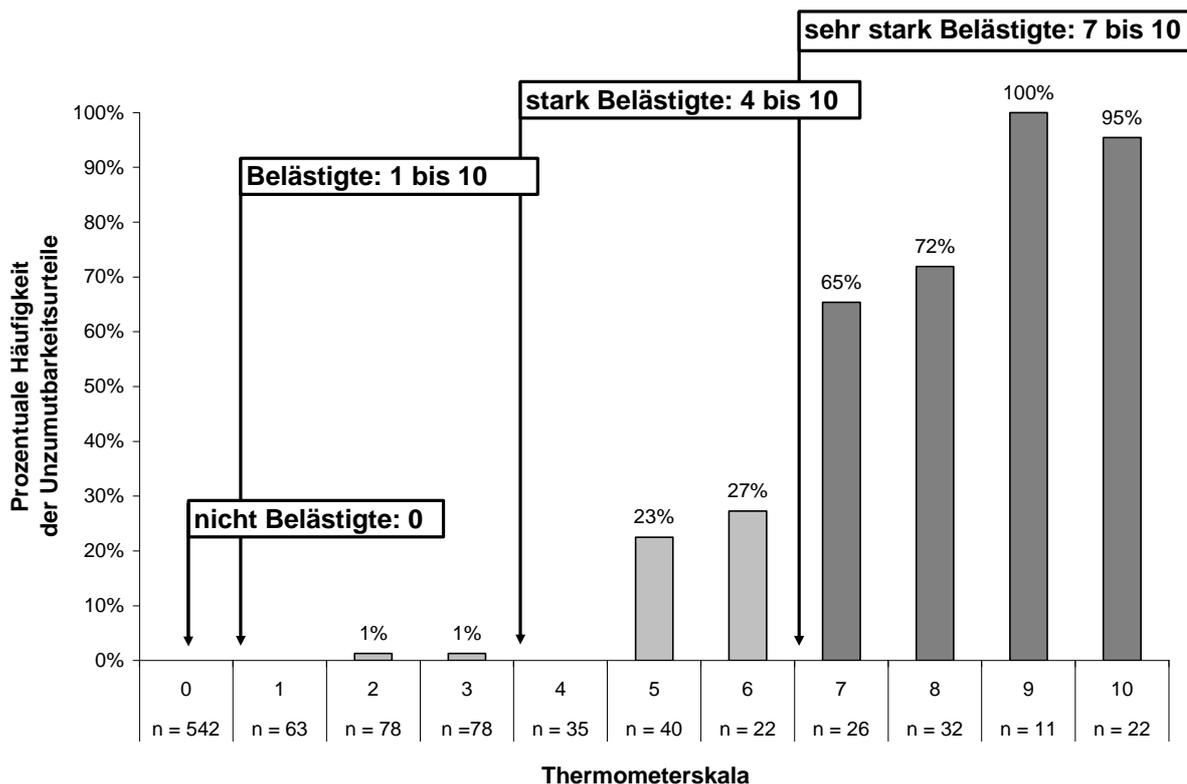


Abb. 25: Prozentuale Häufigkeit der Unzumutbarkeitsurteile (n = 89) in Abhängigkeit von der Belästigung (Thermometerskala) (N = 949)

In Anlehnung an die Ergebnisse im Hedonik-Projekt können auch für die vorliegende Untersuchung vier binäre (0, 1) Belästigungsmaße definiert werden, die man in der logistischen Regression verwenden kann.

1. Die Gruppe der "nicht Belästigten" mit Werten von "0" und eine Gruppe von "Belästigten" mit Werten von "1" bis "10" auf der Thermometerskala.
2. Die Gruppe der "nicht bis schwach Belästigten" mit Werten von "0" bis "3" und die Gruppe der "stark Belästigten" mit Werten von "4" bis "10" auf der Thermometerskala.
3. Die Gruppe der "nicht bis stark Belästigten" mit Werten von "0" bis "6" und die der "sehr stark Belästigten" mit Werten von "7" bis "10" auf der Thermometerskala. In Anlehnung an das aus der Lärmforschung bekannte Konzept ist diese Gruppe vergleichbar mit der Gruppe der so genannten "**highly annoyed**".
4. Einteilung der Anwohner anhand des Unzumutbarkeitsurteils mit Werten von "zumutbar" (0) und "unzumutbar" (1).

Tabelle 10 gibt einen Überblick über die Verteilung der vier Belästigungsmaße bezogen auf die elf Untersuchungsgebiete.

Tab. 10: Darstellung der binären Belästigungsmaße getrennt für die elf Untersuchungsgebiete

Untersuchungs- gebiet	N	Anzahl Belästigte		stark Belästigte		sehr stark Belästigte		Unzumutbar- keitsurteil	
		0	1-10	0-3	4-10	0-6	7-10	0	1
NW-1-Rind	132	89	43	121	11	129	3	130	2
NW-2-Geflügel	165	99	66	127	38	147	18	143	22
NW-3-Rind	95	65	30	81	14	89	6	88	7
BW-Hohenlohe 1- Schwein	44	17	27	35	9	39	5	39	5
BW-Hohenlohe 2- Schwein	80	46	34	63	17	70	10	72	8
BW-Ostalb-Schwein	40	15	25	29	11	34	6	35	5
BW-Enzkreis- Schwein	98	61	37	86	12	93	5	97	1
NI-1-Geflügel	110	43	67	83	27	95	15	94	15
NI-2-Schwein	117	67	50	86	31	102	15	103	14
MV-Schwein	29	17	12	17	12	22	7	21	8
SN-Rind	40	23	17	34	6	39	1	38	2
Gesamt	950	542	408	762	188	859	91	860	89

3.4.3 Ergebnisse der logistischen Regressionsanalysen

Zunächst wird der Zusammenhang zwischen der Geruchsbelastung und der Belästigungsreaktion der Anwohner unter Berücksichtigung der ausgewählten Störgrößen mit dem logistischen Regressionsansatz geprüft.

Die Regressionsanalysen werden nach dem **Modell 2** gerechnet:

$$\text{Belästigungsreaktion} = \text{Geruchsbelastung} + \text{Störgrößen}$$

Für alle in Tabelle 5 aufgeführten Geruchsbelastungsmaße wurden Regressionsanalysen berechnet, um festzustellen, welches Belastungsmaß für die Beschreibung der Expositions-Wirkungsbeziehung am besten geeignet ist. Diese Auswertungen wurden nur im Hinblick auf die Zielgrößen "Belästigte" (Belastungsmaß 1 in Kap. 3.4.2.3) und "sehr stark Belästigte" (Belastungsmaß 3 in Kap. 3.4.2.3) durchgeführt.

Die Güte der Anpassung des logistischen Regressionsmodells an die Daten wird jeweils mit dem *Hosmer-Lemeshow-Test* geprüft. Liefert dieser Test einen signifikanten Wert ($p = 0.05$), dann ist die Modellgültigkeit zu bezweifeln. Erst wenn die Modellgültigkeit gegeben ist, wird mit Hilfe des *Chi-Quadrat-Wertes* und dem *prozentualen Erklärungswert* beschrieben, ob das geschätzte Modell signifikant besser an die Daten angepasst ist als das Nullmodell. Je besser ein Modell an die Daten angepasst ist, desto höher wird der Chi-Quadrat-Wert bzw. der prozentuale Erklärungswert. Als weiterer Indikator zur Bewertung des Regressionsmodells wird der Determinationskoeffizient R_N^2 nach *Nagelkerke* angegeben. Er entspricht dem Konzept der aufgeklärten Varianz in der linearen Regression und nimmt Werte zwischen "0" und "1" an (vgl. Kap. 1.4.3.2). Werte zwischen 0.2 und 0.4 repräsentieren eine sehr gute Anpassungsgüte (Wrigley, 1985, S. 50).

3.4.3.1 Geruchsbelastigung in Abhängigkeit von der Geruchshäufigkeit

3.4.3.1.1 Vergleich der Belastungsmaße

Die Geruchshäufigkeiten für unterschiedliche Geruchsqualitäten gingen entsprechend Tabelle 5 als Belastungsmaß in die Berechnungen ein. Die Ergebnisse der logistischen Regressionsanalysen sind in Anhang H zu finden.

In Tabelle 11 wird die Güte der Regressionsmodelle mit Hilfe der Irrtumswahrscheinlichkeit (p -Wert) für den Hosmer-Lemeshow-Test, dem Chi-Quadrat-Wert, dem prozentualen Erklärungswert und dem Determinationskoeffizient R_N^2 nach *Nagelkerke* beschrieben. Aufgrund der Übersichtlichkeit wird die Güte der Regressionsmodelle nur im Zusammenhang mit der Zielgröße "sehr stark Belästigte" dargestellt.

Die Modellgültigkeit ist bei keinem Modell zu bezweifeln. Der Chi-Quadrat-Wert und der prozentuale Erklärungswert sind zwar bei den Belastungsmaßen "Geflügel & Schwein" bzw. "Geflügel & Schwein mit Gülle & Mist" am höchsten, aber bei diesen Belastungsmaßen werden die Gerüche aus der Rinderhaltung nicht berücksichtigt. Um Aussagen über die Belästigungswirkung von Gerüchen aus der Tierhaltung machen zu können, ist allerdings ein Belastungsmaß erforderlich, dass auch die Rinderhaltung mit einschließt. Daher werden bei den folgenden Auswertungen nur die beiden Belastungsmaße "Tierhaltungsgerüche-0" (Geflügel, Schwein, Rind, Pferd) und "Landwirtschaftliche Gerüche" berücksichtigt.

Tab. 11: Güte der Anpassung des logistischen Regressionsmodells mit unterschiedlichen Belastungsmaßen für die Geruchshäufigkeit im Zusammenhang mit der Zielgröße "sehr stark Belästigte" unter Berücksichtigung der Störgrößen

Belastungsmaß	Hosmer-Lemeshow-Test	Chi ²	Erklärungswert	R _N ²
1. Landwirtschaftliche Gerüche	p = 0.74	43,14	7,5%	0.10
2. Gerüche nach GIRL	p = 0.99	43,25	7,5%	0.10
3. Tierhaltungsgerüche-0	p = 0.34	49,59	8,6%	0.11
4. Tierhaltungsgerüche-1	p = 0.41	49,57	8,6%	0.11
5. Tierhaltungsgerüche-2	p = 0.69	46,71	8,1%	0.11
6. Tierhaltungsgerüche-3	p = 0.54	46,95	8,1%	0.11
7. Geflügel & Schwein	p = 0.42	59,61	10,3%	0.14
8. Geflügel & Schwein mit Gülle & Mist	p = 0.51	58,80	10,2%	0.13

3.4.3.1.2 Darstellung der Expositions-Wirkungskurven

In Tabelle 12 sind die Parameterschätzer für die Belastungsvariablen "Landwirtschaftliche Gerüche" und "Tierhaltungsgerüche-0" mit der zugehörigen Irrtumswahrscheinlichkeit (p-Wert) und dem Odds-Ratio dargestellt.

Tab. 12: Ergebnisse der logistischen Regressionsanalysen zum Zusammenhang zwischen den unterschiedlichen Geruchsbelastungsmaßen und den Zielgrößen "Belästigte" (Thermometerwerte 1-10) und "sehr stark Belästigte" (Thermometerwerte 7-10) unter Berücksichtigung der Störgrößen

	Parameterschätzer	p-Wert	Odds-Ratio & 95%-KI
Zielgröße: "Belästigte"			
Landwirtsch. Gerüche	0,17	p = 0.02	1,19 (1,03 - 1,37)
Tierhaltungsgerüche-0	0,18	p = 0.04	1,20 (1,06 - 1,36)
Zielgröße: "sehr stark Belästigte"			
Landwirtsch. Gerüche	0,24	p = 0.06	1,27 (0,99 - 1,61)
Tierhaltungsgerüche-0	0,34	p = 0.002	1,40 (1,14 - 1,73)

Beim Vergleich der Ergebnisse der vier Regressionsanalysen zeigt sich, dass das Belastungsmaß "Landwirtschaftliche Gerüche" im Zusammenhang mit der Zielgröße "sehr stark Belästigte" nicht signifikant ist ($p = 0.06$), d.h. dieses Belastungsmaß ist nicht gut geeignet, um die Belästigungsreaktion vorherzusagen. Im Gegensatz dazu ist das Belastungsmaß "Tierhaltungsgerüche-0" besser für die Beschreibung der Geruchsbelastung geeignet, wie man anhand der statistisch bedeutsamen und höheren Parameterschätzer im Hinblick auf die beiden Zielgrößen feststellen kann. Daher werden die weiteren Darstellungen und Auswertungen nur in Bezug auf das Belastungsmaß "Tierhaltungsgerüche-0" vorgenommen.

In Abbildung 26 wird die mit Hilfe des logistischen Regressionsmodells errechnete Zunahme an "Belästigten" bzw. an "sehr stark Belästigten" in Abhängigkeit von der Geruchshäufigkeit als Kurve dargestellt. Hierbei werden die ermittelten Regressionskoeffizienten sowie die auf mittleren Störgrößeneinfluss standardisierten Störgrößen (Adjustierung) in die Formel eingesetzt und dann der Anteil an "Belästigten" bzw. "sehr stark Belästigten" für jede Belastungsstufe berechnet.

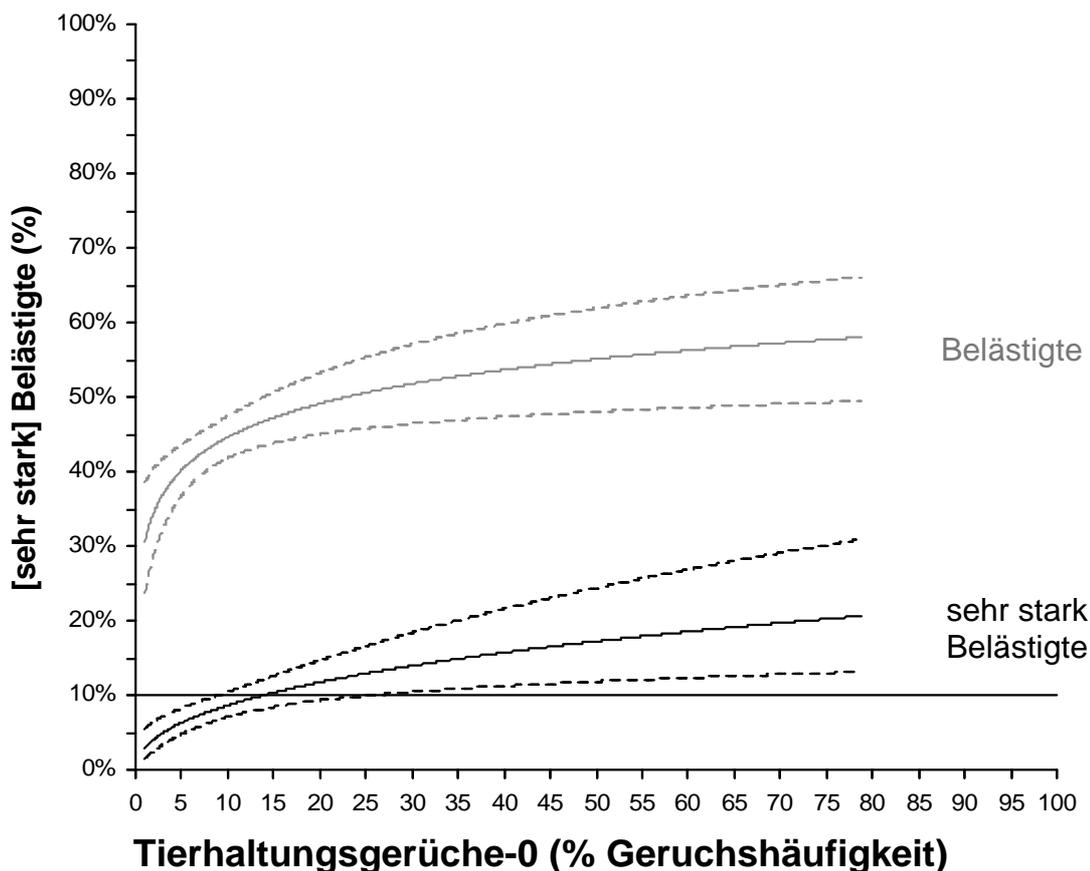


Abb. 26: Darstellung des prozentualen Anteils an "Belästigten" (Thermometerwerte 1 - 10; grau) und an "sehr stark Belästigten" (Thermometerwerte 7 - 10, schwarz) in Abhängigkeit vom Belastungsmaß "Tierhaltungsgerüche-0" nach Adjustierung für die Störgrößen "Alter", "Geschlecht", "Schulbildung", "Gesundheitsunzufriedenheit", "Sinusitis", "schlechte Wohnqualität", "Lärmbelästigung" und "Engagement in der Nachbarschaft"

Für die Geruchsimmissions-Richtlinie (GIRL) NRW in der Fassung vom 21.09.2004 wurde die im Forschungsprojekte "Untersuchungen zur Auswirkung von Intensität und hedonischer Geruchsqualität auf die Ausprägung der Geruchsbelästigung (Hedonik-Projekt)" (Sucker et al., 2003) ermittelte Kurve zur Expositions-Wirkungsbeziehung verwendet, um festzulegen, ab wann in Ergänzung zur GIRL mit einer "erheblichen" Belästigung im Sinne § 3 BImSchG zu rechnen ist. Hierbei wurde ein Anteil an "sehr stark Belästigten" von maximal 10% zugrunde gelegt und dann die entsprechend zugehörige prozentuale Geruchshäufigkeit mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 90% bzw. einer statistischen Sicherheit von 90% bestimmt. Verwendet man diese Vorgehensweise im Zusammenhang mit den vorliegenden Daten zu der Expositions-Wirkungskurve in Abbildung 26, dann lässt sich folgendes ablesen:

Im Zusammenhang mit dem Belastungsmaß Tierhaltungsgerüche-0 zeigt sich, dass der Anteil an "sehr stark Belästigten" in Abhängigkeit von der Geruchshäufigkeit ansteigt. Der Prozentsatz von 10% "sehr stark Belästigten" wird mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 10% bei einer Belastung von 9% Geruchshäufigkeit erreicht. Wenn man im Vergleich dazu den Anteil an "Belästigten" betrachtet, so liegt dieser bei einer Geruchshäufigkeit von 9% mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 10% bereits bei 47%.

3.4.3.1.3 Darstellung der Odds-Ratios und Störgrößen

Zusätzlich zum Belastungsmaß "Tierhaltungsgerüche-0" ergeben sich im Zusammenhang mit der Zielgröße "Belästigte" statistisch bedeutsame Ergebnisse für die Störgröße "Engagement in der Nachbarschaft" und im Zusammenhang mit der Zielgröße "sehr stark Belästigte" für die Störgrößen "Lärmbelästigung", "schlechte Wohnqualität" und "Gesundheitsunzufriedenheit" (Tabelle 13).

Die Werte der Tabelle 13 lassen sich auch graphisch darstellen (z.B. Abbildung 27). Eine Abbildung mit der *Darstellung von Odds-Ratios* ist folgendermaßen zu lesen: Die senkrechten Striche an den horizontalen Balken kennzeichnen die Lage der Odds-Ratios. Die Entfernung von der durch 1 auf der x-Achse verlaufenden Linie gibt die Bedeutung der jeweiligen Störgröße wieder. Je größer die Entfernung, desto bedeutsamer ist der Einfluss dieser Störgröße. Liegt das Odds-Ratio auf der linken Seite, so handelt es sich um einen positiven Einfluss ("die Belästigung wird geringer, wenn ..."), liegt das Odds-Ratio auf der rechten Seite, so handelt es sich um einen negativen Einfluss ("die Belästigung wird stärker, wenn ..."). Das Signifikanzniveau wird mit Hilfe des p-Wertes angegeben und zeigt an, ob der Einfluss der Störgröße als statistisch bedeutsam einzustufen ist. Der Balken kennzeichnet das 95%-Konfidenzintervall für das Odds-Ratio. Je kleiner der Balken ist, desto größer ist die Aussagesicherheit. Wenn der Balken die durch 1 auf der x-Achse verlaufende Linie nicht berührt oder schneidet, so weist das auf einen signifikanten Einfluss hin, ebenso wie die Angabe des p-Wertes.

Tab. 13: Ergebnisse der logistischen Regressionsanalysen zum Zusammenhang zwischen dem Belastungsmaß "Tierhaltungsgerüche-0" und den Zielgrößen "Belästigte" (Thermometerwerte 1-10) und "sehr stark Belästigte" (Thermometerwerte 7-10) unter Berücksichtigung der Störgrößen

	Parameterschätzer	p-Wert	Odds-Ratio & 95%-KI
Zielgröße: "Belästigte"			
Tierhaltungsgerüche-0	0,18	p = 0.004	1,20 (1,06 - 1,36)
Engagement in der Nachbarschaft	0,39	p = 0.007	1,48 (1,12 - 1,95)
Zielgröße: "sehr stark Belästigte"			
Tierhaltungsgerüche-0	0,34	p = 0.002	1,40 (1,14 - 1,73)
Lärmbelästigung	0,19	p < 0.001	1,20 (1,11 - 1,30)
schlechte Wohnqualität	0,27	p = 0.006	1,31 (1,08 - 1,38)
Gesundheitsunzufriedenheit	0,27	p = 0.03	1,31 (1,03 - 1,67)

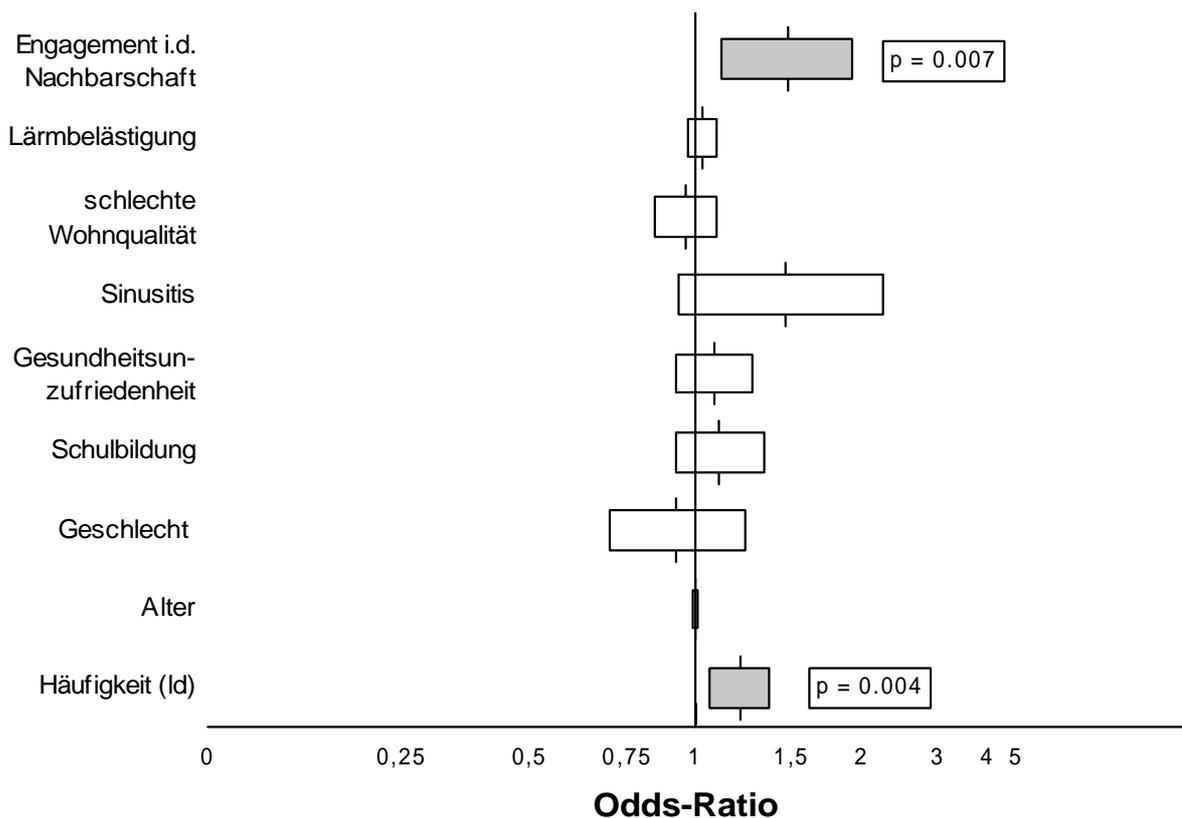


Abb. 27: Ergebnisdarstellung der logistischen Regressionsanalyse zum Einfluss des Belastungsmaßes "Tierhaltungsgerüche-0" auf die Belästigungsreaktion der Anwohner ("Belästigte": Thermometerwerte 1-10) unter Berücksichtigung der Störgrößen "Alter", "Geschlecht", "Schulbildung", "Gesundheitsunzufriedenheit", "Sinusitis", "schlechte Wohnqualität", "Lärmbelästigung" und "Engagement in der Nachbarschaft"

Für das Belastungsmaß "Tierhaltungsgerüche-0 (Geflügel, Schwein, Rind, Pferd)" ergibt sich im Hinblick auf die Zahl der "Belästigten" (Thermometerwerte 1-10) (Tabelle 13, Abbildung 27) ein signifikantes Odds-Ratio von 1.20 ($p = 0.004$). Das heißt, dass eine Verdopplung der Geruchshäufigkeit nur zu einer geringfügigen, 1,2-fachen Erhöhung des Prozentsatzes an "Belästigten" führt. Zusätzlich ergibt sich ein statistisch bedeutsames Ergebnis für die Störgröße "Engagement in der Nachbarschaft", d.h. die Anwohner, die sich vorstellen können, sich für die Interessen ihrer Nachbarschaft aktiv einzusetzen, sind bei gleicher Geruchsbelastung stärker belästigt. Das Odds-Ratio dieser Störgröße beträgt 1.48 ($p = 0.007$) und zeigt an, dass diese Störgröße einen etwas stärkeren Einfluss auf die Belästigungsreaktion hat als die Geruchsbelastung.

Im Vergleich zu den Ergebnissen des Hedonik-Projektes, in dem Anwohner in der Umgebung von Industrieanlagen in urban geprägten Gebieten befragt wurden, zeigt sich in den untersuchten ländlichen Wohngebieten ein höheres Interesse an der Lebensqualität im Wohnumfeld. Hierin deutet sich an, dass bei einer für den Anwohner erkennbaren Veränderung der Geruchsbelastungssituation (Zunahme der Belastung oder neue Geruchsqualität) ein verstärktes Engagement der Bürger für die Interessen in ihrer Nachbarschaft zu erwarten ist. So könnte es beispielsweise auch trotz unveränderter Geruchsbelastungssituation zu einer Zunahme von "Belästigten" kommen, wenn die Bereitschaft, sich zu engagieren, ansteigt.

Im Zusammenhang mit dem Prozentsatz an "sehr stark Belästigten" (Thermometerwerte 7-10) (Tabelle 13, Abbildung 28) zeigt sich für das Belastungsmaß "Tierhaltungsgerüche-0" ein signifikantes Odds-Ratio von 1.40 ($p = 0.002$), d.h. eine Verdopplung der Geruchshäufigkeit führt zu einer Erhöhung des Prozentsatzes an "sehr stark Belästigten" um das 1,4-fache.

Zusätzlich ergibt sich ein statistisch bedeutsames Ergebnis für die Störgrößen "Lärmbelästigung" (OR = 1.20; $p < 0.001$) "schlechte Wohnqualität" (OR = 1.31; $p = 0.006$) und "Gesundheitsunzufriedenheit" (OR = 1.31; $p = 0.03$). Das bedeutet, dass Anwohner, die sich durch Lärm belästigt fühlen, die ihre Wohnqualität als schlecht einstufen und die mit ihrer Gesundheit nicht zufrieden sind, bei gleicher Geruchsbelastung eine höhere Belästigung angeben. Wie anhand der Höhe der Odds-Ratios zu sehen ist, hat die Geruchsbelastung einen größeren Einfluss auf die Belästigungsreaktion als diese drei Störgrößen.

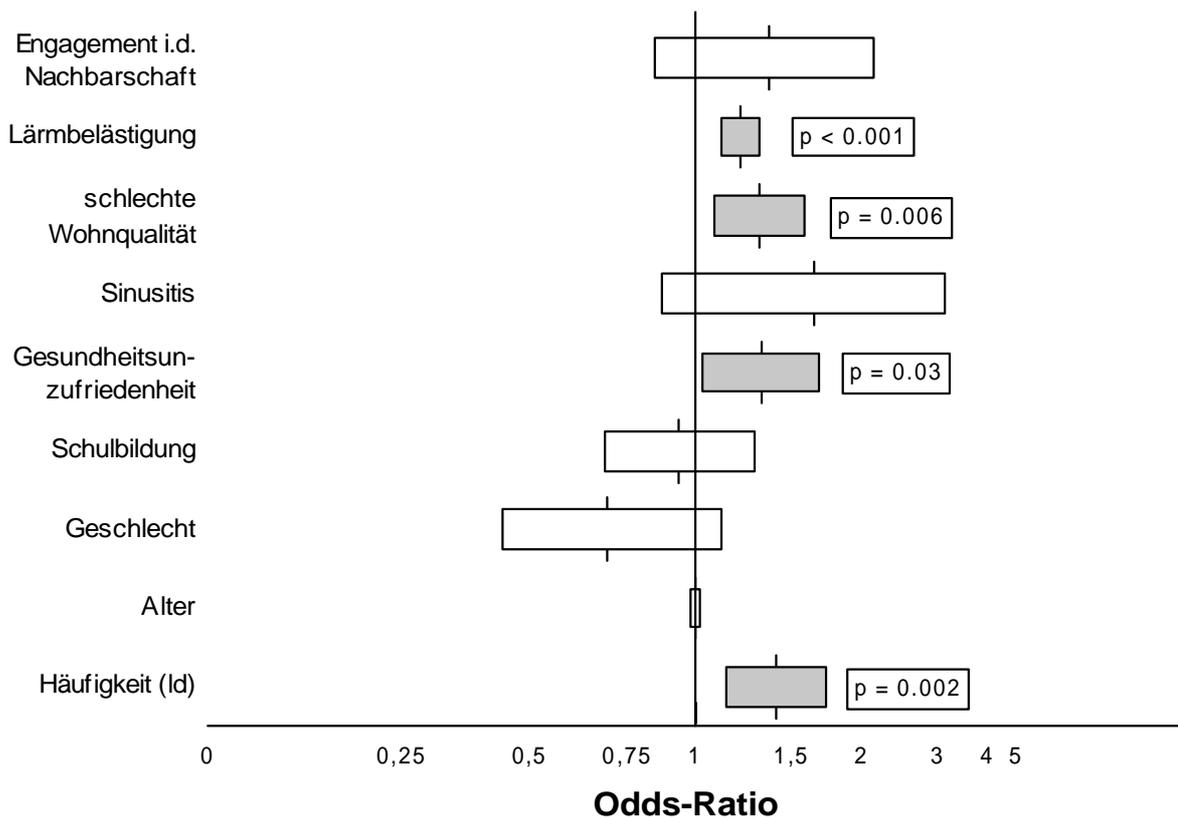


Abb. 28: Ergebnisdarstellung der logistischen Regressionsanalyse zum Einfluss des Belastungsmaßes "Tierhaltungsgerüche-0" auf die Belästigungsreaktion der Anwohner ("sehr stark Belästigte": Thermometerwerte 7-10) unter Berücksichtigung der Störgrößen "Alter", "Geschlecht", "Schulbildung", "Gesundheitsunzufriedenheit", "Sinusitis", "schlechte Wohnqualität", "Lärmbelästigung" und "Engagement in der Nachbarschaft"

3.4.3.2 Geruchsbelästigung in Abhängigkeit von der Geruchsintensität

Die statistische Überprüfung des Belastungsmaßes „Geruchsintensität der Tierhaltungsgerüche-0“ im Hinblick auf die prognostische Validität zur Vorhersage von Belästigungsreaktionen wurde ebenfalls mit Hilfe der logistischen Regressionsanalyse durchgeführt. Hierbei wurde die Intensität nach der Formel (3) berechnet. Die Ergebnisse sind in Anhang I zu finden.

In Tabelle 14 wird die Güte des Regressionsmodells mit Hilfe der Irrtumswahrscheinlichkeit (p-Wert) für den Hosmer-Lemeshow-Test, dem Chi-Quadrat-Wert, dem prozentualen Erklärungswert und dem Determinationskoeffizient R_N^2 nach Nagelkerke beschrieben.

Tab. 14: Güte der Anpassung des logistischen Regressionsmodells für das Belastungsmaß „Geruchsintensität der Tierhaltungsgerüche-0“ im Zusammenhang mit der Zielgröße "sehr stark Belästigte" unter Berücksichtigung der Störgrößen

	Hosmer-Lemeshow-Test	Chi ²	Erklärungswert	R _N ²
Zielgröße: „sehr stark Belästigte“				
Geruchsintensität der Tierhaltungsgerüche-0	0,16	43,11	7,5%	0,10

In Tabelle 14 zeigt sich anhand des Hosmer-Lemeshow-Tests, dass das Modell für das Belastungsmaß „Geruchsintensität der Tierhaltungsgerüche-0“ Gültigkeit besitzt. Der prozentuale Erklärungswert, das Chi² und R_N² sind jedoch geringer als im Modell mit dem Belastungsmaß "Geruchshäufigkeit der Tierhaltungsgerüche-0" (siehe Tabelle 11), d.h. dass die Geruchsintensität im Vergleich zur Geruchshäufigkeit weniger gut geeignet ist, um die Belästigungsreaktion der Anwohner vorherzusagen.

In Tabelle 15 sind die Parameterschätzer für die Belastungsvariable "Geruchsintensität der Tierhaltungsgerüche-0" mit der zugehörigen Irrtumswahrscheinlichkeit (p-Wert) und dem Odds-Ratio dargestellt.

Tab. 15: Ergebnisse der logistischen Regressionsanalysen zum Zusammenhang zwischen dem Belastungsmaß "Geruchsintensität der Tierhaltungsgerüche-0" und den Zielgrößen "Belästigte" (Thermometerwerte 1-10) und "sehr stark Belästigte" (Thermometerwerte 7-10) unter Berücksichtigung der Störgrößen

	Parameterschätzer	p-Wert	Odds-Ratio & 95%-KI
Zielgröße: "Belästigte"			
Geruchsintensität der Tierhaltungsgerüche-0	- 0,07	p = 0.22	0,94 (0,84 - 1,04)
Engagement in der Nachbarschaft	0,41	p = 0.004	1,51 (1,14 - 2,00)
Zielgröße: "sehr stark Belästigte"			
Geruchsintensität der Tierhaltungsgerüche-0	- 0,17	p = 0.57	0,85 (0,71 - 1,01)
Lärmbelästigung	0,18	p < 0.001	1,20 (1,11 - 1,30)
schlechte Wohnqualität	0,26	p = 0.006	1,30 (1,08 - 1,57)

Der Zusammenhang zwischen dem Belastungsmaß "Geruchsintensität der Tierhaltungsgerüche-0" und der Zielgröße "Belästigte" bzw. "sehr stark Belästigte" ist nicht statistisch bedeutsam ($p < 0.05$), d.h. die "Geruchsintensität der Tierhaltungsgerüche-0" ist als Maß für die Geruchsbelastung nicht geeignet. Daher wird auf eine graphische Darstellung der Odds-Ratios der Störgrößen verzichtet und im Folgenden nur noch die Geruchshäufigkeit als Belastungsmaß betrachtet.

3.4.3.3 Geruchsbelästigung in Abhängigkeit von der Tierart und der Geruchshäufigkeit

Die Geruchsqualitäten "Rind", "Schwein" und "Geflügel" konnten als unangenehm klassifiziert werden, wobei die Qualität "Rind" als weniger unangenehm beurteilt wurde als die Qualitäten "Schwein" und "Geflügel". Da sich die Geruchsqualitäten im Hinblick auf die Hedonik nicht wesentlich unterscheiden, wird im Rahmen der logistischen Regressionsanalyse das unten beschriebene Verfahren gewählt, um zu prüfen, ob die Tierart (Geflügel, Schwein, Rind) einen Einfluss auf die Belästigungsreaktion der Anwohner hat.

Da unter den elf Untersuchungsgebieten mehrere sind, die nicht nur mit Gerüchen einer Tierart beaufschlagt werden, sondern durch mindestens zwei, wird ein Verfahren festgelegt, das den Einfluss der Geruchsqualität "Tierart" möglichst realitätsnah beschreibt.

3.4.3.3.1 Definition der Einflussgröße "Tierart"

Zunächst wird bestimmt, durch welche der drei Tierarten (Geflügel, Schwein, Rind) die Geruchsbelastung auf einer Beurteilungsfläche hauptsächlich verursacht wird (siehe Anhang J). Liegt beispielsweise die Geruchsbelastung auf einer Beurteilungsfläche für die Geruchsqualität "Geflügel" bei 4%, für "Schwein" bei 20% und für "Rind" bei 3% (Anhang J, Beispiel Anwohner Nr. 787), so wird die Beurteilungsfläche der Tierart Schwein zugeordnet und erhält die Geruchshäufigkeit des Belastungsmaßes "Tierhaltungsgerüche-0".

Liegt keine Geruchsbelastung durch eine Tierart, sondern durch andere landwirtschaftliche Gerüche (Gülle, Mist, Silage) vor, so erhält die Beurteilungsfläche die Zuordnung der dominanten Tierart im Untersuchungsgebiet (Anhang J, Beispiel: Anwohner Nr. 245, NW-2 (Geflügel)).

Wie in Tabelle 1.1 und 1.2 zu sehen ist, gab es in der vorliegenden Auswertung:

- in Baden-Württemberg 4 Untersuchungsgebiete - Schwein,
- in Mecklenburg-Vorpommern 1 Untersuchungsgebiet - Schwein mit einer Differenzierung in drei Standorte,
- in Niedersachsen 1 Untersuchungsgebiet - Geflügel mit einer Differenzierung in drei Standorte und 1 Untersuchungsgebiet Schwein,
- in Nordrhein-Westfalen 2 Untersuchungsgebiete - Rind und 1 Untersuchungsgebiet Geflügel und
- in Sachsen 1 Untersuchungsgebiet - Rind.

In Tabelle 16 wird das Ergebnis der Zuordnung der Anwohner zu einer der drei Tierarten getrennt für die elf Untersuchungsgebiete dargestellt. Es ist zu erkennen, dass die größte Gruppe mit 433 Anwohnern zur Tierart "Schwein" zugeordnet wurde, gefolgt von den Gruppen "Geflügel" (n = 259) und "Rind" (n = 258).

Tab. 16: Ergebnisse der Zuordnung der Anwohner zu einer "Tierart", getrennt für die Untersuchungsgebiete

Untersuchungsgebiet	Geflügel	Schwein	Rind
NW-1 (Rind)		9	123
NW-2 (Geflügel)	112	53	
NW-3 (Rind)		12	83
BW-Hohenlohe-1 (Schwein)	3	41	
BW-Hohenlohe-2 (Schwein)		80	
BW-Ostalb (Schwein)		38	2
BW-Enzkreis (Schwein)		98	
NI-1 (Geflügel)	110		
NI-2 (Schwein)	34	83	
MV (Schwein)		19	10
SN (Rind)			40
Gesamt	259	433	258

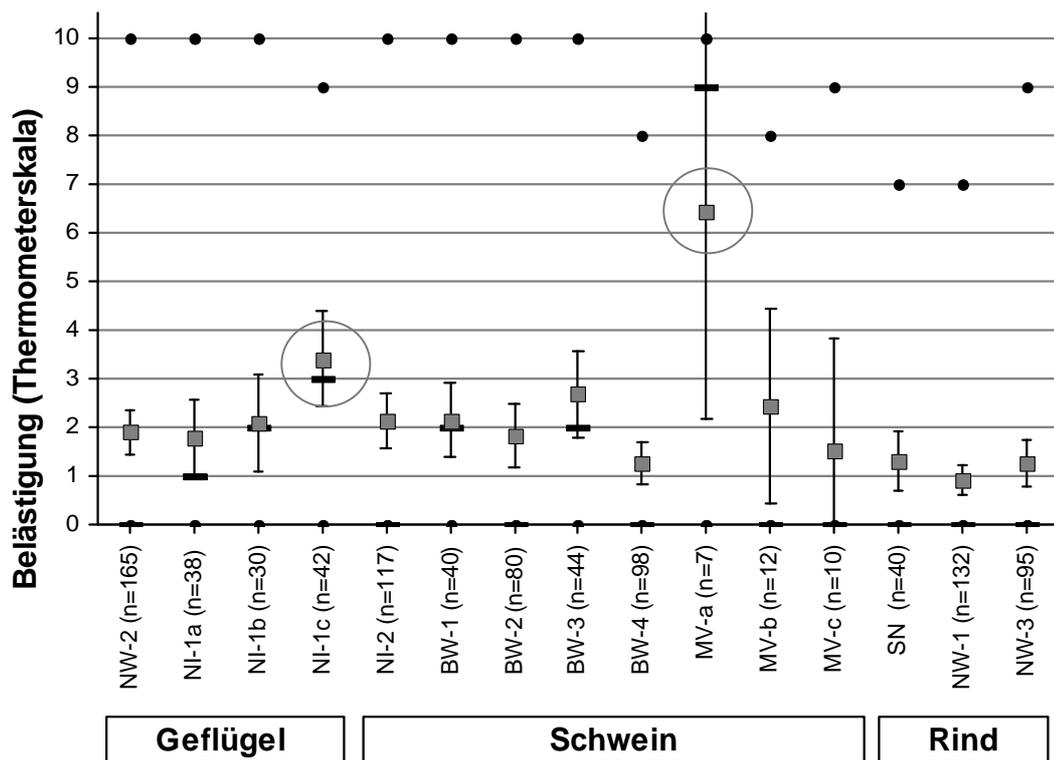


Abb. 29: Darstellung der mittleren Belästigungsreaktion in Abhängigkeit von den Tierarten "Geflügel", "Schwein" und "Rind" für die elf Untersuchungsgebiete, wobei NI-1 und MV jeweils aus drei Standorten bestehen; Darstellung der arithmetischen Mittelwerte zusammen mit dem 95%-Konfidenzintervall, Median, Minimum und Maximum; die grauen Kreise kennzeichnen die Untersuchungsgebiete mit den erhöhten Belästigungswerten

Beim Vergleich der Untersuchungsgebiete (Abbildung 29) hinsichtlich der mittleren Belästigungswerte auf der Thermometerskala zeigt sich, dass einer von den drei Standorten im Untersuchungsgebiet Niedersachsen NI-1c-Geflügel) und einer von den drei Standorten im Untersuchungsgebiet Mecklenburg-Vorpommern (MV-a-Schwein) eine statistisch bedeutsame höhere mittlere Belästigung aufweist als die anderen Untersuchungsgebiete bzw. Standorte. Die Gründe hierfür können nur vermutet werden. Bei der Vorbereitung der Belästigungsbefragung am Standort MV-a (Schwein) gab es Hinweise darauf, dass hier vor ca. fünf Jahren eine Beschwerdesituation in der Bevölkerung vorlag, die sich auf die Geruchsbelästigung durch die Tierart "Schweine" bezog. Für den Standort NI-1c (Geflügel) liegen jedoch keine solchen Informationen vor. Insgesamt gesehen ist davon auszugehen, dass die Belästigungsreaktion der Anwohner an diesen beiden Standorten wesentlich durch andere Faktoren als der Geruchsbelastung selbst beeinflusst wird.

Um die Ergebnisse der Regressionsanalysen mit Bezug auf die Wirkung der Geruchshäufigkeit und der Tierart eindeutig interpretieren zu können, wurden diese beiden Standorte bei den weiteren Auswertungen ausgeschlossen. Damit verringert

sich die Stichprobengröße von $N = 950$ auf $N = 901$ Anwohner. Am Standort NI-1c-Geflügel fallen $n = 42$ und am Standort MV-a-Schwein $n = 7$ Anwohner weg. Die Gruppengrößen für die Tierarten umfassen dann $n = 217$ (Geflügel) bzw. $n = 426$ (Schwein) Anwohner.

Um die Einflussgröße "Tierart" (Geflügel 1, Schwein 2, Rind 3) bei der Regressionsanalyse berücksichtigen zu können, werden zwei neue so genannte binäre "Kodiervariablen" (Einflussgrößen) erzeugt und zusätzlich in das Regressionsmodell aufgenommen (Baltes-Götz, 2005, S. 38 ff). Die erste Variable Tierart-1 erhält den Wert 1 für die Tierart "Geflügel" und 0 für die Tierarten "Schwein" und "Rind". Die zweite Variable Tierart-2 ist mit 1 für die Tierart "Schwein" und mit 0 für die beiden anderen Tierarten kodiert. Demzufolge wird die Regressionsanalyse nach dem folgenden **Modell 3** berechnet:

Belästigung = Belastung + Tierart + Tierart-1 + Tierart-2 + Störgrößen

Die Auswertungen erfolgten im Hinblick auf die Zielgrößen "Belästigte" und "sehr stark Belästigte". Die Ergebnisse der logistischen Regressionsanalysen sind in Anhang K zu finden.

Für das erweiterte Modell wird in Tabelle 17 die Güte des Regressionsmodells mit Hilfe der Irrtumswahrscheinlichkeit (p -Wert) für den Hosmer-Lemeshow-Test, dem Chi-Quadrat-Wert, dem prozentualen Erklärungswert und dem Determinationskoeffizienten R_N^2 nach Nagelkerke beschrieben.

Tab. 17: Güte der Anpassung des logistischen Regressionsmodells für das Belastungsmaß "Tierhaltungsgerüche-0" und die Einflussgröße "Tierart" im Zusammenhang mit der Zielgröße "sehr stark Belästigte" unter Berücksichtigung der Störgrößen

	Hosmer-Lemeshow-Test	Chi²	Erklärungswert	R_N^2
Tierhaltungsgerüche-0 & Tierart+Tierart 1+Tierart 2	$p = 0.69$	58,75	11,6%	0.15

Die Modellgültigkeit ist gegeben und der prozentuale Erklärungswert, das Chi^2 und R_N^2 sind höher als im Modell mit dem Belastungsmaß "Tierhaltungsgerüche-0" ohne Berücksichtigung der Einflussgröße Tierart (siehe Tabelle 11). Sie sind zudem höher als die Werte für alle anderen Belastungsmaße in der Tabelle. Die Tierart muss also bei der weiteren Betrachtung der Wirkung von Gerüchen aus der landwirtschaftlichen Tierhaltung berücksichtigt werden.

Um den Einfluss der Tierart auf die Belästigungsreaktion der Anwohner einer detaillierten Analyse zu unterziehen, werden sechs Regressionsanalysen getrennt für die drei Tierarten Geflügel, Schwein und Rind berechnet.

3.4.3.3.2 Darstellung der Expositions-Wirkungskurven

Die Güte der Regressionsmodelle für die verschiedenen Tierarten wird nur im Zusammenhang mit der Zielgröße "sehr stark Belästigte" dargestellt. Die Ergebnisse aller sechs logistischen Regressionsanalysen sind in Anhang K zu finden.

In Tabelle 18 zeigt sich anhand des Hosmer-Lemeshow-Tests, dass das Modell für die Tierart "Rind" keine Gültigkeit besitzt ($p = \leq 0.05$). Der prozentuale Erklärungswert für die Tierarten "Geflügel" und "Schwein" ist im Vergleich zur Betrachtung aller anderen Belastungsmaße, d.h. ohne die zusätzliche Berücksichtigung der Tierart, höher (siehe Tabelle 11).

Tab. 18: Güte der Anpassung des logistischen Regressionsmodells für das Belastungsmaß "Tierhaltungsgerüche-0" im Zusammenhang mit der Zielgröße "sehr stark Belästigte" unter Berücksichtigung der Störgrößen und getrennt für die Tierarten "Geflügel", "Schwein" und "Rind"

	Hosmer-Lemeshow-Test	Chi ²	Erklärungswert	R_N^2
Zielgröße: sehr stark Belästigte				
Geflügel *	$p = 0.14$	15,10	11,1%	0.15
Schwein **	$p = 0.93$	38,82	14,6%	0.19
Rind	$p = 0.02$	17,93	18,7%	0.22

* ohne den Standort NI-1-c; ** ohne den Standort MV-a

In Tabelle 19 sind die Parameterschätzer für das Belastungsmaß "Tierhaltungsgerüche-0" mit der zugehörigen Irrtumswahrscheinlichkeit (p-Wert) und dem Odds-Ratio getrennt für die drei Tierarten Geflügel, Schwein und Rind dargestellt.

Der Zusammenhang zwischen der Geruchsbelastung und der Zielgröße "Belästigte" für die Tierart "Geflügel" ist nicht statistisch signifikant ($p = 0.07$). Für die Zielgröße "sehr stark Belästigte" ist der Zusammenhang statistisch signifikant ($p = 0.04$).

Die Regressionsanalysen für die Tierart "Schwein" liefern signifikante Ergebnisse, im Hinblick auf beide Zielgrößen ($p = 0.001$ bzw. $p = 0.003$).

Der Parameterschätzer des Belastungsmaßes "Tierhaltungsgerüche-0" für die Tierart "Rind" ist nicht signifikant, sowohl im Hinblick auf die Zielgröße "Belästigte" ($p = 0.76$), als auch im Hinblick auf die Zielgröße "sehr stark Belästigte" ($p = 0.59$), d.h. der Zusammenhang zwischen der Geruchsbelastung durch Rindergerüche und der Belästigungsreaktion ist statistisch nicht bedeutsam (Tabelle 19).

Tab. 19: Ergebnisse der logistischen Regressionsanalysen zum Zusammenhang zwischen dem Belastungsmaß "Tierhaltungsgerüche-0" und den Zielgrößen "Belästigte" (Thermometerwerte 1-10) und "sehr stark Belästigte" (Thermometerwerte 7-10) unter Berücksichtigung der Störgrößen und getrennt für die Tierarten "Geflügel", "Schwein" und "Rind"

	Parameterschätzer	p-Wert	Odds-Ratio & 95%-KI
Zielgröße: "Belästigte"			
Geflügel *	0,41	p = 0.07	1,51 (0,97 - 2,35)
Schwein **	0,32	p = 0.001	1,38 (1,16 - 1,64)
Rind	0,04	p = 0.76	1,04 (0,80 - 1,36)
Zielgröße: "sehr stark Belästigte"			
Geflügel *	0,87	p = 0.04	2,40 (1,03 - 5,56)
Schwein **	0,45	p = 0.003	1,57 (1,16 - 2,11)
Rind	0,17	p = 0.59	1,18 (0,65 - 2,16)

* ohne den Standort NI-1-c; ** ohne den Standort MV-a

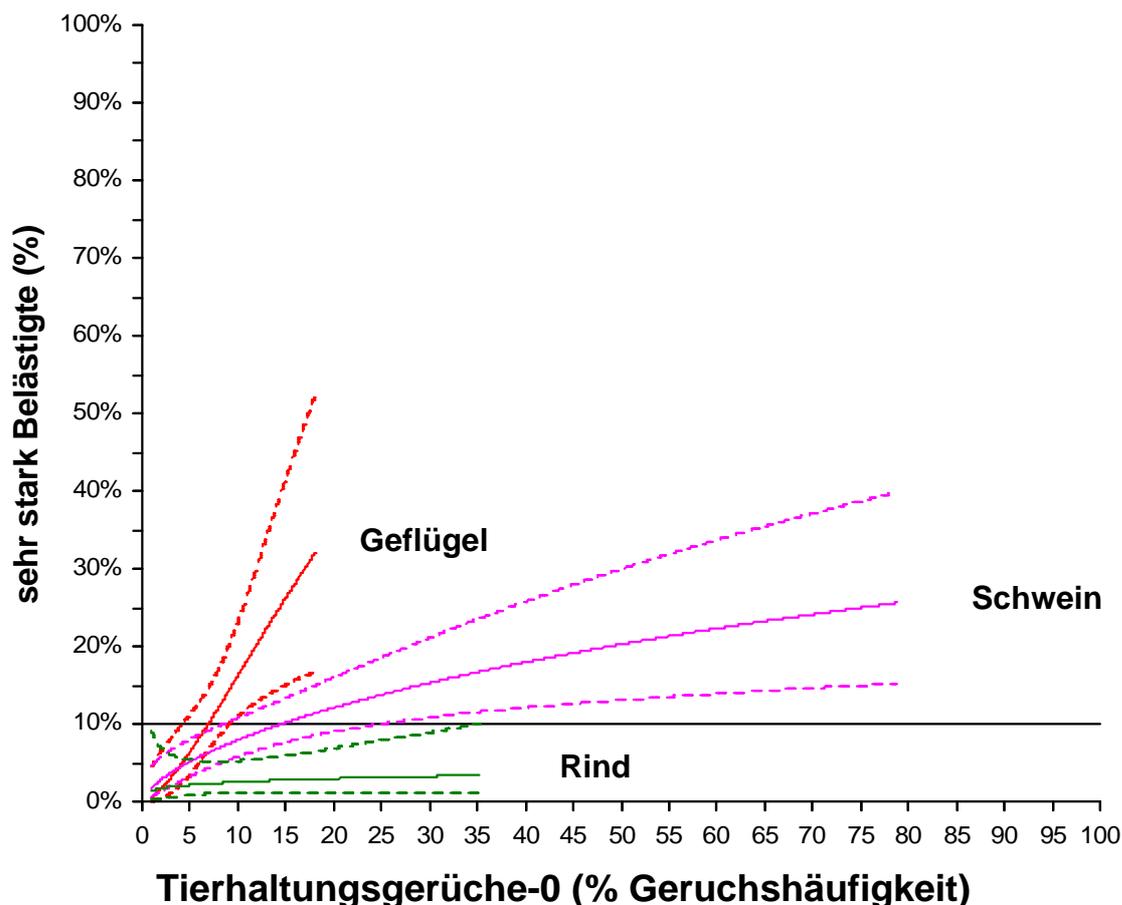


Abb. 30: Darstellung des prozentualen Anteils an "sehr stark Belästigten" (Thermometerwerte 7 - 10), getrennt für die drei Tierarten "Geflügel", "Schwein" und "Rind" in Abhängigkeit von dem Belastungsmaß "Tierhaltungsgerüche-0" nach Adjustierung für die Störgrößen "Alter", "Geschlecht", "Schulbildung", "Gesundheitsunzufriedenheit", "Sinusitis", "schlechte Wohnqualität", "Lärmbelästigung" und "Engagement in der Nachbarschaft"

In Abbildung 30 wird die mit Hilfe des logistischen Regressionsmodells errechnete Zunahme an "sehr stark Belästigten" in Abhängigkeit von der Geruchsbelastung durch "Tierhaltungsgerüche-0" und getrennt für die Tierarten "Geflügel", "Schwein" und "Rind" als Kurve dargestellt. Im Zusammenhang mit den Tierarten "Geflügel" und "Schwein" zeigt sich, dass der Anteil an "sehr stark Belästigten" in Abhängigkeit von der Geruchshäufigkeit ansteigt. Aufgrund der fehlenden Gültigkeit des Regressionsmodells wird die Expositions-Wirkungskurve für die Tierart "Rind" nicht noch einmal dargestellt, sondern stattdessen der einfache Zusammenhang zwischen der Geruchsbelastung (Geruchshäufigkeit) und der Belästigungsreaktion mit Hilfe der Anwohnerangaben auf der Thermometerskala (Abbildung 30a).

Abbildung 30a zeigt, dass bei der Tierart "Rind" die Belästigungsreaktion der Anwohner eindeutig geringer ausgeprägt ist, als bei den Tierarten "Geflügel" oder "Schwein" (siehe Abbildung 30). Zudem werden die Gerüche der Tierart "Rind" nur von wenigen Anwohnern als unzumutbar bezeichnet ($n = 12$). Die Gerüche der Tierart "Schwein" werden hingegen von $n = 37$ Anwohnern und die der Tierart "Geflügel" von $n = 26$ Anwohnern als unzumutbar bezeichnet.

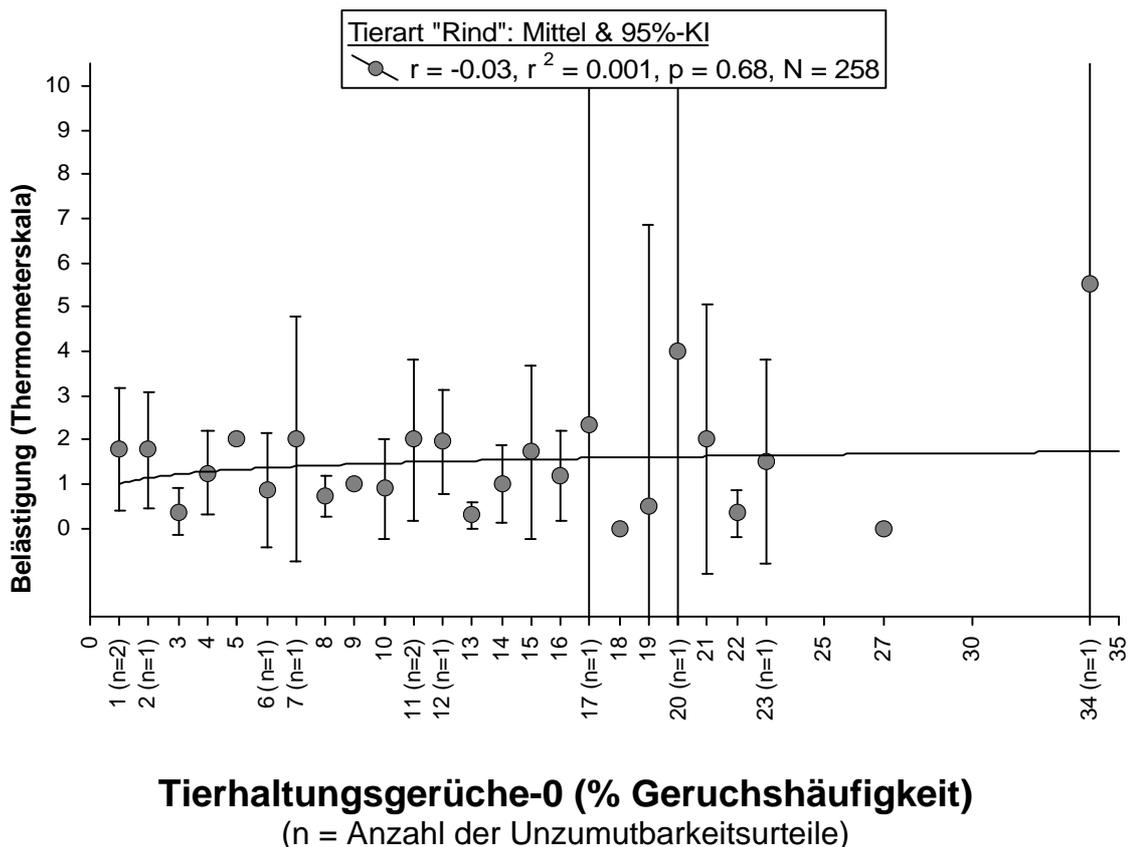


Abb. 30a: Zusammenhang zwischen linearer Häufigkeit von Tierhaltungsgerüchen-0 (Geflügel, Schwein, Rind, Pferd; % Geruchshäufigkeit) und Angaben auf dem Belästigungsthermometer; Darstellung der Häufigkeit von Unzumutbarkeitsurteilen; Darstellung der Mittelwerte mit dem 95%-Konfidenzintervall sowie in einer an die Daten angepassten logarithmischen Funktion mit der Gleichung $y = q \cdot [\lg(x)] + b$, mit der Geruchshäufigkeit als unabhängiger und der Belästigung als abhängiger Variablen

Für die Geruchsimmissions-Richtlinie (GIRL) NRW in der Fassung vom 21.09.2004 wurde die im Forschungsprojekte "Untersuchungen zur Auswirkung von Intensität und hedonischer Geruchsqualität auf die Ausprägung der Geruchsbelästigung (Hedonik-Projekt)" (Sucker et al., 2003) ermittelte Kurve zur Expositions-Wirkungsbeziehung verwendet, um festzulegen, ab wann in Ergänzung zur GIRL mit einer "erheblichen" Belästigung im Sinne § 3 BImSchG zu rechnen ist. Hierbei wurde ein Anteil an "sehr stark Belästigten" von maximal 10% zugrunde gelegt und dann die entsprechend zugehörige prozentuale Geruchshäufigkeit mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 10% bzw. einer statistischen Sicherheit von 90% bestimmt. Verwendet man diese Vorgehensweise im Zusammenhang mit den vorliegenden Daten zu der Expositions-Wirkungskurve in Abbildung 30b, dann lässt sich folgendes ablesen:

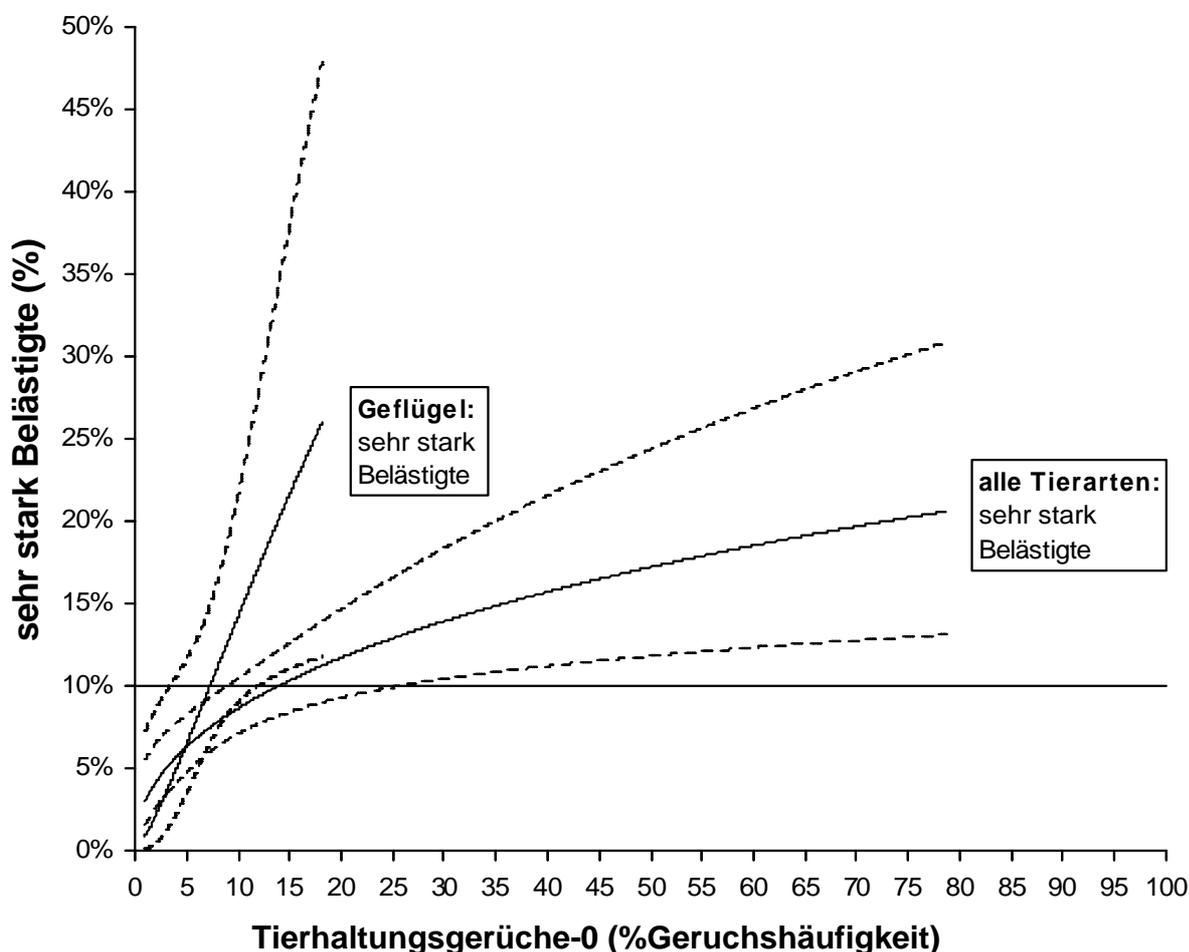


Abb. 30 b: **Tierart "Geflügel"**: Darstellung des prozentualen Anteils an "sehr stark Belästigten" (Thermometerwerte 7 - 10, schwarz) in Abhängigkeit von dem Belastungsmaß "Tierhaltungsgerüche-0" nach Adjustierung für die Störgrößen "Alter", "Geschlecht", "Schulbildung", "Gesundheitsunzufriedenheit", "Sinusitis", "schlechte Wohnqualität", "Lärmbelästigung" und "Engagement in der Nachbarschaft"; ohne die Anwohner am Standort NI-1c; zum Vergleich die Expositions-Wirkungskurve für alle Tierarten aus Abbildung 26

In Abbildung 30b ist zu erkennen, dass bei der Tierart "Geflügel" er Prozentsatz von 10% "sehr stark Belästigten" mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 10% bei einer Belastung von 3,4% Geruchshäufigkeit erreicht wird. Die Expositions-Wirkungskurve im Hinblick auf den Anteil an "Belästigten" wird nicht dargestellt, da das Regressionsmodell nicht geeignet ist, um den Zusammenhang zwischen Geruchshäufigkeit und Belästigungsreaktion zu beschreiben (siehe Tabelle 19).

Bei der Tierart "Schwein" (Abbildung 30c) wird der Prozentsatz von 10% "sehr stark Belästigten" mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 10% bei einer Belastung von 11% Geruchshäufigkeit erreicht. Der Anteil an "Belästigten" liegt im Vergleich dazu bei einer Geruchshäufigkeit von 11% mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 10% bereits bei 46%.

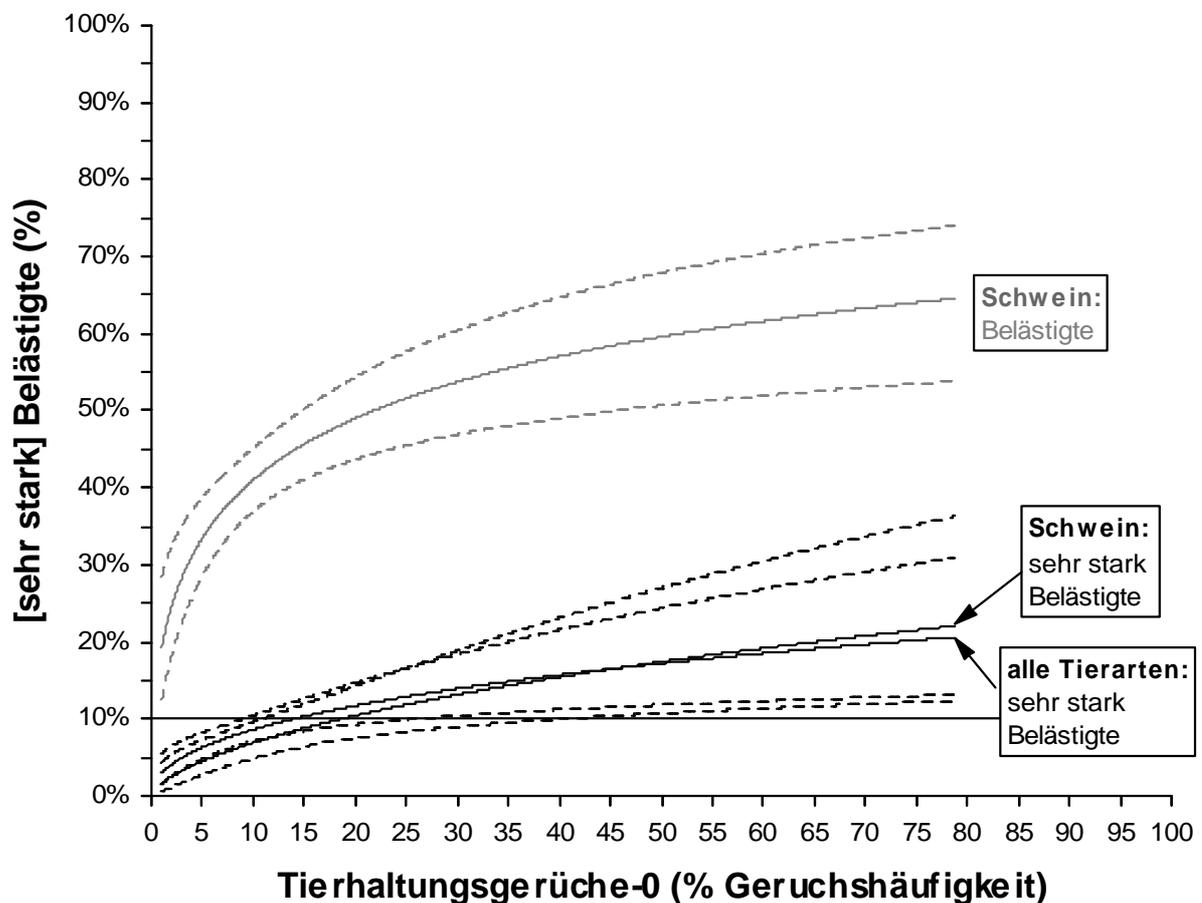


Abb. 30c: **Tierart "Schwein"**: Darstellung des prozentualen Anteils an "Belästigten" (Thermometerwerte 1 - 10; grau) und an "sehr stark Belästigten" (Thermometerwerte 7 - 10, schwarz) in Abhängigkeit von dem Belastungsmaß "Tierhaltungsgerüche-0" nach Adjustierung für die Störgrößen "Alter", "Geschlecht", "Schulbildung", "Gesundheitsunzufriedenheit", "Sinusitis", "schlechte Wohnqualität", "Lärmbelästigung" und "Engagement in der Nachbarschaft"; ohne die Anwohner am Standort MV-a; zum Vergleich die Expositions-Wirkungskurve für alle Tierarten aus Abbildung 26

3.4.3.2.3 Darstellung der Odds-Ratios und Störgrößen

Bei der Tierart "Rind" zeigt sich, dass das Regressionsmodell aus dem Belastungsmaß "Tierhaltungsgerüche-0" und den Störgrößen nicht geeignet ist, um den Zusammenhang zwischen Geruchshäufigkeit und Belästigungsreaktion gut zu beschreiben. Daher wird keine weitere Erläuterung der Störgrößen vorgenommen und auch keine Abbildung erstellt.

Im Hinblick auf die Tierart "Schwein" ergeben sich zusätzlich zum Belastungsmaß "Tierhaltungsgerüche-0" statistisch bedeutsame Ergebnisse für weitere Störgrößen (Tabelle 20). Im Zusammenhang mit der Zielgröße "Belästigte" ist die Störgröße "Engagement in der Nachbarschaft" statistisch bedeutsam und im Zusammenhang mit der Zielgröße "sehr stark Belästigte" die Störgrößen "Lärmbelästigung", "schlechte Wohnqualität" und "Gesundheitsunzufriedenheit".

Tab. 20: **Tierart "Schwein"**: Ergebnisse der logistischen Regressionsanalysen zum Zusammenhang zwischen dem Belastungsmaß "Tierhaltungsgerüche-0" und den Zielgrößen "Belästigte" (Thermometerwerte 1-10) und "sehr stark Belästigten" (Thermometerwerte 7-10) unter Berücksichtigung der Störgrößen

	Parameterschätzer	p-Wert	Odds-Ratio & 95%-KI
Zielgröße: "Belästigte"			
Tierhaltungsgerüche-0	0,32	p < 0.001	1,38 (1,16 - 1,64)
Engagement in der Nachbarschaft	0,61	p = 0.005	1,85 (1,20 - 2,84)
Zielgröße: "sehr stark Belästigte"			
Tierhaltungsgerüche-0	0,45	p = 0.003	1,57 (1,16 - 2,11)
Lärmbelästigung	0,21	p = 0.001	1,24 (1,09 - 1,40)
schlechte Wohnqualität	0,42	p = 0.005	1,53 (1,14 - 2,05)
Gesundheitsunzufriedenheit	0,41	p = 0.03	1,51 (1,05 - 2,17)

ohne den Standort MV-a

Im Zusammenhang mit dem Prozentsatz an "Belästigten" (Thermometerwerte 1-10) ergibt sich bei der Tierart "Schwein" für das Belastungsmaß "Tierhaltungsgerüche-0" ein signifikantes Odds-Ratio von 1.38 ($p < 0.001$) (Tabelle 20, Abbildung 31), d.h., dass eine Verdopplung der Geruchshäufigkeit zu einer 1,38-fachen Erhöhung des Prozentsatzes an "Belästigten" führt. Zusätzlich ergibt sich ein statistisch bedeutsames Ergebnis für die Störgröße "Engagement in der Nachbarschaft" (OR = 1.85; $p = 0.005$), d.h. die Anwohner, die sich vorstellen können, sich für die Interessen ihrer Nachbarschaft aktiv einzusetzen, bei gleicher Geruchsbelastung stärker beläs-

tigt sind. Wie anhand des höheren Odds-Ratios für diese Störgröße erkennbar ist, hat diese Störgröße einen stärkeren Einfluss auf die Belästigungsreaktion als die Geruchsbelastung selbst.

Im Zusammenhang mit dem Prozentsatz an "sehr stark Belästigten" (Thermometerwerte 7-10) ergibt sich bei der Tierart "Schwein" für das Belastungsmaß "Tierhaltungsgerüche-0" ein signifikantes Odds-Ratio von 1.57 ($p = 0.003$) (Tabelle 20, Abbildung 32), d.h., dass eine Verdopplung der Geruchshäufigkeit zu einer Erhöhung des Prozentsatzes an "sehr stark Belästigten" um das 1,57-fache führt. Zusätzlich ergibt sich ein statistisch bedeutsames Ergebnis für die Störgrößen "Lärmbelästigung" (OR = 1.24; $p = 0.001$), "schlechte Wohnqualität" (OR = 1.53; $p = 0.005$) und "Gesundheitsunzufriedenheit" (OR = 1.53; $p = 0.03$). Das bedeutet, dass Anwohner, die sich durch Lärm belästigt fühlen, die ihre Wohnqualität als schlecht einstufen und die mit ihrer Gesundheit nicht zufrieden sind, bei gleicher Geruchsbelastung eine höhere Belästigung angeben. Wie anhand der Höhe der Odds-Ratios zu sehen ist, ist der Einfluss der Geruchsbelastung auf die Belästigungsreaktion geringfügig größer als der der drei Störgrößen.

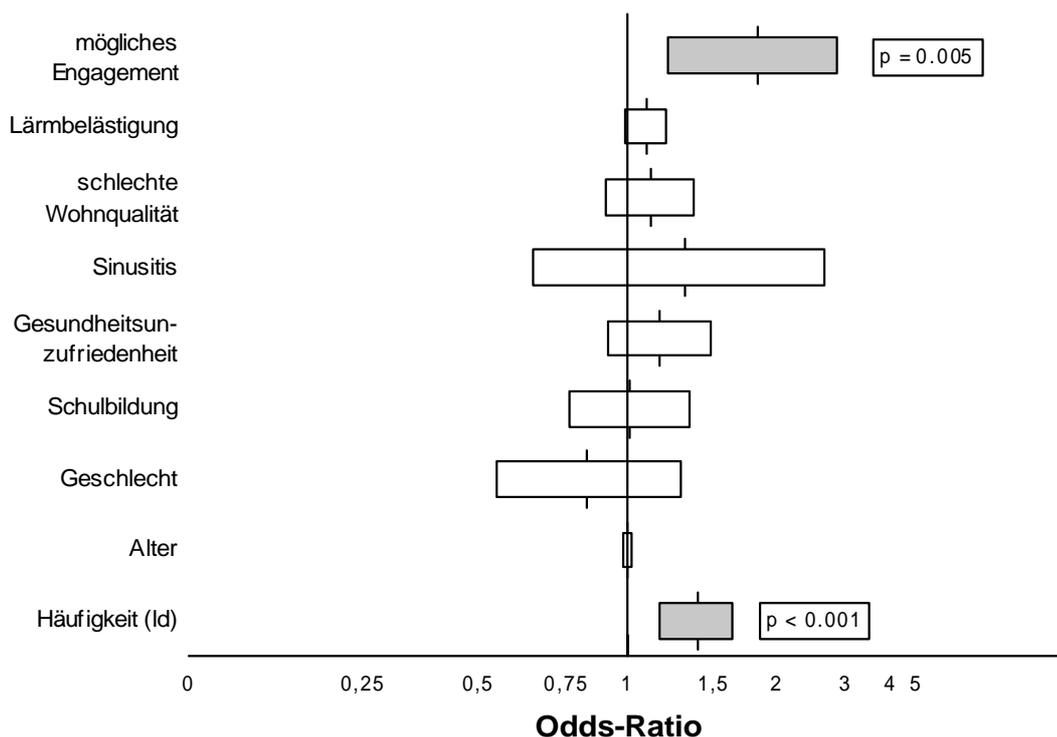


Abb. 31: **Tierart "Schwein"**: Ergebnisdarstellung der logistischen Regressionsanalyse zum Einfluss des Belastungsmaßes "Tierhaltungsgerüche-0" auf die Belästigungsreaktion der Anwohner ("Belästigte": Thermometerwerte 1-10) unter Berücksichtigung der Störgrößen "Alter", "Geschlecht", "Schulbildung", "Gesundheitsunzufriedenheit", "Sinusitis", "schlechte Wohnqualität", "Lärmbelästigung" und "Engagement in der Nachbarschaft"

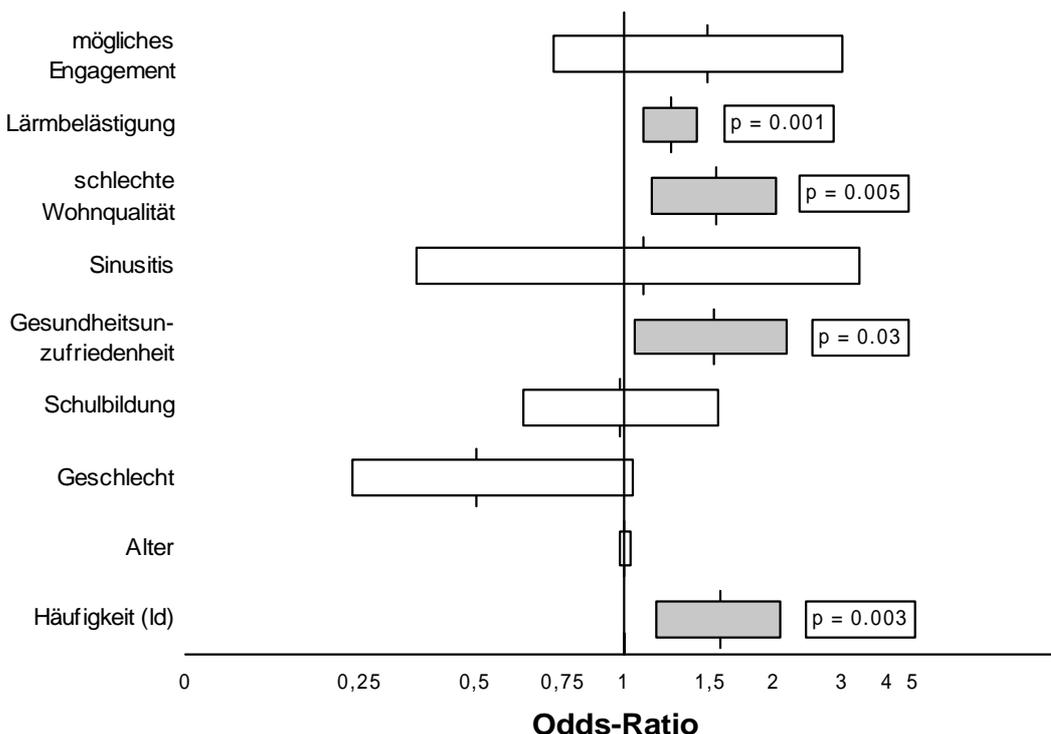


Abb. 32: **Tierart "Schwein"**: Ergebnisdarstellung der logistischen Regressionsanalyse zum Einfluss des Belastungsmaßes "Tierhaltungsgerüche-0" auf die Belästigungsreaktion der Anwohner ("sehr stark Belästigte": Thermometerwerte 7-10) unter Berücksichtigung der Störgrößen "Alter", "Geschlecht", "Schulbildung", "Gesundheitsunzufriedenheit", "Sinusitis", "schlechte Wohnqualität", "Lärmbelästigung" und "Engagement in der Nachbarschaft"

Bei der Tierart "Geflügel" zeigt sich im Hinblick auf die Zielgröße "Belästigte" kein statistisch bedeutsamer Zusammenhang (Tabelle 21).

Demgegenüber ergibt sich für den Zusammenhang der Zielgröße "sehr stark Belästigte" (Thermometerwerte 7-10) (Tabelle 21, Abbildung 33) mit dem Belastungsmaß "Tierhaltungsgerüche-0" ein signifikantes Odds-Ratio von 2.40 ($p = 0.04$), d.h., dass eine Verdopplung der Geruchshäufigkeit zu einer Erhöhung des Prozentsatzes an "sehr stark Belästigten" um das 2,4-fache führt. Zusätzlich ergibt sich ein statistisch bedeutsames Ergebnis für die Störgrößen "Lärmbelästigung" ($OR = 1.26$; $p = 0.03$). Das bedeutet, dass Anwohner, die sich durch Lärm belästigt fühlen, bei gleicher Geruchsbelastung eine höhere Belästigung angeben. Wie anhand der Höhe des Odds-Ratios zu sehen ist, hat die Geruchsbelastung einen deutlich stärkeren Einfluss auf die Belästigungsreaktion als die Lärmbelästigung, d.h. dass die Geruchsbelastung im Zusammenhang mit der Belästigungswirkung von Gerüchen aus der Geflügelhaltung der eindeutig dominante Einflussfaktor ist.

Tab. 21: **Tierart "Geflügel"**: Ergebnisse der logistischen Regressionsanalysen zum Zusammenhang zwischen dem Belastungsmaß "Tierhaltungsgerüche-0" und den Zielgrößen "Belästigte" (Thermometerwerte 1-10) und "sehr stark Belästigten" (Thermometerwerte 7-10) unter Berücksichtigung der Störgrößen

	Parameterschätzer	p-Wert	Odds-Ratio & 95%-KI
Zielgröße: "Belästigte"			
Tierhaltungsgerüche-0	0,41	p = 0.07	1,51 (0,97 - 2,35)
Engagement in der Nachbarschaft	0,44	p = 0.18	1,55 (0,82 - 2,95)
Zielgröße: "sehr stark Belästigte"			
Tierhaltungsgerüche-0	0,87	p = 0.04	2,40 (1,03 - 5,56)
Lärmbelästigung	0,23	p = 0.03	1,26 (1,03 - 1,55)
schlechte Wohnqualität	0,29	p = 0.20	1,33 (0,86 - 2,06)
Gesundheitsunzufriedenheit	0,10	p = 0.72	1,11 (0,64 - 1,91)

ohne den Standort NI-1-c

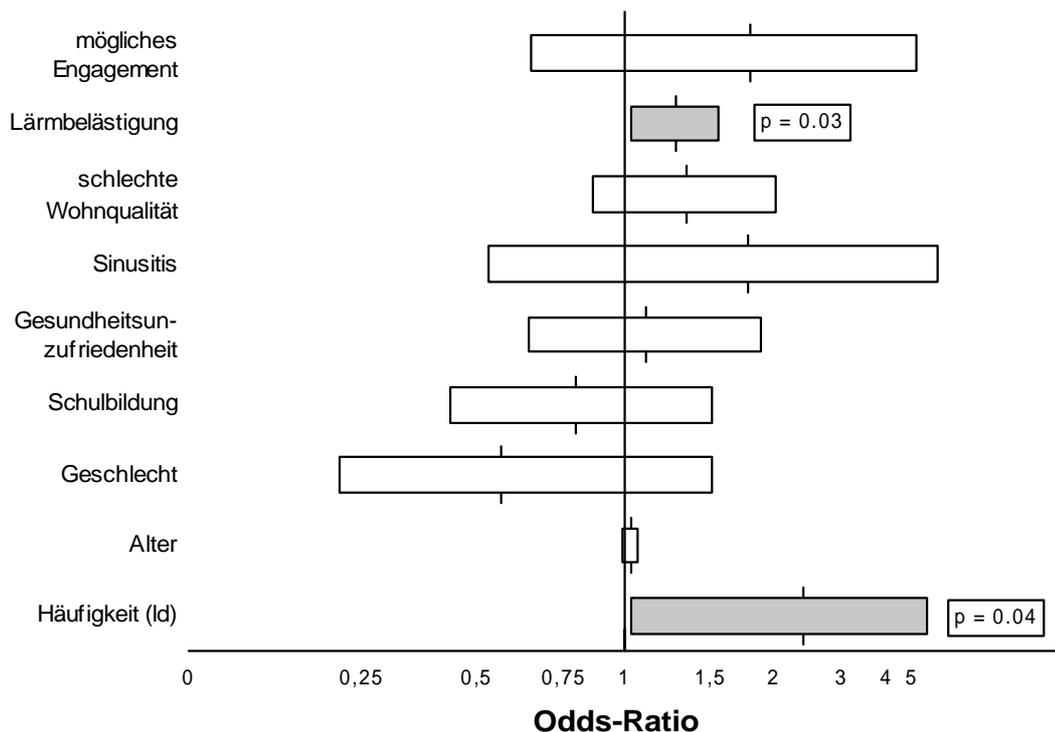


Abb. 33: **Tierart "Geflügel"**: Ergebnisdarstellung der logistischen Regressionsanalyse zum Einfluss des Belastungsmaßes "Tierhaltungsgerüche-0" auf die Belästigungsreaktion der Anwohner ("sehr stark Belästigte": Thermometerwerte 7-10) unter Berücksichtigung der Störgrößen "Alter", "Geschlecht", "Schulbildung", "Gesundheitsunzufriedenheit", "Sinusitis", "schlechte Wohnqualität", "Lärmbelästigung" und "Engagement in der Nachbarschaft"

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass im Vergleich zu den Modellen 1 und 2 das **Modell 3** am besten geeignet ist, um eine gute Vorhersage der Belästigungsreaktion der Anwohner zu erzielen, wenn als Belastungsmaß "Tierhaltungsgerüche-0" in % Geruchshäufigkeit verwendet und eine Unterscheidung zwischen den Tierarten Geflügel, Schwein und Rind getroffen wird.

3.4.3.3 Einfluss des Faktors "Ortsüblichkeit"

Im Folgenden wird der Einfluss der so genannten "Ortsüblichkeit" bzw. die vermutete größere Akzeptanz landwirtschaftlicher Tierhaltungsgerüche in der Bevölkerung im Vergleich zu industriell verursachten Gerüchen geprüft. Dabei stellt sich zunächst die Frage, wie diese Faktoren mit Hilfe der im Fragebogen erhobenen Daten beschrieben werden können.

3.4.3.3.1 Definition der Einflussgröße "Ortsüblichkeit"

Weder die Ortsüblichkeit noch die größere Akzeptanz landwirtschaftlicher Tierhaltungsgerüche sind unmittelbar bestimmbar. Daher wurden verschiedene Faktoren wie z.B. die Wohndauer in der Wohnung, in der Nachbarschaft oder in der Stadt, das Alter des Hauses oder weitere Wohnbedingungen einer detaillierten Untersuchung unterzogen, um die Ortsüblichkeit oder die größere Akzeptanz mit ihrer Hilfe näher beschreiben zu können. Diese Analyse hat ergeben, dass allein die Betrachtung der Wohndauer (in der Stadt) zu statistisch signifikanten Ergebnissen führt. Im Folgenden wird die Wohndauer als Einflussgröße "Ortsüblichkeit" betrachtet.

Der Teil der Anwohner mit einer Wohndauer von nicht mehr als 10 Jahren wurde der Gruppe der "Zugezogenen" (n = 427) zugeteilt, der übrige Teil der Anwohner mit einer Wohndauer von mehr als 10 Jahren wurde der Gruppe der "Alteingesessenen" (n = 523) zugeordnet.

3.4.3.3.2 Expositions-Wirkungszusammenhang und Odds-Ratios

Um die Einflussgröße "Ortsüblichkeit: Zugezogenen vs. Alteingesessenen" bei der Regressionsanalyse berücksichtigen zu können, wird die Regressionsanalyse nach dem folgenden **Modell 4** berechnet:

Belästigungsreaktion = Geruchsbelastung + Störgrößen + "Ortsüblichkeit"

Die folgenden Auswertungen wurden im Hinblick auf die Zielgrößen "Belästigte" und "sehr stark Belästigte" durchgeführt. Die Ergebnisse der logistischen Regressionsanalysen sind in Anhang L dargestellt. Als Maß für die Geruchsbelastung wird wie bisher das Belastungsmaß "Tierhaltungsgerüche-0" verwendet.

Wie bereits in den vorhergehenden Kapiteln werden auch hier der Standort im Untersuchungsgebiet Niedersachsen (NI-1c-Geflügel) und der Standort im Untersuchungs-

gebiet Mecklenburg-Vorpommern (MV-a-Schwein) von der Auswertung ausgeschlossen, da hier eine besondere Beschwerdesituation in der Nachbarschaft vorlag. Dementsprechend ändert sich die Größe der Gruppe der "Zugezogenen" (n = 405) und der Gruppe der "Alteingesessenen" (n = 496).

In Tabelle 22 sind die Parameterschätzer für das Belastungsmaß "Tierhaltungsgerüche-0" mit der zugehörigen Irrtumswahrscheinlichkeit (p -Wert) und dem Odds-Ratio für das erweiterte Modell dargestellt.

Tab. 22: Güte der Anpassung des logistischen Regressionsmodells für das Belastungsmaß "Tierhaltungsgerüche-0" und die Einflussgröße "Ortsüblichkeit" im Zusammenhang mit der Zielgröße "sehr stark Belästigte" und unter Berücksichtigung der Störgrößen

	Hosmer-Lemeshow-Test	Chi²	Erklärungswert	R_N^2
Tierhaltungsgerüche-0 & Ortsüblichkeit	$p = 0.63$	53,97	10,7%	0.14

ohne die Standorte NI-1-c und MV-a

Wie im Vergleich zu Tabelle 11 zu sehen ist, ist der prozentuale Erklärungswert durch die Berücksichtigung der Einflussgröße "Ortsüblichkeit" höher als ohne. Der Vergleich mit Tabelle 17 bzw. 18 zeigt, dass der prozentuale Erklärungswerte geringer ist, als für Modell 3. Es bleibt festzuhalten, dass sich die "Alteingesessenen" und "Zugezogenen" im Hinblick auf die Belästigungsreaktion gegenüber Gerüchen aus der landwirtschaftlichen Tierhaltung unterscheiden.

Das Ergebnis der Regressionsanalyse (Tabelle 22) zeigt, dass zusätzlich zum Belastungsmaß "Tierhaltungsgerüche-0" auch die "Ortsüblichkeit" einen statistisch bedeutsamen Einfluss auf die Ausprägung der Geruchsbelästigung hat. Um den Einfluss der "Ortsüblichkeit" auf die Belästigungsreaktion der Anwohner einer genaueren Analyse zu unterziehen, werden vier Regressionsanalysen getrennt für die Gruppe der "Alteingesessenen" und der "Zugezogenen" berechnet.

Wie in Tabelle 23 zu sehen ist, ist in der Gruppe der "Alteingesessenen" im Zusammenhang mit der Zielgröße "Belästigte" zusätzlich zur Störgröße "Engagement in der Nachbarschaft" auch die Größe "Sinusitis" statistisch bedeutsam. Die Belastung durch Tierhaltungsgerüche ist jedoch nicht signifikant.

Im Zusammenhang mit der Zielgröße "sehr stark Belästigte" sind in der Gruppe der "Alteingesessenen" neben dem Belastungsmaß "Tierhaltungsgerüche-0" auch die beiden Störgrößen "Lärmbelästigung" und "Gesundheitsunzufriedenheit" statistisch bedeutsam.

Tab. 23: "**Alteingesessene**": Ergebnisse der logistischen Regressionsanalysen zum Zusammenhang zwischen dem Belastungsmaß "Tierhaltungsgerüche-0" und dem Belästigungsmaß "Belästigte" bzw. "sehr stark Belästigten" unter Berücksichtigung der Störgrößen

	Parameterschätzer	p-Wert	Odds-Ratio & 95%-KI
Zielgröße: "Belästigte"			
Tierhaltungsgerüche-0	0,14	p = 0.11	1,38 (0,97 - 1,35)
Engagement in der Nachbarschaft	0,54	p = 0.05	1,85 (1,01 - 4,03)
Sinusitis	0,70	p = 0.008	1,72 (1,15 - 2,56)
Zielgröße: "sehr stark Belästigte"			
Tierhaltungsgerüche-0	0,29	p = 0.03	1,33 (1,02 - 1,74)
Lärmbelästigung	0,21	p < 0.001	1,24 (1,11 - 1,37)
Gesundheitsunzufriedenheit	0,44	p = 0.006	1,51 (1,05 - 2,17)

ohne die Standorte NI-1-c und MV-a

In der Gruppe der "Alteingesessenen" ergibt sich für die Geruchsbelastung durch "Tierhaltungsgerüche-0" im Hinblick auf die Zahl der "Belästigten" (Thermometerwerte 1-10) kein signifikantes Odds-Ratio (Tabelle 23, Abbildung 34), d.h. hier besteht kein Zusammenhang zwischen der Geruchsbelastung und der Belästigungsreaktion. Allerdings ergibt sich ein statistisch bedeutsames Ergebnis für die Störgrößen "Sinusitis" (OR = 1.85; p = 0.05) und "Engagement in der Nachbarschaft" (OR = 1.72; p = 0.008), d.h. die Anwohner, die sich vorstellen können, sich für die Interessen ihrer Nachbarschaft aktiv einzusetzen und angeben, in den vergangenen 12 Monaten ein- oder mehrmals an einer Sinusitis erkrankt zu sein, fühlen sich bei gleicher Geruchsbelastung stärker belästigt.

Im Zusammenhang mit dem Prozentsatz an "sehr stark Belästigten" (Thermometerwerte 7-10) (Tabelle 23, Abbildung 35) zeigt sich in der Gruppe der "Alteingesessenen" für die Belastung durch Tierhaltungsgerüche-0 ein signifikantes OR von 1.33 (p = 0.03), d.h., dass eine Verdopplung der Geruchshäufigkeit zu einer Erhöhung des Prozentsatzes an "sehr stark Belästigten" um das 1,33-fache führt. Zusätzlich ergeben sich statistisch bedeutsame Ergebnisse für die Störgrößen "Lärmbelästigung" (OR = 1.24; p < 0.001) und "Gesundheitsunzufriedenheit" (OR = 1.51; p = 0.006). Das bedeutet, dass Anwohner, die sich durch Lärm belästigt fühlen und die mit ihrer Gesundheit nicht zufrieden sind, bei gleicher Geruchsbelastung eine höhere Belästigung angeben. Wie anhand der Höhe der Odds-Ratios zu sehen ist, hat die Störgröße "Gesundheitsunzufriedenheit" einen geringfügig stärkeren Einfluss auf die Belästigungsreaktion als die Geruchsbelastung.

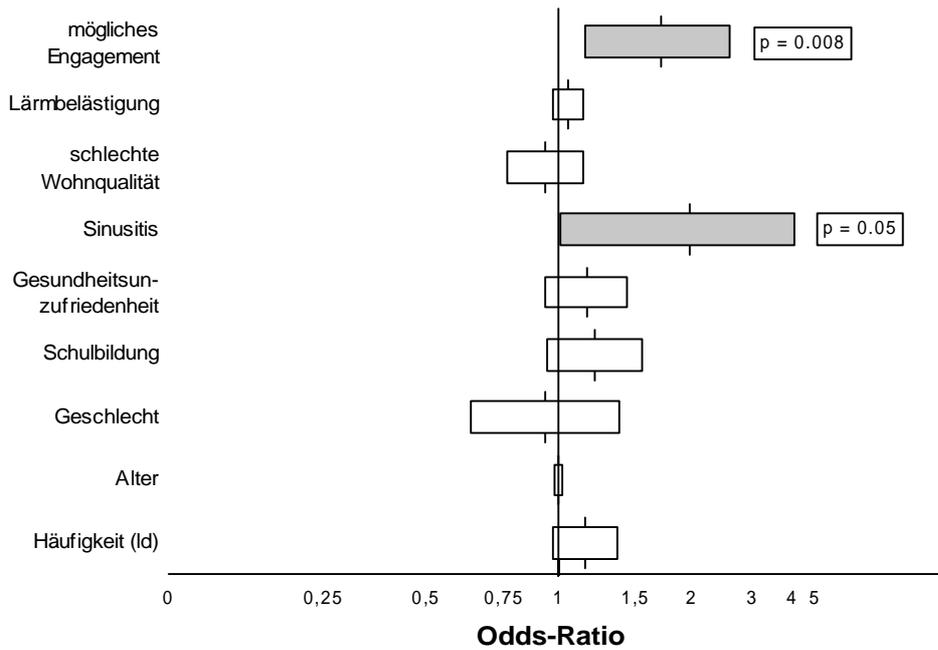


Abb. 34: **"Alteingesessene"**: Ergebnisdarstellung der logistischen Regressionsanalyse zum Einfluss des Belastungsmaßes "Tierhaltungsgerüche-0" auf die Belästigungsreaktion der Anwohner ("Belästigte": Thermometerwerte 1-10) unter Berücksichtigung der Störgrößen "Alter", "Geschlecht", "Schulbildung", "Gesundheitsunzufriedenheit", "Sinusitis", "schlechte Wohnqualität", "Lärmbelästigung" und "Engagement in der Nachbarschaft"

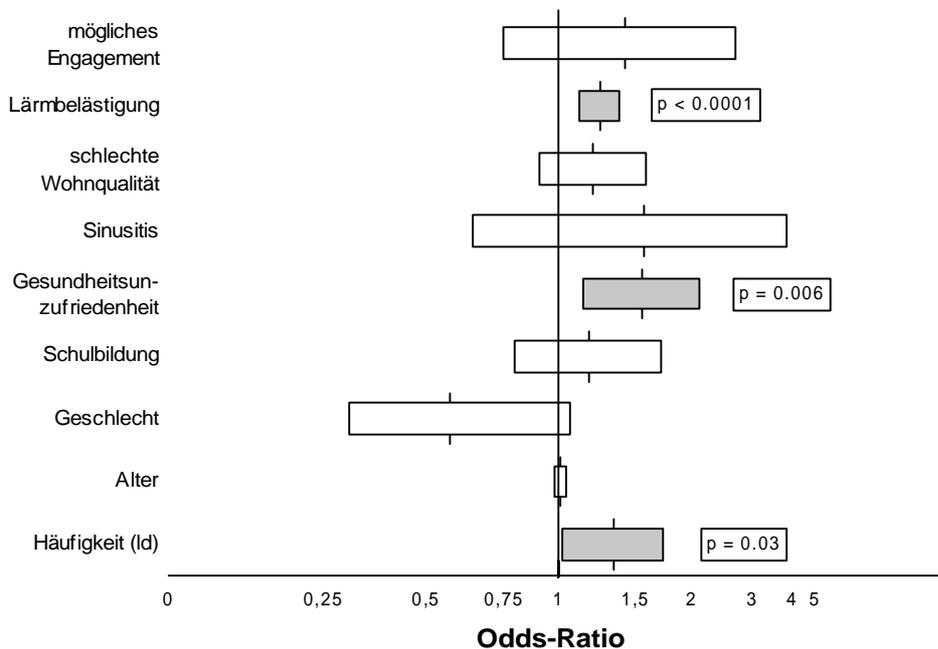


Abb. 35: **"Alteingesessene"**: Ergebnisdarstellung der logistischen Regressionsanalyse zum Einfluss des Belastungsmaßes "Tierhaltungsgerüche-0" auf die Belästigungsreaktion der Anwohner ("sehr stark Belästigte": Thermometerwerte 7-10) unter Berücksichtigung der Störgrößen "Alter", "Geschlecht", "Schulbildung", "Gesundheitsunzufriedenheit", "Sinusitis", "schlechte Wohnqualität", "Lärmbelästigung" und "Engagement in der Nachbarschaft"

Tab. 24: **"Zugezogene"**: Ergebnisse der logistischen Regressionsanalysen zum Zusammenhang zwischen dem Belastungsmaß "Tierhaltungsgerüche-0" und dem Belästigungsmaß "Belästigte" bzw. "sehr stark Belästigten" unter Berücksichtigung der Störgrößen

	Parameterschätzer	p-Wert	Odds-Ratio & 95%-KI
Zielgröße: "Belästigte"			
Tierhaltungsgerüche-0	0,28	p = 0.01	1,32 (1,07 - 1,63)
Zielgröße: "sehr stark Belästigte"			
Tierhaltungsgerüche-0	0,48	p = 0.04	1,61 (1,02 - 2,54)
Lärmbelästigung	0,23	p = 0.008	1,26 (1,06 - 1,50)

ohne die Standorte NI-1-c und MV-a

In der Gruppe der "Zugezogenen" wird im Zusammenhang mit der Zielgröße "Belästigte" die Belästigungsreaktion ausschließlich durch die Belastung mit Tierhaltungsgerüchen beeinflusst. Keine weitere Störgröße ist statistisch bedeutsam (Tabelle 24).

Im Zusammenhang mit der Zielgröße "sehr stark Belästigte" ist in der Gruppe der "Zugezogenen" neben dem Belastungsmaß "Tierhaltungsgerüche-0" noch die Störgröße "Lärmbelästigung" statistisch bedeutsam.

In der Gruppe der "Zugezogenen" zeigt sich im Zusammenhang mit dem Prozentsatz an "Belästigten" (Thermometerwerte 1-10) (Tabelle 24, Abbildung 36) für das Belastungsmaß "Tierhaltungsgerüche-0" ein signifikantes Odds-Ratio von 1.32 ($p = 0.01$), d.h., dass eine Verdopplung der Geruchshäufigkeit zu einer Erhöhung des Prozentsatzes an "Belästigten" um das 1,32-fache führt.

Im Zusammenhang mit dem Prozentsatz an "sehr stark Belästigten" (Thermometerwerte 7-10) (Tabelle 24; Abbildung 37) zeigt sich in der Gruppe der "Zugezogenen" für die Belastung durch Tierhaltungsgerüche-0 ein signifikantes Odds-Ratio von 1.61 ($p = 0.04$), d.h., dass eine Verdopplung der Geruchshäufigkeit zu einer Erhöhung des Prozentsatzes an "sehr stark Belästigten" um das 1,61-fache führt. Zusätzlich ergibt sich hier ein statistisch bedeutsames Ergebnis für die Störgröße "Lärmbelästigung" (OR = 1.26; $p = 0.008$). Das bedeutet, dass Anwohner, die sich durch Lärm belästigt fühlen, bei gleicher Geruchsbelastung eine höhere Belästigung angeben. Wie anhand der Höhe der Odds-Ratios zu sehen ist, ist der Einfluss der Geruchsbelastung deutlich größer als die der Störgröße "Lärmbelästigung".

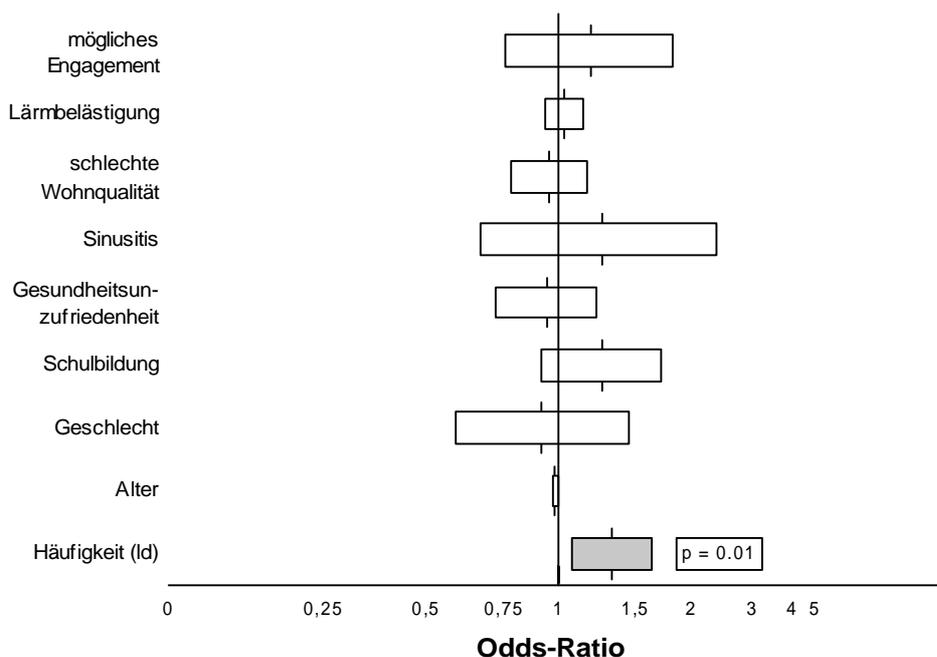


Abb. 36: **"Zugezogene"**: Ergebnisdarstellung der logistischen Regressionsanalyse zum Einfluss des Belastungsmaßes "Tierhaltungsgerüche-0" auf die Belästigungsreaktion der Anwohner ("Belästigte": Thermometerwerte 1-10) unter Berücksichtigung der Störgrößen "Alter", "Geschlecht", "Schulbildung", "Gesundheitsunzufriedenheit", "Sinusitis", "schlechte Wohnqualität", "Lärmbelästigung" und "Engagement in der Nachbarschaft"

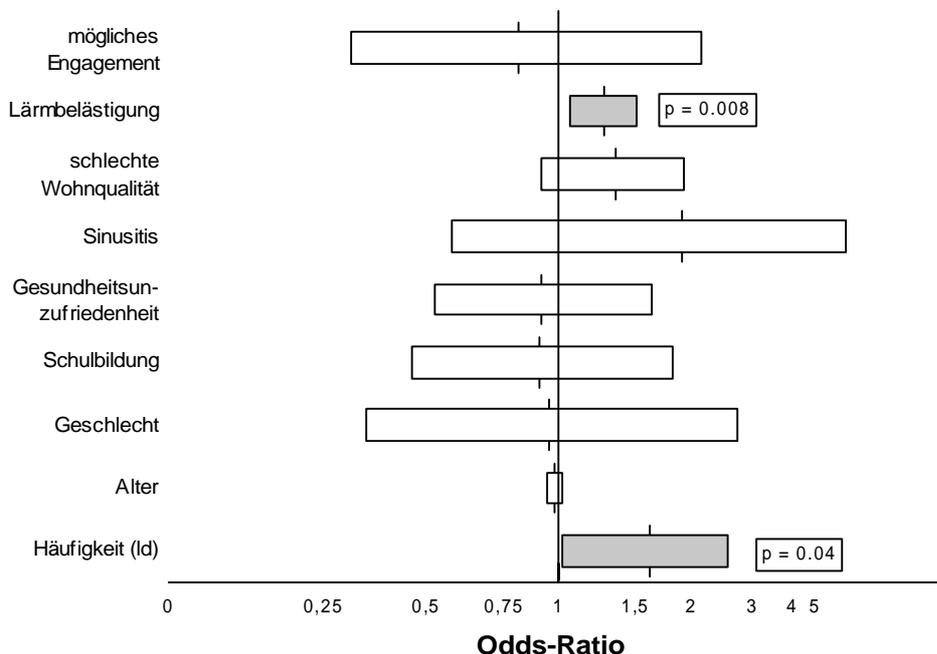


Abb. 37: **"Zugezogene"**: Ergebnisdarstellung der logistischen Regressionsanalyse zum Einfluss des Belastungsmaßes "Tierhaltungsgerüche-0" auf die Belästigungsreaktion der Anwohner ("sehr stark Belästigte": Thermometerwerte 7-10) unter Berücksichtigung der Störgrößen "Alter", "Geschlecht", "Schulbildung", "Gesundheitsunzufriedenheit", "Sinusitis", "schlechte Wohnqualität", "Lärmbelästigung" und "Engagement in der Nachbarschaft"

Im Zusammenhang mit der Einflussgröße "Ortsüblichkeit", die mit Hilfe der Wohndauer definiert wurde, zeigt sich für die Zielgröße "sehr stark Belästigte", dass in der Gruppe der "Zugezogenen" neben der Lärmbelästigung die Geruchshäufigkeit der dominante Einflussfaktor ist im Hinblick auf die Belästigungsreaktion. In der Gruppe der "Alteingesessenen" dagegen hat die Störgröße "Gesundheitsunzufriedenheit" einen geringfügig größeren Einfluss auf die Belästigungsreaktion als die Geruchshäufigkeit selbst. Diese Unterschiede werden vor allem bei der Betrachtung der Zielgröße "Belästigte" deutlich. In der Gruppe der "Zugezogenen" ist die Geruchshäufigkeit der einzige statistisch bedeutsame Einflussfaktor im Hinblick auf die Belästigungsreaktion, in der Gruppe der "Alteingesessenen" spielt die Geruchshäufigkeit dagegen keine Rolle für die Belästigungsreaktion der Anwohner.

4. ZUSAMMENFASSUNG

Das Forschungsprojekt „Geruchsbeurteilung in der Landwirtschaft“ wurde mit dem Ziel durchgeführt, die Grundlagen für ein Beurteilungssystem für Geruchsimmissionen im Umfeld von Tierhaltungsanlagen auf der Basis von Belastungs- und Belästigungsuntersuchungen zu entwickeln.

Das auf drei Jahre ausgelegte Verbundprojekt der Länder Niedersachsen, Sachsen, Mecklenburg-Vorpommern und Nordrhein-Westfalen wurde vom Landesumweltamt NRW (LUA) koordiniert. Die in Baden-Württemberg im Projekt "Wissenschaftliche Untersuchungen zur GIRL-Anwendung unter den speziellen Bedingungen der Baden-Württembergischen Schweineproduktion ("GIRL-Projekt BW")" erhobenen Daten wurden bei der Auswertung der Gesamtergebnisse miteinbezogen.

In insgesamt elf Untersuchungsgebieten wurde die Geruchsbelastung und die Geruchsbelästigung durch folgende Tierarten untersucht: Baden-Württemberg – 4 Untersuchungsgebiete (Schwein); Mecklenburg-Vorpommern – 1 Untersuchungsgebiet (Schwein); Niedersachsen – 2 Untersuchungsgebiete (Schwein, Geflügel); Nordrhein-Westfalen – 3 Untersuchungsgebiete (2 x Rind, Geflügel); Sachsen – 1 Untersuchungsgebiet (Rind).

Das Konzept zur Bewertung von Geruchsimmissionen beruht auf Expositions-Wirkungsbeziehungen, d.h. mit Hilfe der Häufigkeit erkennbarer Geruchsimmissionen können Aussagen zum Grad der Belästigung der Anwohner und Anwohnerinnen gemacht werden. Die ermittelten Expositions-Wirkungsbeziehungen können verwendet werden, um ggf. festzulegen, ab wann in Ergänzung zur GIRL mit einer „erheblichen“ Belästigung im Sinne § 3 BImSchG zu rechnen ist.

Die Erfassung der Geruchsstoffimmissionen erfolgte mit Hilfe von Rastermessungen gemäß GIRL und VDI 3940 Bl. 1-E (2003). Dabei wurde der im Rahmen des Hedonik-Projektes (Sucker et al., 2003) entwickelte Datenaufnahmebogen verwendet, der zusätzlich zur Geruchshäufigkeit auch die Ermittlung von Intensität und Hedonik (angenehm-unangenehm Qualität) im Feld ermöglicht. Zusätzlich wurde die hedonische Geruchswirkung mit der Methode der Polaritätenprofile erfasst.

Die Belästigungsbefragung der Anwohner und Anwohnerinnen erfolgte mit Hilfe von face-to-face Interviews mit einem Fragebogen, der in Anlehnung an den Musterfragebogen der Richtlinie VDI 3883 Bl. 1 (1997) erweitert wurde um die Aspekte der Beurteilung der Intensität und der Hedonik der Geruchswahrnehmungen. Die Belästigungsreaktion wurde zum einen mit einer elfstufigen graphischen Skala, dem so genannten Belästigungsthermometer (Hangartner, 1988) und zum anderen mit der international standardisierten fünfstufigen Verbalskala (Felscher-Suhr, 2000) erfasst.

4.1 Belastungsmessung

4.1.1 Geruchshäufigkeit, Intensität und Hedonik

Auf fast allen Beurteilungsflächen bzw. an den Einzelmesspunkten in den elf Untersuchungsgebieten wurden landwirtschaftliche Gerüche (Geflügel, Schwein, Rind, Pferd, Gülle, Mist, Silage) festgestellt. Die höchsten Geruchsbelastungen mit bis zu 70% Geruchshäufigkeit wurden für die Geruchsqualität „Schwein“ gefunden. Im Zusammenhang mit Geflügelgerüchen lagen die maximalen Geruchshäufigkeiten deutlich niedriger bei 14% und im Zusammenhang mit der Geruchsqualität "Rind" bei 21%.

Auf der Basis der Probandenurteile ist eine gute Beschreibung der landwirtschaftlichen Gerüche für die unterschiedlichen Qualitäten (Geflügel, Schwein, Rind, Gülle, Mist, Silage) anhand von Intensität und Hedonik möglich.

Die Intensität der unterschiedlichen landwirtschaftlichen Geruchsqualitäten (Geflügel, Schwein, Rind, Gülle, Mist, Silage) wurde von den Probanden als "schwach" bis "deutlich" bewertet. Im Hinblick auf die Bewertung des stärksten Eindrucks zeigten sich keine Unterschiede zwischen den Geruchsqualitäten, die als "deutlich" eingestuft wurden.

Im Hinblick auf die hedonische Bewertung zeigte sich kein Unterschied zwischen den Geruchsqualitäten "Geflügel" und "Schwein". Beide wurden im Vergleich zu Rinder- und Silagegerüchen als weniger angenehm eingestuft. Die Silagegerüche wurden zudem als angenehmer eingestuft als die Geruchsqualitäten "Gülle" und "Mist". Die hedonische Bewertung der Geruchsqualitäten "Geflügel", "Schwein", "Gülle" und "Mist" lag im Bereich von "eher unangenehm", die der Rinder- und Silagegerüche dagegen im Bereich von "weder angenehm noch unangenehm" bis "eher unangenehm". Bei der Frage nach dem angenehmsten bzw. unangenehmsten Eindruck war die hedonische Bewertung jeweils um bis zu einer Skaleneinheit nach oben bzw. unten verschoben. Eine statistisch belastbare Reihenfolge der hedonischen Bewertung der Geruchsqualitäten tritt nicht auf. Die hedonische Bewertung der Geruchsqualitäten kann mit Hilfe der Methode der Polaritätenprofile bestätigt werden: "Rind" und "Silage" werden im Vergleich zu "Geflügel" und "Schwein" als weniger unangenehm beurteilt. Bei beiden Methoden zur Messung der Hedonik zeigte sich, dass eine exakte Zuordnung einer Geruchsart zu einem Wert auf der Hedonikskala nicht möglich ist (z.B. "Schwein" = "eher unangenehm").

4.1.2 Zusammenhang zwischen Intensität und Hedonik

Mit steigender Intensität werden die landwirtschaftlichen Gerüche als zunehmend unangenehmer bewertet. Bei der Intensitätsstufe "sehr schwach" werden die land-

wirtschaftlichen Gerüche (Geflügel, Schwein, Rind, Gülle, Mist, Silage) als "weder angenehm noch unangenehm" bis "eher unangenehm" bewertet. Bei der Intensitätsstufe "stark" liegt das durchschnittliche hedonische Urteil zwischen "eher unangenehm" und "unangenehm". Der negative Zusammenhang zwischen Intensität und Hedonik ist charakteristisch für nicht angenehme Gerüche (Sucker et al., 2003).

4.2 Belästigungsbefragung

4.2.1 Wahrnehmbarkeit der landwirtschaftlichen Gerüche

Landwirtschaftliche Gerüche spielen in allen elf Untersuchungsgebieten eine herausragende Rolle. Von den insgesamt 950 befragten Anwohnern benennen 47% landwirtschaftliche Gerüche als die am meisten störenden Gerüche. Auffällig ist, dass in den Untersuchungsgebieten BW-Hohenlohe-1 und NI-2, in denen deutlich höhere Geruchshäufigkeiten für die Geruchsqualität "Schwein" als für "Geflügel" gemessen wurden, häufig die Wahrnehmung von Geflügelgerüchen von den Anwohnern genannt wurde. Im Gegensatz dazu wird die Wahrnehmung von Rindergerüchen in den Untersuchungsgebieten mit einer hohen Geruchshäufigkeit für die Geruchsqualität "Rind" nur selten von den Anwohnern genannt.

Bei der Betrachtung der Geruchsbeschreibungen zeigte sich, dass es Anwohnern schwer fällt, spezifische Angaben zur Geruchsqualität zu machen. 242 Anwohner benannten explizit die Geruchsqualität Gülle, Mist oder Jauche und lediglich 24 Anwohner die Abluft aus einem Geflügel-, Schweine- oder Rinderstall. Ein deutlich kleinerer Teil von Anwohnern (n = 73) schrieb die erkennbaren Gerüche anderen Anlagen (Tierkörperverwertungsanlage, Kläranlage, Verkehr, etc.) bzw. den Nachbarn (Hausbrand, Mülltonnen, etc.) zu.

4.2.2 Häufigkeit, Intensität und Hedonik

Die Häufigkeit der Geruchswahrnehmungen im Urteil der Anwohner wurde mit einer Skala von "1-einmal im Monat" bis "6-mehrmals am Tag" erfasst. Die landwirtschaftlichen Gerüche treten nach Einschätzung der Anwohner eher selten (nicht mehr als 3-mal im Monat) auf.

Die Beurteilung der durchschnittlichen Intensität landwirtschaftlicher Gerüche durch die Anwohner lag bei "schwach" und bei der Frage nach dem stärksten Eindruck bei "stark".

Die durchschnittliche hedonische Bewertung durch die Anwohner der landwirtschaftlichen Gerüche lag bei "eher unangenehm" und im Hinblick auf den angenehmsten Eindruck bei "weder angenehm noch unangenehm" bzw. im Hinblick auf den unangenehmsten Eindruck bei "sehr unangenehm".

4.2.3 Zusammenhang zwischen Intensität und Hedonik

Ebenso wie im Urteil der Probanden werden die landwirtschaftlichen Gerüche von den Anwohnern mit steigender Intensität als zunehmend unangenehmer beurteilt. Bei der Intensitätsstufe "sehr schwach" werden die Gerüche als "weder angenehm noch unangenehm" bewertet. Bei der Intensitätsstufe "stark" liegt das durchschnittliche hedonische Urteil bei "sehr unangenehm".

4.2.4 Vergleich von Probanden- und Anwohnerangaben

Die während der Rastermessungen gewonnenen Angaben der Probanden zu Intensität und Hedonik sind geeignet, um die Wahrnehmung der Anwohner hinreichend genau zu beschreiben.

Die Geruchsqualitäten "Geflügel" und "Schwein" werden übereinstimmend als "schwach" bis "deutlich" wahrnehmbar bewertet. Im Vergleich dazu wird die Geruchsqualität "Rind" als weniger intensiv eingestuft. Hierbei unterscheiden sich die Anwohnerangaben von denen der Probanden. Für die Anwohner liegt die Intensität der Rindergerüche im Bereich "sehr schwach" bis "schwach", für die Probanden im Bereich "schwach" bis "deutlich".

Im Hinblick auf die Hedonikurteile zeigt sich, dass die Geruchsqualitäten "Geflügel", "Schwein" und „Rind“ übereinstimmend als "eher unangenehm" bis "unangenehm" bewertet werden. Die Geruchsqualität "Rind" wird im Vergleich dazu als weniger unangenehm eingestuft. Es gibt keinen statistisch bedeutsamen Unterschied zwischen den Probanden- und Anwohnerangaben. Alle drei Tierarten werden übereinstimmend als unangenehm bewertet.

4.2.5 Zuverlässigkeit der Befragung

Insgesamt 103 Interviews mussten von den weiteren Auswertungen ausgeschlossen werden, da sich eine zu starke Abweichung bei der Beantwortung der beiden Belästigungsskalen zeigte, Angaben fehlten oder Anhaltspunkte vorlagen, die die Belästigungsangaben in Frage stellten (z.B. Streitsituation zwischen Nachbarn). Schließlich gingen insgesamt 950 von vormals 1053 Interviews in die Auswertung ein. Die Ausschlussquote ist höher als die Ausschlussquote im Hedonik-Projekt (Sucker et al., 2003), die bei 3% lag. Dies liegt vermutlich an den schwierigen Erhebungsbedingungen in den ländlich geprägten und schwach besiedelten Wohngebieten, wie aus den Feldberichten den Interviewer geschlossen werden kann. Vor diesem Hintergrund kann die Qualität der Befragung als hoch angesehen werden.

Um die Zuverlässigkeit (interne Konsistenz) der Anwohnerangaben hinsichtlich ihrer Belästigung zu überprüfen, wurden die Angaben auf dem Belästigungsthermometer mit denen der Verbalskala verglichen. Die Höhe der statistisch bedeutsamen Korrelation ($r^2 = 0.92$, $N = 950$) zwischen den beiden Belästigungsskalen zeigt, dass sie inhaltlich denselben Sachverhalt beschreiben. Die Stärke des Zusammenhangs zwischen den beiden Skalen ist höher ausgeprägt als in anderen Untersuchungen ($r^2 = 0.88$; $N = 1408$; Sucker et al., 2003; $r^2 = 0.69$; $N = 1535$; Steinheider & Winneke, 1993) und somit als hinreichend einzustufen. Die Kategorie "mittelmäßig belästigt" auf der verbalen Skala entspricht etwa der Kategorie "6" auf der graphischen Skala und die Kategorie "stark belästigt" etwa dem Wert "8".

4.4 Expositions-Wirkungszusammenhänge

Um die Belästigungswirkung als Immissionswirkung interpretieren zu können, wurde im Rahmen der Ermittlung der Expositions-Wirkungskurven geprüft, welche weiteren Faktoren die Belästigungsreaktion der Anwohner und Anwohnerinnen beeinflussen. Dabei wurden unter anderem die folgenden Hypothesen überprüft:

1. Landwirtschaftliche Gerüche erfahren bei der Bevölkerung eine höhere Akzeptanz als industrielle Gerüche („Ortsüblichkeit“)
2. Das Ausmaß der Belästigungsreaktion unterscheidet sich in Abhängigkeit von
 - der Tierart (Geflügel, Schwein, Rind),
 - der Wohndauer im Untersuchungsgebiet („Zugezogene“ vs. „Alteingesessene“) und
 - der persönlichen Einstellung der Anwohner und Anwohnerinnen zur Landwirtschaft im Allgemeinen.

Zu den ursprünglichen in der Projektskizze (Both, 2004) genannten Hypothesen konnten keine Aussagen im Hinblick auf den Einfluss der Haltungform, der Wohngebietsstruktur bzw. der Dauer des Bestehens des Geruch verursachenden Betriebes gemacht werden, da hierfür keine verwertbaren Daten vorlagen.

4.4.1 Belästigungswirkung der landwirtschaftlichen Gerüche

Da eine gute Übereinstimmung der beiden Belästigungsskalen (Thermometer- und Verbalskala) gegeben ist, wurde bei der Auswertung nur das Belästigungsthermometer berücksichtigt. Die Korrelation zwischen dem linearen Maß für die Geruchsbelastung durch landwirtschaftliche Gerüche (% Geruchshäufigkeit) und den Werten auf dem Belästigungsthermometer lag bei $r = 0.07$ und war statistisch signifikant. Gleiches gilt für die logarithmierte Geruchshäufigkeit.

Um ein Maß für die Geruchsbelastung zu erhalten, wurden die Belastungsangaben für die Geruchsqualitäten "Geflügel", "Schwein", "Rind", "Pferd", "Gülle", "Mist" und "Silage" unterschiedlich kombiniert und im Hinblick auf die prognostische Validität im logistischen Regressionsmodell geprüft. Dabei zeigte sich, dass das Modell mit dem Belastungsmaß "Tierhaltungsgerüche-0", als Kombination der vier Geruchsqualitäten "Geflügel", "Schwein", "Rind", "Pferd" ohne die Geruchsqualitäten "Gülle", "Mist" und "Silage", eine gute Modellgültigkeit aufwies und alle Tierarten berücksichtigte.

In einem ersten Schritt konnte bestätigt werden, dass es einen statistisch bedeutsamen Expositions-Wirkungszusammenhang zwischen der Geruchsbelastung durch "Tierhaltungsgerüche-0" (% Geruchshäufigkeit) und dem Ausmaß der Geruchsbelästigung (Thermometerskala) gibt. Somit konnte das **Modell 1 Belästigungsreaktion = Geruchsbelastung** bestätigt werden.

Um die Belästigungsreaktion der Anwohner als Immissionswirkung interpretieren zu können, wurden in einem zweiten Schritt logistische Regressionsanalysen unter Berücksichtigung des Einflusses möglicher Störgrößen durchgeführt. Hierzu wurden unter Zuhilfenahme der Unzumutbarkeitsurteile der Anwohner zwei binäre Belästigungsmaße ("Belästigte" und "sehr stark Belästigte") gebildet und bei den folgenden Auswertungen als "Zielgröße" zugrunde gelegt. Hier zeigte sich, dass der Prozentsatz an "Belästigten" und an "sehr stark Belästigten" mit steigender Geruchshäufigkeit zunimmt. Somit konnte auch das **Modell 2 Belästigungsreaktion = Geruchsbelastung + Störgrößen** bestätigt werden.

Der Zusammenhang zwischen dem Belastungsmaß "Geruchsintensität der Tierhaltungsgerüche-0" und der Zielgröße "Belästigte" bzw. "sehr stark Belästigte" war nicht statistisch bedeutsam, d.h. die "Geruchsintensität der Tierhaltungsgerüche-0" ist als Maß für die Geruchsbelastung nicht geeignet.

Zusätzlich zum Expositions-Wirkungszusammenhang zwischen der Geruchsbelastung und der Belästigungsreaktion wurden weitere Faktoren, die die Belästigungsreaktion beeinflussen können, betrachtet.

Im Zusammenhang mit der Zielgröße "Belästigte" zeigte sich, dass die Anwohner, die sich vorstellen können, sich für die Interessen in ihrer Nachbarschaft aktiv einzusetzen, bei gleicher Geruchsbelastung stärker belästigt sind. Diese Störgröße *Engagement in der Nachbarschaft* hat einen etwas stärkeren Einfluss auf die Belästigungsreaktion, d.h. sich belästigt zu fühlen und einen Wert zwischen 1 und 10 auf der Thermometerskala anzugeben, als die Geruchsbelastung selbst.

Im Zusammenhang mit der Zielgröße "sehr stark Belästigte" zeigte sich, dass neben der Geruchshäufigkeit die *Lärmbelästigung*, die *Gesundheitsunzufriedenheit* und die *Wohnqualität* drei weitere wichtige Einflussfaktoren darstellen. Anwohner, die sich durch Lärm gestört fühlen, fühlen sich im Vergleich zu den übrigen Anwohnern bei

gleicher Geruchsbelastung stärker belästigt. Auch die Anwohner, die mit ihrer Gesundheit unzufrieden sind, und die Anwohner, die die Wohnqualität als schlecht einstufen, geben bei gleicher Geruchsbelastung an, stärker durch Gerüche belästigt zu werden. Im Vergleich zu diesen drei Störgrößen hat die Geruchshäufigkeit jedoch den größten Einfluss auf die Belästigungsreaktion der Anwohner.

4.4.2 Einfluss der Tierart (Geflügel, Schwein, Rind)

Aufgrund der einheitlichen hedonischen Klassifikation der drei Tierarten (Geflügel, Schwein, Rind) als "unangenehm" hat sich der Parameter Hedonik im Rahmen dieser Untersuchung als nicht geeignet erwiesen, um den Einfluss der Tierart auf die Belästigungsreaktion zu prüfen.

Daher wurde ein Verfahren festgelegt, mit dessen Hilfe für jeden Anwohner bestimmt wurde, durch welche der drei Tierarten die maximale Beaufschlagung erfolgt. Auf diese Weise ergab es sich, dass die größte Gruppe der Anwohner (n = 433) der Tierart "Schwein" zugeordnet wurde, gefolgt von den fast gleich großen Gruppen "Geflügel" (n = 259) und "Rind" (n = 258).

Die beiden Standorte NI-1c-Geflügel und MV-a-Schwein wurden bei diesen Auswertungen ausgeschlossen, da sich bei der näheren Betrachtung der Belästigungsangaben zeigte, dass die Belästigungsreaktion der Anwohner im Vergleich zu den anderen Standorten und Untersuchungsgebieten deutlich stärker war. An beiden Standorten lag eine besondere Beschwerdesituation in der Nachbarschaft vor, so dass davon ausgegangen werden musste, dass die Belästigungssituation nicht nur durch die Geruchsbelastung, sondern auch durch weitere Faktoren wesentlich beeinflusst wird. Damit verringerte sich die Anzahl der Anwohnerangaben von N = 950 auf N = 901. Als Maß für die Geruchsbelastung wurde wie in den vorangegangenen Analysen die Geruchshäufigkeit der „Tierhaltungsgerüche-0“ verwendet.

Auch hier zeigte sich, dass der Prozentsatz an "Belästigten" und an "sehr stark Belästigten" mit steigender Geruchshäufigkeit zunimmt. Der Einfluss der Tierart erwies sich als relevant und es zeigte sich, dass das Modell 3 unter Berücksichtigung der Tierart besser geeignet ist als das Modell 2, um den Expositions-Wirkungszusammenhang zwischen der Geruchsbelastung durch "Tierhaltungsgerüche-0" (% Geruchshäufigkeit) und dem Ausmaß der Geruchsbelästigung (Thermometerskala) zu beschreiben. Somit konnte auch das **Modell 3 Belästigungsreaktion = Geruchsbelastung + Störgrößen + Tierart** bestätigt werden und ist von allen untersuchten Modellen am besten geeignet, den Expositions-Wirkungszusammenhang zu beschreiben.

Die Ergebnisse legen nahe, dass im Hinblick auf die Immissionswirkung landwirtschaftlicher Gerüche zwischen den Tierarten unterschieden werden muss, da sich

die Belästigungsreaktionen der Anwohner gegenüber Geflügel-, Schweine- und Rindergerüchen deutlich unterscheiden.

Für die Geruchsimmissions-Richtlinie (GIRL) NRW in der Fassung vom 21.09.2004 wurde die im Forschungsprojekte "Untersuchungen zur Auswirkung von Intensität und hedonischer Geruchsqualität auf die Ausprägung der Geruchsbelästigung (Hedonik-Projekt)" (Sucker et al., 2003) ermittelte Kurve zur Expositions-Wirkungsbeziehung verwendet, um festzulegen, ab wann in Ergänzung zur GIRL mit einer "erheblichen" Belästigung im Sinne § 3 BImSchG zu rechnen ist. Hierbei wurde ein Anteil an "sehr stark Belästigten" von maximal 10% zugrunde gelegt und dann die entsprechend zugehörige prozentuale Geruchshäufigkeit mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 10% bzw. einer statistischen Sicherheit von 90% bestimmt.

Die Darstellung der folgenden Werte orientiert sich an dieser Vorgehensweise, so dass sich im Zusammenhang mit den Daten zu den Expositions-Wirkungskurven (Abbildung 26 und 30a - c) Folgendes ablesen lässt:

Bei der Tierart "Rind" zeigt sich, dass das Regressionsmodell aus dem Belastungsmaß "Tierhaltungsgerüche-0" und den Störgrößen nicht geeignet ist, um den Zusammenhang zwischen Geruchshäufigkeit und Belästigungsreaktion zu beschreiben. Der einfache Zusammenhang zwischen der Geruchsbelastung und der Belästigungsreaktion der Anwohner zeigt jedoch, dass das Ausmaß der Geruchsbelästigung bei der Tierart "Rind" (Abbildung 30a) eindeutig geringer ist, als bei den Tierarten "Geflügel" (Abbildung 30b) oder "Schwein" (Abbildung 30c).

Für die Tierart "Geflügel" ergibt sich ebenfalls ein signifikanter Zusammenhang für die Zielgröße "sehr stark Belästigte". Aus Abbildung 30b ist abzulesen, dass der Prozentsatz von 10% "sehr stark Belästigten" mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 10% bei einer Belastung von 3,4% Geruchshäufigkeit erreicht wird. Da der Zusammenhang zwischen der Geruchshäufigkeit und dem Anteil an "Belästigten" nicht signifikant ist, werden hierzu keine weiteren Angaben gemacht.

Bei der Tierart "Schwein" ist aus der Expositions-Wirkungskurve in Abbildung 30c ersichtlich, dass der Prozentsatz von 10% "sehr stark Belästigten" mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 10% bei einer Belastung von 11% Geruchshäufigkeit erreicht wird. Im Vergleich dazu liegt der Anteil an "Belästigten" bei einer Geruchshäufigkeit von 11% mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 10% bereits bei 46%.

Obwohl, wie eingangs dargelegt wurden, alle drei Tierarten (Geflügel, Schwein, Rind) einheitlich als "unangenehm" klassifiziert werden und damit eine Differenzierung auf der Hedonik-Skala nicht möglich ist, ist die Belästigungsreaktion der Anwohner je nach Tierart sehr unterschiedlich. Bei der näheren Betrachtung der Polaritätenprofile (Abbildung 3, S. 27) wird deutlich, dass die Geruchsqualität "Geflügelgerüche" eine etwas größere Ähnlichkeit mit dem Konzept "Gestank" zeigt, als die Geruchsqualität

"Schwein". Dies zeigt sich insbesondere bei den Wortpaaren "niederdrückend-erhebend", "hart-weich", "schal-würzig", "ernst-verspielt", "abgestanden-frisch", "misshütig-vergnügt", "unharmonisch-harmonisch" und "hässlich-schön". Daraus lässt sich die Hypothese ableiten, dass die stärkere Belästigungsreaktion der Anwohner weniger von der angenehm-unangenehm-Qualität allein, sondern vielmehr von der Bewertung der Geruchsqualität "Geflügel" als solches beeinflusst wird. Von Bedeutung könnte auch sein, dass sich die Geflügelhaltung in Deutschland anders als die Rinder- und Schweinehaltung erst in den letzten Jahren stark entwickelt hat. Das legt die Vermutung nahe, dass eine Akzeptanz der Geflügelgerüche, wie sie bei den Rinder- und Schweinegerüchen als "typische landwirtschaftliche Gerüche" angenommen wird, nicht vorhanden ist.

4.4.3 Einfluss der Wohndauer im Untersuchungsgebiet ("Ortsüblichkeit")

Der Einfluss der "Ortsüblichkeit" bzw. die vermutete größere Akzeptanz landwirtschaftlicher Tierhaltungsgerüche in der Bevölkerung im Vergleich zu industriell verursachten Gerüchen wurde mit Hilfe der Betrachtung der Wohndauer geprüft. Dazu wurde die Gruppe der "Zugezogenen", d.h. Anwohner mit einer Wohndauer bis maximal 10 Jahre, und die Gruppe der "Alteingesessenen", d.h. Anwohner mit einer Wohndauer von mehr als 10 Jahren, unterschieden.

Der Einfluss der "Ortsüblichkeit" erwies sich als relevant und es zeigte sich, dass das Modell 4 unter Berücksichtigung der "Ortsüblichkeit" besser geeignet ist als das Modell 2, um den Expositions-Wirkungszusammenhang zwischen der Geruchsbelastung durch "Tierhaltungsgerüche-0" (% Geruchshäufigkeit) und dem Ausmaß der Geruchsbelästigung (Thermometerskala) zu beschreiben. Somit konnte auch das **Modell 4: Belästigungsreaktion = Geruchsbelastung + Störgrößen + Ortsüblichkeit** bestätigt werden. Es ist jedoch nicht so gut geeignet wie das Modell 3.

Die Ergebnisse legen nahe, dass im Hinblick auf die Immissionswirkung landwirtschaftlicher Gerüche zwischen den oben genannten zwei Gruppen von Anwohnern unterschieden werden muss, die sich in ihrer Belästigungsreaktion gegenüber Gerüchen aus der Landwirtschaft unterscheiden.

In der Gruppe der "Zugezogenen" wird im Hinblick auf die Zielgröße "Belästigte" die Belästigungsreaktion ausschließlich durch die Belastung durch Tierhaltungsgerüche beeinflusst. Im Hinblick auf die Zielgröße "sehr stark Belästigte" ist in dieser Gruppe zusätzlich zu dem Belastungsmaß "Tierhaltungsgerüche-0" die Störgröße *Lärm-belästigung* statistisch bedeutsam, d.h. die Anwohner, die sich durch Lärm belästigt fühlen, geben bei gleicher Geruchsbelastung eine höhere Belästigung an.

Demgegenüber spielt das Belastungsmaß "Tierhaltungsgerüche-0" in der Gruppe der "Alteingesessenen" nicht die dominante Rolle. Hier haben andere Faktoren, insbe-

sondere die Störgröße "Gesundheitsunzufriedenheit", aber auch die "Lärm-belästigung", einen etwas stärkeren Einfluss auf die Belästigungsreaktion als die Geruchsbelastung selbst.

Hieraus kann abgeleitet werden, dass sich eine Reduktion der Geruchshäufigkeit nicht in gleichem Maße auf die Gruppe der "Alteingesessenen" und die Gruppe der "Zugezogenen" auswirkt. Es ist damit zu rechnen, dass bei gleicher Abnahme der Häufigkeit der Belästigungsgrad der "Zugezogenen" stärker zurückgeht als der der "Alteingesessenen".

Ein weiterer Aspekt im Zusammenhang mit der "Ortsüblichkeit" landwirtschaftlicher Geruchsimmissionen deutet sich bei der Betrachtung der Standorte NI-1c und MV-a an, an denen überproportional hohe Belästigungsgrade ermittelt wurden (siehe Abbildung 29). Bei detaillierter Betrachtung des Standortes NI-1c ist auffällig, dass seit den 80er Jahren eine Veränderung von Schweine- oder Rinderhaltung hin zu Geflügelhaltung erfolgt ist verbunden mit einer Intensivierung der Landwirtschaft. Am Standort MV-a wurde erst vor ein paar Jahren als singuläre Anlage ein großer Schweinemastbetrieb errichtet. Diese offensichtlichen Veränderungen in der Struktur der landwirtschaftlichen Tierhaltung sind als eine Ursache für die hohen Belästigungswerte anzusehen.

Ergebnisse aus einer Studie, die sich mit der Einstellung gegenüber Stallneubauten (Gerlach & Wilimzig, 2005) beschäftigt, zeigen, dass es eine Gruppe von Anwohnern gibt, die so genannten "Stallbauegegner", die maßgeblich dadurch gekennzeichnet sind, dass sie erst vor kurzem aufs Land gezogen sind und unter *Ländlichkeit* ein Leben mit der Natur, Ruhe, wenigen Menschen, guter Luft, einer gesunden Gegend sowie bei Hausbesitz eine freie Sicht und unverbaubare Lage verstehen. Die Landwirtschaft spielt in diesem Zusammenhang keine oder eine eher negative Rolle und die Tierhaltung ist, vor allem in Nichtveredelungsregionen, kein selbstverständliches Element der unmittelbaren Wohnumgebung mehr. Außerdem fühlen sich viele dieser "Zugezogenen" nicht mit den Landwirtschaftsfamilien vor Ort verbunden. Nur wenige haben einen persönlichen Kontakt zu diesen und das Wissen über Themen der Landwirtschaft ist eher mittelmäßig bis schwach ausgeprägt.

In der vorliegenden Studie könnten die Interessen der "Alteingesessenen" jedoch mit denen der "Stallbauegegner" vergleichbar sein. In persönlichen Gesprächen (Sucker, Müller, LUA) mit Anwohnern vor Ort wurde deutlich, dass die "alteingesessenen" Anwohner aufgrund der strukturellen Veränderungen in der Landwirtschaft eine Verschlechterung der Wohnqualität im Hinblick auf Luftqualität und Lärm befürchten und wegen möglicher gesundheitlichen Auswirkungen besorgt sind.

Daraus lässt sich die Hypothese ableiten, dass in der Gruppe der "Alteingesessenen" die Belästigungsreaktion weniger von den Merkmalen der Geruchsimmission, wie

z.B. der Geruchshäufigkeit, beeinflusst wird, sondern vielmehr mit der Veränderungen in der Struktur der landwirtschaftlichen Tierhaltung in Zusammenhang gebracht werden kann.

4.4.4 Ausblick und weiterer Forschungsbedarf

Im Projekt erfolgte eine systematische Untersuchung des Wirkungszusammenhangs zwischen der Geruchsbelastung und der Belästigungsreaktion der Anwohner und Anwohnerinnen in der Umgebung landwirtschaftlicher Anlagen, wobei die unterschiedlichen Tierarten Rind, Schwein und Geflügel berücksichtigt wurden. Die Ermittlung der Häufigkeit des Auftretens von Geruchsimmissionen erfolgte wie bereits angeführt mittels Rasterbegehung durch Probanden nach der in der Richtlinie VDI 3940 und GIRL beschriebenen Methodik. Die Methode der Rasterbegehung ermöglicht als einziges Verfahren die Erfassung der tatsächlichen Geruchsimmissionssituation vor Ort und wurde daher im Rahmen des Projektes angewendet. Allerdings ist die Größe der Beurteilungsgebiete aus Aufwandsgründen limitiert, wodurch in der Regel Beurteilungsflächen mit Kantenlängen zwischen 100 m und 250 m resultieren. Die im Projekt erzielten Ergebnisse der Rasterbegehungen zeigen, dass sich die Geruchsbelastung zwischen benachbarten Beurteilungsflächen zum Teil deutlich unterscheidet. Ursache hierfür ist die Größe der Beurteilungsfläche, die, wie bereits ausgeführt, nicht beliebig verkleinert werden kann.

Im Rahmen des Projektes wurden neben den Rasterbegehungen auch für zehn der elf Untersuchungsgebiete auf den Erhebungszeitraum ($\frac{1}{2}$ oder ganzes Jahr) bezogene Immissionsprognosen durchgeführt. Die Ausbreitungsrechnungen dienen in erster Linie zum Nachweis der Repräsentativität des Erhebungszeitraumes. Ist eine hinreichende Übereinstimmung zwischen den Ergebnissen der Rasterbegehung und denen der Ausbreitungsrechnung für den Erhebungszeitraum gegeben, kann auch eine Berechnung mit Hilfe einer auf das Untersuchungsgebiet übertragbaren 10-Jahres-Meteorologie durchgeführt werden.

Immissionsprognosen bieten gegenüber Rasterbegehungen den Vorteil, dass die Größe der Beurteilungsflächen kleiner gewählt und damit ein differenzierterer Verlauf des Belastungsgradienten der Geruchsimmission dargestellt werden kann. Dies hat zur Folge, dass sich bei kleineren Flächengrößen die Unterschiede zwischen der Geruchsbelastung auf benachbarten Flächen verringert und die Ergebnisse der Belästigungsbefragungen einer kleinräumigeren, differenzierteren Betrachtung unterzogen werden könnten. Darüber hinaus wäre zu prüfen, ob sich aufgrund der differenzierteren Betrachtung ggf. neue Zusammenhänge ergeben. Es ist zu erwarten, dass sich bei einer Zuordnung der Belästigungsdaten zu diesen differenzierteren Geruchsbelastungsdaten (kleinere Flächen \Rightarrow geringere Unterschiede zwischen

benachbarten Flächen) das Ausmaß des Expositions-Wirkungszusammenhangs weiter erhöht und damit die statistische Güte gesteigert werden kann.

Zur Absicherung möglicher praxisrelevanter Umsetzungen ist es sinnvoll, die umfangreichen und einmaligen Daten zusätzlichen Auswertungen zu unterziehen und für weitergehende Aussagen zu nutzen. Die damit gewonnenen Erkenntnisse würden die Aussagekraft der erzielten Ergebnisse weiter erhöhen und einen zusätzlichen Beitrag zu einer wissenschaftlich fundierten Geruchsbeurteilung in der Landwirtschaft liefern.

Ungeklärt ist die genaue Ursache für die unterschiedliche Wirkung der tierspezifischen Gerüche. Um dies letztendlich zu klären, wären weitere Datenerhebungen mit der Methode der Polaritätenprofile erforderlich. Auf der Basis der vorhandenen Daten kann nur eine Hypothese formuliert werden (siehe auch Kap. 4.4.2 Einfluss der Tierart (Geflügel, Schwein, Rind)).

5. SCHLUSSFOLGERUNGEN

- An der Untersuchung waren die Länder Baden-Württemberg, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Sachsen und Nordrhein-Westfalen beteiligt. Unterschiede zwischen den Ländern bezüglich des Ausmaßes der Belästigungsreaktion der Anwohner ergaben sich auf der Basis der hier untersuchten Gebiete nicht.
- Mit steigender Geruchsbelastung durch landwirtschaftliche Gerüche (Geruchshäufigkeit in Prozent der Jahresstunden) nimmt auch der Belästigungsgrad der Anwohner zu (Expositions-Wirkungszusammenhang). Der Expositions-Wirkungszusammenhang ist statistisch signifikant.
- Die nach Tierarten (Geflügel, Schwein, Rind) differenzierte Geruchsqualität ist immissionsseitig eindeutig wirkungsrelevant und sollte bei der Beurteilung der "Erheblichkeit" der Belästigung durch Geruchsimmissionen aus der Landwirtschaft berücksichtigt werden. Es ergeben sich signifikante Wirkungsunterschiede zwischen den untersuchten Tierarten. Die Wirkungsrelevanz kann aus den in dieser Studie ermittelten Expositions-Wirkungskurven für die "sehr stark Belästigten" abgeleitet werden. Die Geruchsqualität "Rind" wirkt kaum belästigend, gefolgt von der Geruchsqualität "Schwein" mit einer deutlich größeren Belästigungswirkung und der Geruchsqualität "Geflügel" mit der stärksten Belästigungswirkung.
- Zum Einfluss einer möglicherweise vorhandenen Ortsüblichkeit und/oder größeren Akzeptanz landwirtschaftlicher Gerüche, welche nicht direkt messbar sind, konnten Anhaltspunkte ermittelt werden. So konnte gezeigt werden, dass die Geruchsbelastung in der Gruppe der Anwohner mit einer Wohndauer von nicht mehr als 10 Jahren ("Zugezogene") die dominante Rolle spielt, wohingegen in der Gruppe der Anwohner mit einer Wohndauer von mehr als 10 Jahren ("Alteingesessene") andere Faktoren einen stärkeren Einfluss auf die Belästigungsreaktion haben. So ist damit zu rechnen, dass bei gleicher Abnahme der Geruchshäufigkeit der Belästigungsgrad der "Zugezogene" stärker zurückgeht, als der der "Alteingesessenen". Zudem wird die Hypothese aufgestellt, dass die Belästigungsreaktion in der Gruppe der "Alteingesessenen" durch Veränderungen in der Struktur der landwirtschaftlichen Tierhaltung beeinflusst wird.
- Beim Vergleich der Probandenangaben zu Intensität und Hedonik mit den Angaben der Anwohner zeigt sich eine zufrieden stellende Übereinstimmung der Werte. Damit konnte gezeigt werden, dass die mit Hilfe der Probanden gewonnenen Daten hinreichend genau die Wahrnehmung der Anwohner widerspiegeln und somit ein gutes Maß für die Charakterisierung der Immissionsbelastung durch landwirtschaftliche Tierhaltungsgerüche darstellen.

- Aufgrund der einheitlichen hedonischen Klassifikation der Tierhaltungsgerüche (Geflügel, Schwein, Rind) als unangenehm hat sich der Parameter Hedonik im Rahmen des hier untersuchten Anlagenspektrums als nicht wirkungsrelevant erwiesen. Gleiches gilt für die Geruchsintensität.

Literatur

- Bender R., Ziegler A., Lange St. Logistische Regression. *Deutsche Medizinische Wochenzeitschrift*, 127, 2002, T11-T13
- BImSchG (Bundesimmissionsschutzgesetz) Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge. BImSchG in der Fassung vom 14. Mai 1990 (BGBl. I, S. 880), zuletzt geändert durch Art. 1 des Gesetzes vom 9. September 2001 (BGBl. I, S. 2331)
- Baltes-Götz B. Logistische Regressionsanalyse mit SPSS. *AWS.SPSS.19*, 18. Juni 2005, www.uni-trier.de/urt/user/baltes/docs/logist/logist.pdf
- Bortz J. Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler. *Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 2004*
- Bortz, Inc. (2004). STATISTICA für Windows [Software-System für Datenanalyse] Version 6. www.Bortz.com
- Both R. Projektskizze: Geruchsbeurteilung in der Landwirtschaft. *Landtechnik* 59, 2004, 164-165
- DIN EN 13 725. Luftbeschaffenheit - Bestimmung der Geruchsstoffkonzentration mit dynamischer Olfaktometrie. Deutsche Fassung EN 13 725. *Berlin: Beuth, 2003*
- Felscher-Suhr U., Guski R. und Schuemer R. Internationale Standardisierungsbestrebungen zur Erhebung von Lärmbelästigung. *Zeitschrift für Lärmbekämpfung* 47, 2000, 68-70
- Gerlach S. und Wilimzig M. Was in Leinbach schief ging. *DLG Mitteilungen* 10, 2005, 24-26
- GIRL (Geruchsimmissions-Richtlinie) Feststellung und Beurteilung von Geruchsimmissionen. GIRL in der Fassung vom 13. Mai 1998, mit Begründung und Auslegungshinweisen in der Fassung vom 7. Mai 1999, mit Berücksichtigung der Hedonik in der Fassung vom 21. September 2004
- Guski R. Lärm - Wirkungen unerwünschter Geräusche. *Bern: Huber, 1987*
- Hangartner R. Bewertung von Geruchsbelästigungen. *Staub - Reinhaltung der Luft* 48, 1988, 81-85
- Koeppe G-M. *Diplomarbeit, Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, 1986*

- Mannebeck H. und Hesse D. Einfluss der unterschiedlichen Lästigkeit von Gerüchen verschiedener Tierarten auf die Mindestabstände zur Wohnbebauung. In: KTBL-Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.v. (Hrsg). *KTBL- Arbeitspapier* Nr. 250, Aktuelle Arbeiten aus Landtechnik und landwirtschaftlichem Bauwesen. *KTBL/FAL - Arbeitstagung in Braunschweig, 11.-12. März 1998, 197-201*
- Steinheider B. und Winneke G. Materialienband zur Geruchsimmissionsrichtlinie in Nordrhein-Westfalen - Psychophysiologische und epidemiologische Grundlagen der Wahrnehmung und Bewertung von Geruchsimmissionen. *Interner Bericht im Auftrag des Ministers für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf, 1990*
- Steinheider B., Winneke G. and Schlipkötter H-W. Somatische und psychische Wirkungen intensiver Geruchsimmissionen: Eine Fallstudie aus der Substratherstellung für die Champignonzucht. *Staub - Reinhaltung der Luft* 53, 1993, 425-431
- Steinheider B. und Winneke G. Industrial odours as environmental stressors: Exposure-annoyance associations and their modification by coping, age and perceived health. *Journal of Environmental Psychology* 13, 1993, 353-363
- Steinheider B. Die Wirkungen von Industrierüchen als Umweltstressoren. - *Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag, 1997*
- Steinheider B., Both R. und Winneke G. Die Erfassung der Geruchsbelästigung durch Tierstallimmissionen bei Anwohnern. *Gefahrstoffe - Reinhalt der Luft* 58, 1998a, 411-416
- Steinheider B., Both R. und Winneke G. Field studies on environmental odours inducing annoyance as well as gastric and general health-related symptoms. *Journal of Psychophysiology* 12, Suppl. 1, 1998b, 64-79
- Sucker K., Bischoff M., Krämer U., Kühner D. und Winneke G. Untersuchungen zur Auswirkung von Intensität und hedonischer Geruchsqualität auf die Ausprägung der Geruchsbelästigung. *Forschungsbericht des MIU, Düsseldorf, und der Fa. deBAKOM, Odenthal, im Auftrag des MUNLV NRW (Herausgeber), Düsseldorf, des MUV BW, Stuttgart, und des VCI e.V., Frankfurt. Düsseldorf, 2003*
- Verein Deutscher Ingenieure (VDI) Olfaktometrie. Bestimmung der Geruchsintensität (VDI 3882 / 1). *Düsseldorf: Verein Deutscher Ingenieure, 1992*
- Verein Deutscher Ingenieure (VDI) Olfaktometrie. Bestimmung der hedonischen Geruchswirkung (VDI 3882 / 2). *Düsseldorf: Verein Deutscher Ingenieure, 1994*

- Verein Deutscher Ingenieure (VDI) Wirkung und Bewertung von Gerüchen - Psychometrische Erfassung der Geruchsbelästigung - Fragebogentechnik. (VDI 3883 / 1). *Düsseldorf: Verein Deutscher Ingenieure, 1997*
- Verein Deutscher Ingenieure (VDI) Bestimmung der Geruchsstoffimmission durch Begehungen - Bestimmung der Immissionshäufigkeit von erkennbaren Gerüchen, Rastermessung. (VDI 3940 / 1 - Entwurf). *Düsseldorf: Verein Deutscher Ingenieure, 2003*
- Winneke G. und Kastka J. Comparison of odour annoyance-data from different industrial sources: problems and implications. In Koelega HS (ed.) Environmental annoyance. Characterisation, measurement and control. *Amsterdam: Elsevier, 1987, 129-137*
- Winneke G. und Neuf M. Psychological response to sensory stimulation by environmental stressors: trait or state? *Applied Psychology 41, 1992, 257-267*
- Wrigley N. Categorical data analysis for geographers and environmental scientists? *New York: Longman, 1985*