

Medizinisches Institut für Umwelthygiene an der  
Heinrich-Heine Universität Düsseldorf

(amtierender Direktor: Prof. Dr. G. Winneke)

**Forschungsbericht über**

***Untersuchungen zur Auswirkung  
von Intensität und hedonischer Geruchswirkung  
auf die Ausprägung der Geruchsbelästigung***

**vorgelegt von**

**Kirsten Sucker und  
Gerhard Winneke**

**Im Auftrag von:**

**Ministerium für Umwelt, Naturschutz, Landwirtschaft und  
Verbraucherschutz des Landes NRW (Düsseldorf)**

**Ministerium für Umwelt und Verkehr des Landes BW (Stuttgart)**

**Verband der Chemischen Industrie (Frankfurt/M)**

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>VORWORT</b> .....	<b>5</b>
<b>FRAGESTELLUNG</b> .....	<b>7</b>
Geruchsstoffe und Geruchsstoffimmissionen .....	7
Geruchswirkungen und Geruchsbelästigungen .....	7
Expositions- Wirkungszusammenhänge für Geruchsbelästigungen .....	8
Kenntnislücken: Bedeutung von Hedonik und Intensität .....	10
Zielsetzung der Studie .....	11
<b>METHODIK</b> .....	<b>11</b>
Untersuchungsgebiete .....	11
Emittentenauswahl .....	11
Kurzbeschreibung der Firmen.....	12
Erfassung der Geruchsbelastung .....	14
Immissionserfassung.....	14
Emissionserfassung .....	17
Belästigungserhebung .....	19
Fragebogen und Wirkungserfassung .....	19
Durchführung .....	21
Statistische Auswertung .....	24
Deskription .....	24
Auswertung der Belastungsmessung .....	24
Auswertung der Belästigungsbefragung .....	25
Zusammenhang zwischen Belästigung und Geruchshäufigkeit.....	26
Analyse: Logistische Regression .....	26
<b>ERGEBNISSE</b> .....	<b>29</b>
Laborversuche zu Ankerreizen .....	29
Polaritätenprofile .....	34
Regionale Unterschiede bei der Bewertung von Gerüchen .....	36
Rasterbegehungen .....	38
Überprüfung der Anwendbarkeit des modifizierten Datenaufnahmebogens .....	38
Geruchshäufigkeiten.....	38
Intensität und Hedonik.....	39

Bewertung der Intensität und Hedonik durch die Probanden .....	41
Intensität .....	41
Hedonik .....	42
Zusammenhänge zwischen Häufigkeit, Intensität und Hedonik .....	46
Häufigkeit und Intensität .....	46
Häufigkeit und Hedonik.....	47
Intensität und Hedonik .....	49
Belästigungsbefragungen .....	51
Zuverlässigkeit der Belästigungsbefragung.....	51
Wahrnehmung von Gerüchen in der Außenluft .....	52
Bewertung der Häufigkeit, Intensität und Hedonik durch die Anwohner.....	58
Häufigkeit.....	58
Intensität .....	59
Hedonik .....	61
Zusammenhang zwischen Intensität und Hedonik .....	64
Belästigungswirkung der Anlagengerüche.....	66
Geruchshäufigkeit und Belästigung.....	66
Regressionsanalysen .....	69
Auswertestrategie .....	69
Belästigungsmaße .....	70
Störvariablen .....	72
Ergebnisse der logistischen Regressionsanalysen .....	73
Geruchsbelästigung in Abhängigkeit von der Wahrnehmungshäufigkeit der Gerüche.....	74
Geruchsbelästigung in Abhängigkeit von der Wahrnehmungshäufigkeit der „unangenehmen“ Anlagengerüche .....	77
Geruchsbelästigung in Abhängigkeit von der Wahrnehmungshäufigkeit der „angenehmen“ Anlagengerüche .....	82
Geruchsbelästigung in Abhängigkeit anderer Belastungsmaße .....	86
Belästigung .....	89
<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>92</b>
Ankerreize .....	93
Regionale Unterschiede bei der Bewertung von Gerüchen .....	93
Zuverlässigkeit der Immissionserfassung .....	94

Bewertung der Intensität und Hedonik durch die Probanden.....	94
Zuverlässigkeit der Belästigungsbefragung .....	95
Bewertung der Intensität und Hedonik durch die Anwohner .....	96
Belästigungswirkung der Anlagengerüche.....	97
<b>Literatur.....</b>	<b>101</b>
<b>ANHANG.....</b>	<b>104</b>

## VORWORT

Der vorliegende Forschungsbericht befasst sich mit dem Geruchssinn als Vermittler unerwünschter psychologischer Wirkungen geruchsintensiver Fremdstoffe aus anthropogenen Quellen. Speziell geht es um die Erarbeitung von Grundlagen zur möglichen Weiterentwicklung der Geruchsimmissionsrichtlinie (GIRL) NRW, mit der erstmals in Deutschland ein empirisch gestütztes Regelwerk vorgelegt wurde, das eine Beurteilung geruchsgeprägter Immissionssituationen unter dem Aspekt der Erheblichkeit von Geruchsbelästigungen ermöglicht.

Im Rahmen der Erprobung der GIRL ist wiederholt diskutiert worden, ob und in welchem Umfang Modifikationen und ggf. Weiterentwicklungen sinnvoll sein könnten. Hierbei ist vorrangig die Frage aufgetaucht, ob der hedonische Charakter von Geruchsimmissionen, d.h. ihre angenehm-unangenehm-Qualität, und die Intensität dieser Immissionen, d.h. ihre subjektiv empfundene Geruchsstärke, wichtige und bislang nicht ausreichend berücksichtigte Belästigungsmoderatoren sind. Da hierzu belastbares empirisches Material nicht vorlag, wurden vom Medizinischen Institut für Umwelthygiene an der HHU Düsseldorf (MIU) in enger Kooperation mit dem Landesumweltamt NRW und der Firma deBAKOM im Auftrag und mit Unterstützung des Ministeriums für Umwelt, Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz NRW (MUNLV), des Ministeriums für Umwelt und Verkehr des Landes BW (MUVBW), sowie des Verbandes der Chemischen Industrie (VCI) in den Jahren 1998 bis 2001 umfangreiche mess- und wirkungsbezogene Untersuchungen im Umfeld von sechs geruchsstoffemittierenden Quellen durchgeführt.

Mit den hier vorgestellten Untersuchungen wurde vielfach Neuland betreten. Ohne die fachlich kollegiale Unterstützung von vielen Seiten wäre eine so erfolgreiche Bearbeitung der äußerst komplexen, interdisziplinär geprägten Thematik nicht möglich gewesen. Wir bedanken uns deshalb bei folgenden an dieser Studie beteiligten Institutionen: Landesumweltamt NRW in Essen, Landesanstalt für Umweltschutz (LfU) in Karlsruhe und Firma deBAKOM in Odenthal, die bei der Auswahl der Emittenten und der messtechnischen Beschreibung der Immissionssituation in der Nachbarschaft dieser Emittenten unverzichtbare Basisarbeit geleistet haben. Den Mitarbeitern dieser Institutionen, die maßgebend diese Studie getragen haben, sowie weiteren Fachleuten, die als Mitglieder der Lenkungsgruppe in vielen Sachdiskussionen die Studie begleitet und auf Kurs gehalten haben, gilt deshalb auch an dieser Stelle unser besonderer Dank. Neben den unten genannten Mitarbeitern des MIU sind dies in

alphabetischer Reihung folgende Personen: Dr. D. Ahrens, LfU (Karlsruhe), M. Bischoff, deBAKOM (Odenthal), Dr. R. Both, LUA (Essen), S. Czarnecki, MUV (Stuttgart), Dr. J. Rothermel und Frau Dr. A. Hanschmidt, VCI (Frankfurt), Dr. A. Junker, Dynamit Nobel (Troisdorf), Dr. E. Koch, MUNLV (Düsseldorf), Frau Dr. U. Krämer, MIU (Düsseldorf), Dr. D. Kühner, deBAKOM (Odenthal), U. Ratzel, LfU (Karlsruhe).

Düsseldorf, im Dezember 2001

Prof. Dr. rer.nat. Gerhard Winneke  
Projektleiter

Dipl.-Psych. Kirsten Sucker  
Projektkoordinator

# FRAGESTELLUNG

## **Geruchsstoffe und Geruchsstoffimmissionen**

Geruchsstoffe sind Chemikalien, die konzentrationsabhängig den Geruchssinn aktivieren und so Geruchsempfindungen auslösen können. Geruchsstoffe sind in der Regel organische Verbindungen, obwohl auch einige anorganische Stoffe Geruchsträger sein können. Strukturmerkmale, die die Vorhersage geruchstragender Eigenschaften ermöglichen könnten, lassen sich allgemeingültig bislang nicht angeben, jedoch müssen Stoffe zumindest ausreichend flüchtig, sowie wasser- und fettlöslich sein, um potentiell den Geruchssinn aktivieren zu können (PLATTIG, 1995).

Die Behandlung von Geruchsstoff-Immissionen als Luftverunreinigungen im Rahmen des Umweltschutzes gestaltet sich sowohl aus messtechnischen als auch aus wirkungsseitigen Gründen problematisch. Eine wirkungsangemessene messtechnische Erfassung geruchsintensiver Stoffe ist immissionsseitig mittels chemisch-analytischer Verfahren nicht oder nur begrenzt möglich, weil Geruchsempfindungen noch bei Konzentrationen auftreten können, die z.T. deutlich unter der Nachweisgrenze analytischer Verfahren liegen, und weil eine qualitative und quantitative Erfassung von Geruchsstoffgemischen entweder sehr aufwendig oder sogar ganz unmöglich ist. Deshalb haben sich sensorische Methoden der Geruchsmessung heute allgemein durchgesetzt. Verfahren, die die menschliche Nase und deren nachgeschaltete nervöse Strukturen als Detektor benutzen, werden als olfaktometrische Verfahren bezeichnet. Wichtige Anwendungsgebiete der Olfaktometrie im Rahmen des technischen Umweltschutzes sind zum einen die Bestimmung des Wirkungsgrades von Geruchsminderungsmaßnahmen und zum anderen die Aufstellung von Geruchsimmissionsprognosen durch Ausbreitungsrechnung auf der Grundlage olfaktometrischer Geruchskonzentrationsbestimmungen an Geruchsquellen.

## ***Geruchswirkungen und Geruchsbelästigungen***

Bei der umwelthygienischen Bewertung geruchsgeprägter Immissionsbedingungen sind Wirkungsaspekte von großer Bedeutung. Von Extremfällen ekel- und übelkeitserregender Geruchsstoffe abgesehen (STEINHEIDER ET AL., 1993), wird eine krankmachende Wirkung von Geruchsstoffimmissionen durchweg verneint. Zwar klagen Anwohner industrieller/gewerblicher Geruchsstoffquellen vermehrt über somatische

Beeinträchtigungen, wie etwa Schlafstörungen, Übelkeit, Erbrechen und Atembeschwerden (STEINHEIDER ET AL., 1998), jedoch werden diese körperlichen Symptome typischerweise der Geruchseinwirkung zugeschrieben (attribuiert), nicht jedoch von ihr hervorgerufen. Zumindest fehlen, außer in Fällen extremer Immissionsbelastung, 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. Der Belästigungsbegriff ist als Rechtsfigur der Alltagssprache entnommen. Seine konzeptuelle Einbettung in wahrnehmungs-, emotions- oder sozialpsychologische Zusammenhänge steht noch aus (KOELEGA, 1987). Dementsprechend fehlt es auch noch an einer einheitlichen, inhaltlich begründeten Definition der Belästigung. Im allgemeinsten Sinne handelt es sich bei der Geruchsbelästigung 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 sind die sie auslösenden Immissionen als Umweltstressoren einzuordnen (STEINHEIDER, 1997). Der Zusammenhang zwischen Geruchsbelästigungen und psychosomatischen Störungen ist ebenso klärungsbedürftig wie Ähnlichkeiten und/oder Unterschiede zu anderen Umweltbelästigungen (z.B. Lärm, Staub). Es ist belegt, dass Belästigungen neben auslöserspezifischen auch solche auslöserübergreifende Eigenschaften besitzen, dass auch von einer Belästigungsdisposition als Persönlichkeitsmerkmal gesprochen werden kann (WINNEKE UND NEUF, 1992).

### ***Expositions- Wirkungszusammenhänge für Geruchsbelästigungen***

Eine Übersicht über den derzeitigen Kenntnisstand auf diesem Gebiet wurde auf einer VDI-Tagung gegeben (WINNEKE UND STEINHEIDER, 1998). Danach erfolgt die Erfassung von Geruchsbelästigungen fragebogengestützt mittels ein- oder mehrdimensionaler Belästigungsskalen im Rahmen sozialwissenschaftlicher Erhebungen. Untersuchungen mit einem mehrdimensionalen Düsseldorfer Fragebogenkonzept (KASTKA, 1976) im deutschsprachigen und holländischen Raum zeigten einerseits die Eignung zur Quellendifferenzierung (WINNEKE UND KASTKA, 1987), und ergaben



andererseits erste Belege für Expositionswirkungsbeziehungen für Geruchsbelästigungen (PUNTER UND BAAUWBROEK, 1989; CAVALINI ET AL., 1991). Zugleich zeigte sich in diesen Untersuchungen aber auch, dass die mit diesem mehrdimensionalen Fragebogenkonzept erfassten Belästigungskomponenten hoch interkorreliert sind, so dass eine vereinfachte Belästigungsmessung unter Verwendung eindimensionaler Skalen oder eindimensionaler Endpunkte (z.B. Prozent stark Belästigter) zur systematischen Untersuchung von Expositions-Belästigungs-Beziehungen gerechtfertigt ist.

Derartige Untersuchungen liegen inzwischen aus der Schweiz (HANGARTNER UND WÜST, 1994), aus Holland (CAVALINI ET AL., 1991, MIEDEMA ET AL., 1986; MIEDEMA, 1992) und aus Deutschland (STEINHEIDER UND WINNEKE, 1993, STEINHEIDER ET AL., 1998) vor. Die genannten Untersuchungen unterscheiden sich, außer in der Dimensionalität der Belästigungserfassung, vor allem hinsichtlich der Expositionserfassung. Während in den holländischen Arbeiten eine jahresrepräsentative Beschreibung der Geruchsstoffimmissionen über Ausbreitungsmodelle auf der Grundlage olfaktometrischer Emissionsmessungen erfolgte, stützen sich die im deutschsprachigen Raum durchgeführten Studien durchweg auf Ergebnisse von Rasterbegehungen im Einwirkungsbereich verschiedener Immissionsquellen auf der Grundlage einer entsprechenden VDI-Richtlinie (VDI, 3940, 1993). In den genannten Arbeiten ist, bei z. T. deutlichen Unterschieden im Detail, durchweg ein statistisch hochgesicherter positiver Zusammenhang zwischen der Expositionshöhe (mittlere errechnete Geruchskonzentration oder Häufigkeit von Geruchsereignissen in Prozent Jahresstunden mit Geruch) und entweder der Ausprägung der Belästigungsreaktion oder der Häufigkeit „stark“ belästigter Personen gefunden worden.

Das Ergebnis von Geruchsbelästigungserhebungen im Zusammenhang mit unterschiedlichen Arten der Expositionserfassung wird in Form von Expositions-Wirkungs-Beziehungen dargestellt. Mit Hilfe von Zusatzkriterien (Symptome, Unzumutbarkeitsurteile, Vergleich mit Lärmwirkungen) wird versucht, möglichst eindeutige Bewertungskriterien in Form von Immissionswerten abzuleiten. Im Fall der Geruchsbeurteilung wurde der Bereich zwischen 10% und 20% Jahresstunden mit Geruch als in diesem Sinne kritisch vorgeschlagen (STEINHEIDER UND WINNEKE, 1992) und in der Geruchsimmissions-Richtlinie (GIRL) NRW berücksichtigt.

## ***Kennnislücken: Bedeutung von Hedonik und Intensität***

Im Rahmen bisheriger einschlägiger eigener Untersuchungen war u.a. auch die Frage diskutiert worden, ob und ggf. in welchem Maße die Intensität (Geruchsstärkeempfindung) und/oder die hedonische Geruchswirkung (angenehm-unangenehm-Qualität) bei gleicher Geruchshäufigkeit einen wirkungsmodifizierenden Einfluss ausüben könnte. Hinsichtlich der Intensität konnte aufgrund vorliegender Daten auf statistischem Wege gezeigt werden, dass ein solcher Einfluss, falls überhaupt vorhanden, allenfalls von geringer Bedeutung sein konnte, da es für die von uns erfassten Gebiete (Duisburg, Dortmund, Rodenkirchen) hinsichtlich der Expositions-Wirkungsbeziehungen keinen Unterschied machte, ob Gerüche aller Intensitäten (0 bis 6) oder nur solche ab der Kategorie „deutlich“ (3-6) berücksichtigt wurden. Allerdings war das erfasste Emittentenspektrum schmal. Hinsichtlich der Hedonik konnte eine vergleichbar gesicherte Feststellung nicht getroffen werden, da entsprechend verwertbare Informationen überhaupt nur aus einem einzigen Gebiet (Rodenkirchen) vorlagen, und das Emittentenspektrum eine a priori Differenzierung nach den Kategorien „angenehm“ bzw. „unangenehm“ nicht zuließ.

Die Literaturlage zum Einfluss der hedonischen Geruchsqualität auf die Belästigungsreaktion ist spärlich. Bei einem Vergleich von 4 Emittenten (Raffinerie, Brauerei, Schokoladenfabrik und Isolierstoffhersteller) konnten deutlich erniedrigte Belästigungswerte im Falle der Schokoladenfabrik relativ zu den anderen Quellen festgestellt werden, jedoch lagen keine validen Immissionswerte und auch keine Hedonikbewertungen vor (WINNEKE UND KASTKA, 1987). Befragungs- und Erhebungsergebnisse im Wohnumfeld verschiedener Emittenten der Chemischen- und Nahrungsmittelindustrie, sowie der Landwirtschaft zeigten, dass im Vergleich "sehr unangenehmer" mit "etwas unangenehmen" Gerüchen (Beurteilung der Feldbeobachter in Anlehnung an VDI 3882/2) Grenzhäufigkeiten zur unzumutbaren Belästigung in etwa verdoppelt werden können (HANGARTNER ET AL., 1998). Da aber in diesen Untersuchungen wechselnde Beobachtergruppen nicht näher spezifizierter Qualifikation verwendet wurden, und außerdem z. T. erhebliche Abweichungen vom Vorgehen der GIRL vorliegen, sind die Befunde zwar als wichtige Hinweise auf die Bedeutung der Hedonikdimension zu bewerten, ohne dass jedoch daraus unmittelbar Rückschlüsse auf eine etwa erforderliche Modifikation der in der GIRL formulierten Immissionswerte gezogen werden können. Die Erfahrungen aus diesen Untersuchungen wurden bei der Planung der hier vorgestellten Studie berücksichtigt.

Aus dieser Befundlage folgte, dass eine den Vorgaben der GIRL Rechnung tragende Datenerhebung zur Bedeutung von Hedonik und Intensität für die Ausprägung von Belästigungsreaktionen im Sinne einer Fortentwicklung der GIRL erforderlich ist, wie sie auch wiederholt angemahnt wurde (z.B. JUNKER, 1998).

### ***Zielsetzung der Studie***

Gemäß Geruchsmissions-Richtlinie NRW (GIRL NRW) wird im wesentlichen aufgrund der über Begehungen und/oder Ausbreitungsrechnungen ermittelten Auftretenshäufigkeit über den Tatbestand der „Erheblichkeit“ von Geruchsmissionen entschieden. Im Regelfall gelten in Gebieten, in denen sich Menschen nicht nur vorübergehend aufhalten, Auftretenshäufigkeiten > 10% (nach dem Geruchsstundenkonzept) als „erheblich“ belästigende Geruchsmissionen und damit als „schädliche“ Umwelteinwirkungen gemäß Bundesmissionsschutzgesetz bzw. TA Luft. Mit den hier vorgestellten Untersuchungen soll die Frage geprüft werden, ob die Berücksichtigung der "Angenehm-Unangenehm-Dimension" (Hedonik) und der Intensitätsdimension zu einer differenzierenden Grenzwertsetzung beitragen kann. Sollte dies der Fall sein, könnte z.B. ein Regelwerk mit Zuschlägen bzw. Abschlägen für eher angenehme bzw. unangenehme Geruchsstoffmissionen formuliert werden, wie dies z.B. in der TA Lärm im Hinblick auf verschiedenartige Lärmquellen gehandhabt wird.

## **METHODIK**

### ***Untersuchungsgebiete***

Die Untersuchungen wurden in fünf Städten in Nordrhein-Westfalen und in einer Stadt in Baden-Württemberg durchgeführt. Um den Einfluss der hedonischen Geruchswirkung untersuchen zu können, wurden zwei „angenehm“, zwei „unangenehm“ und zwei „neutral“ riechende industrielle Quellen ausgesucht.

### ***Emittentenauswahl***

Bei der Auswahl der drei Anlagen, die im Rahmen des MUNLV-Teils untersucht werden sollten, wurde in der Zeit von Februar bis April 1999 in Zusammenarbeit mit dem Landesumweltamt (LUA, Essen) und den einzelnen Staatlichen Umweltämtern

(StUÄ) und Bezirksregierungen (BZRn) eine Liste von 39 geeigneten Geruchsemitentemittenten zusammengestellt. Die dabei im Vordergrund stehenden Kriterien sind der im Anhang A beigefügten Tabelle zu entnehmen. In Abstimmung mit den verschiedenen Dezernaten des LUA (Dez. 413, Dez. 322, Dez. 233) und dem MIU wurden 10 Anlagen ausgewählt und mit mehreren Personen besichtigt. Um die Beurteilung des Anlagengeruchs zu vereinheitlichen, wurde bei jeder Betriebsbesichtigung der typische Anlagengeruch mit Hilfe der Intensitäts- und Hedonikskala (VDI 3882 / Bl. 1 und Bl. 2) bewertet. Eine Anlage wurde nur dann als „angenehme“ bzw. „unangenehme“-Anlage ausgewählt, wenn die Urteile der Personen gut übereinstimmten und einen Extrembereich auf der Hedonikskala abdeckten (angenehm: +2 bis +4; unangenehm: -2 bis -4). Als „neutral“ wurde die Anlage bezeichnet, wenn die Personen nur die Mitte der Hedonikskala für die Bewertung des Anlagengeruchs verwendeten (neutral: -2 bis +2). Ein unangenehm riechender Geruchsemittent wurde in einem zweiten Auswahlverfahren, das im Sommer 2000 stattfand, gefunden.

Die Wahl geeigneter Anlagen, die im Rahmen des VCI-Teils untersucht wurden, wurde durch die deBAKOM in Zusammenarbeit mit dem LUA und dem MIU getroffen. Eine „angenehm“-Anlage wurde in Zusammenarbeit mit der Landesanstalt für Umweltschutz (LfU) in Baden-Württemberg ausgesucht. Auch hier wurde die Intensitäts- und Hedonikskala bei der Beurteilung des Anlagengeruchs angewendet.

### ***Kurzbeschreibung der Firmen***

Die „angenehmen“-Anlagen waren in Hagen ein Hersteller von Dauerbackwaren (Zwieback) (MUNLV) und in Karlsruhe eine Bonbon-Fabrik (VCI).

- 1) Bei der Herstellung von **Zwieback** wird aus dem vorbereiteten Teig in einem ersten Backprozess der sogenannte Einback, der dann mindestens 24 Stunden gelagert wird, um dann geschnitten und geröstet zu werden. Je nach Sorte findet eine Veredelung durch einen Überzug mit Schokolade oder Kokosflocken statt. Der typische Zwiebackgeruch, der während des Backens und des Lagerns entsteht und aus zahlreichen diffusen Quellen emittiert, wird als süßlich beschrieben und erinnert allgemein an Backwaren (Kuchen, Kekse, Waffeln), ohne eine säuerliche Komponente zu haben, wie man sie von anderen Bäckereien her kennt, die beispielsweise auch Sauerteig verarbeiten.

- 2) Bei der Herstellung von **Bonbons** wird aus Zucker und Wasser eine zähflüssige Masse hergestellt, die anschließend mit verschiedenen Aromastoffen versetzt wird. In der Produktpalette dominieren Fruchtbonbons, obwohl auch mentholhaltige Hustenbonbons hergestellt werden.

Die „neutralen“-Anlagen waren bei Emmerich eine Ölmühle (MUNLV) und in Iserlohn eine Textilfabrik (VCI).

- 3) In der **Ölmühle** wird hauptsächlich Rapssaat zu Öl verarbeitet. Die Hauptquelle für den im Vordergrund stehenden Geruch ist der dampfbeheizte Toaster, über den das Extraktionsschrot vom Hexan befreit wird. Hier wurde eine Geruchsstoff-Konzentration von 657.733 GE/m<sup>3</sup> gemessen. Der typische Geruch ist auch in weiterer Entfernung (über fünf Kilometer) noch sehr deutlich zu erkennen und wird als ranzig, ölig, fettig und verbrannt beschrieben. Er erinnert an angebrannte Erdnüsse, Eintopf oder auch Popkorn.
- 4) In der **Textilfirma** werden Einlagestoffe für die Bekleidungsindustrie produziert. Dabei werden die Stoffe mechanisch und chemisch behandelt und anschließend getrocknet und thermofixiert. Der dabei im Vordergrund stehende Geruch tritt vor allem bei der Spannrahmentrocknung auf. Es riecht leicht angebrannt und erinnert an „heiß gebügelte Wäsche“ oder an „leicht angesengte Haare“.

Die „unangenehmen“-Anlagen waren in Schwerte eine Eisengießerei (MUNLV) und in Düsseldorf eine Firma mit einer Fettaufbereitungsanlage sowie einer Waschmittelproduktion (VCI).

- 5) Bei der **Eisengießerei** werden unter anderem Zubehörteile für die Autoindustrie hergestellt. Im Betrieb befindet sich neben den Schmelzöfen und der Kernfertigung auch eine Komessa-Trommel, in der die fertigen Gussteile gekühlt und aus den Formen befreit werden. Diese kann als Hauptquelle für den typischen Geruch, der aus zahlreichen diffusen Quellen wie Dachöffnungen und Fenstern strömt, angesehen werden. Der Geruch wird als metallisch, schwefelig, scharf und beißend beschrieben, erinnert an verbranntes Gummi und wird mit Phenol- oder Klebergeruch assoziiert.

6) Innerhalb des Standortes der Düsseldorfer Firma gibt es ausgedehnte Produktionsanlagen, in denen vorwiegend natürliche **Fette und Öle** zur Herstellung von Fettsäure-Estern, zur Erzeugung von Fettalkoholen und für die weitere Umsetzung zu Tensiden verwendet werden. Neben den Produktionsanlagen gibt es mehrere Tanklager und andere Lager für Rohstoffe und Fertigprodukte sowie zahlreiche Umschlagstellen zum Befüllen oder Entleeren von Tankfahrzeugen oder -containern sowie Eisenbahnkesselwagen. Die zahlreichen geruchsrelevanten Quellen sind in der Mehrzahl diffus und bodennah. Der typische Fettgeruch wird als ölig, tranig, ranzig beschrieben und erinnert an geräucherten, leicht verbrannten Schinken oder auch an altes Frittierfett. Ein anderer Produktionszweig der Firma dient der **Waschmittelherstellung**. Der typische Geruch entsteht hauptsächlich bei der Trocknung eines pastenförmigen Rohstoffgemisches in einem der Zerstäubungstrocknertürmen. Über weitere diffuse Quellen liegen bis jetzt jedoch keine weitere Angaben vor. Der Abluftstrom wird über Gewebefilter gereinigt und die Abluft wird über vier Auslässe in 48 m bis 55 m Höhe über Dach abgeleitet. Der typische Waschmittelgeruch wird beschrieben als seifig, leicht verbrannt und manchmal stechend. Aufgrund der Emissionssituation treten die Fettgerüche eher in der Nähe der Firma auf, wohingegen die Waschmittelgerüche auch noch in einiger Entfernung deutlich zu erkennen sind. In der Umgebung dieser Anlage treten also zwei hedonisch unterschiedlich zu bewertende Gerüche auf, die aber von den Probanden deutlich getrennt voneinander wahrnehmbar sind. Eine Vermischung beider Gerüche zu einem Mischgeruch tritt in der Regel nicht auf.

### ***Erfassung der Geruchsbelastung***

Die Häufigkeit von Geruchsimmissionen wurde über Ausbreitungsrechnung aus Emissionsdaten und über flächenbezogene Probandenbegehungen nach einem Stichprobenkonzept ermittelt.

### ***Immissionserfassung***

Die Erfassung der Geruchsstoffimmissionen im Einwirkungsbereich der jeweiligen Quellen erfolgte gemäß GIRL und VDI 3940. Die im Rahmen der Begehungen eingesetzten Probandenkollektive wurden vorab olfaktometrisch im Hinblick auf ihre Geruchsempfindlichkeit (Geruchsschwellenbestimmung mit Schwefelwasserstoff und n-Butanol) ausgewählt. Eine Auswahl bezüglich der Hedonikeignung fand nicht statt.

Auch war es nicht möglich, wie zunächst geplant, die Probanden mit Ankerreizen zu versorgen, um das den Beurteilungen zugrundeliegende Bezugssystem zu stabilisieren. Die Laborversuche, die in der Zeit von Ende Mai bis Anfang Juli 1999 im Landesumweltamt in Essen durchgeführt wurden, führten zu dem Ergebnis, dass Ankerreize für den Einsatz in Felduntersuchungen nicht brauchbar sind.

Um trotzdem die Zuverlässigkeit der Hedonikbewertung zu gewährleisten und zu vermeiden, dass Probanden eingesetzt werden, die nicht in der Lage sind, die angenehm-unangenehm Qualität des Anlagengeruchs zu beurteilen und zum Beispiel einen Anlagengeruch entgegen der Mehrheit der übrigen Probanden ganz untypisch bewerten, wurde bei der Einweisung der Probanden auf dem Betriebsgelände das Polaritätsprofil 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 und der Hedonik weitere Dimensionen der Geruchswahrnehmung erfasst werden. Die Aufgabe des Probanden ist es, vorgegebene Begriffe (z.B. Gestank und Duft) oder Reize (z.B. Pyridin) auf diesen Skalen einzustufen. Die daraus resultierenden Profile ergeben bei verschiedenen Probanden ein gleichförmiges Bild. So können die vorgegebenen Geruchsreize mit den „in der Vorstellung vorhandenen“ Geruchskonzepten „Duft“ und „Gestank“ verglichen und die Beurteilungsnähe zahlenmäßig mit Hilfe von Korrelationen 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 Polaritätsprofils an dieser Stelle hat den Vorteil, neben der Prüfung der Eignung der Probanden, zusätzlich zur Intensitäts- und Hedonikskala die Qualität und Wirkung der Anlagengerüche mit einer weiteren Methode zu ermitteln und detaillierter zu veranschaulichen.

Alle Probanden hatten die Möglichkeit, die unterschiedlichen im Untersuchungsgebiet zu erwartenden Anlagengerüche im Rahmen der Einweisung auf dem Gelände und auch im Umfeld der Anlage kennen zu lernen. Dabei wurden von allen Probanden die bereits erwähnten Geruchsprofile sowie probeweise Datenaufnahmebögen ausgefüllt und anschließend von den Versuchsleitern überprüft.

Im Rahmen der Gesamtprojektes Hedonik wurde zunächst eine Methode entwickelt, mit der man bei einer Fahnen- bzw. einer Rasterbegehung zusätzlich zur Häufigkeit auch die Intensität und die hedonische Qualität der Geruchsimmission ermitteln kann: Zunächst wird der Geruchszeitanteil (VDI 3940) bestimmt, wobei die Probanden zehn Minuten an einem Messpunkt stehen und insgesamt 60 Riechproben auf einem Datenaufnahmebogen (Anhang C) protokollieren. Im Anschluss erfolgt die Bewertung der Intensität und der Hedonik. Dabei wird nicht das ganze zehnminütige Messzeitintervall beurteilt, sondern es werden nur die Takte mit Geruch bewertet, die vom Probanden eindeutig als Anlagengeruch erkannt wurden.

Mit Hilfe der Intensitätsskala (VDI 3882 / Bl. 1) von „0-kein Geruch“ bis „6-extrem stark“ wurde sowohl der stärkste Eindruck als auch der durchschnittliche Eindruck erfasst. Zusätzlich wurde nach der Häufigkeit des stärksten Eindrucks gefragt.

Die Hedonikskala (VDI 3882 / Bl. 2), mit Werten zwischen „minus 4-äußerst unangenehm“ über „0-weder angenehm noch unangenehm“ nach „plus 4-äußerst angenehm“, wurde 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 an dieser Stelle Missverständnisse bei den Probanden zu vermeiden, wurde durch den Versuchsleiter anhand von Beispielen verdeutlicht, dass auch ein sehr unangenehmer Anlagengeruch in einer wenig intensiven Immissions-situation einen geringen Wert von -1 oder sogar +1 erhalten kann, wohingegen dieser in einer extrem starken Immissionssituation eine sehr negative Bewertung von -4 erhalten würde.

Diese recht aufwendige Datenerfassung sollte es möglich machen, die Extrema zu ermitteln, über die der Proband integriert und zu seinem durchschnittlichen Urteil findet. Außerdem sollte überprüft werden, ob die Beschreibung der Geruchsimmissionssituation mit Hilfe von Extremwerten oder Durchschnittswerten zuverlässiger ist, wenn man sie mit dem Ergebnis von Ausbreitungsrechnungen vergleicht.

Um die Zuverlässigkeit der Datenerhebung mit dem modifizierten Datenaufnahmebogens zu überprüfen, wurde bei der ersten Anlage eine doppelte Rasterbegehung durchgeführt. Die für die Anlage typischen Gerüche waren zum einen Fett- und zum anderen Waschmittelgeruch. In der Zeit vom 19.7.1999 bis zum 17.1.2000 wurden 52



Messungen parallel, jeweils um eine Stunde versetzt, von dem Messteam der deBAKOM (10 Probanden) und von dem Messteam des LUA (10 Probanden) durchgeführt. Die Schrittweite des Rasternetzes betrug 250 m. Die Reihenfolge der Messpunkte war festgelegt und optimiert worden und es wurden ca. 25% Kontrollen gemacht. Mit Hilfe von meteorologischen Messungen konnten die Daten auf Plausibilität (180° Sektor) geprüft werden. Die Messtage wurden so gelegt, dass die Jahreszeiten, alle Wochentage und die Tageszeit repräsentativ berücksichtigt wurden. Auf die jahresrepräsentative Verteilung der Messungen wurde auch bei den übrigen fünf Rasterbegehungen geachtet. **Im MUNLV-Teil** wurden die Begehungen bei der Zwiebackbäckerei und der Eisengießerei vom LUA durchgeführt, bei der Ölmühle durch die Firma ANECO (Mönchengladbach). Der Erhebungsumfang umfasste jeweils 104 Begehungen je Fläche, also 26 mal je Rasterpunkt. **Im VCI-Teil** wurden alle Begehungen durch die deBAKOM durchgeführt. Der Erhebungsumfang umfasste jeweils 52 Begehungen je Fläche, also 13 mal je Rasterpunkt.

Da bei der „unangenehmen“-Anlage eine parallele aber zeitlich unabhängige Messung mit 52 Begehungen vom LUA durchgeführt worden war und die Ergebnisse der beiden Probandenteams vergleichbar waren (Seite 38), konnten die Messwerte zusammengefasst und als eine Begehung mit 104 Messungen pro Beurteilungsfläche ausgewertet werden.

Um die zeitliche Unabhängigkeit der Messungen der beiden Messteams zu prüfen, wurde eine Person-Produkt-Moment Korrelation auf Rohdatenbasis durchgeführt. Eine Übereinstimmung im Hinblick auf die Wahrnehmungshäufigkeit der Gerüche (Anzahl der Takte mit Geruch) war weder für die Fettgerüche ( $r^2 = 0.01$ ,  $p = 0.55$ ) noch für die Waschmittelgerüche ( $r^2 = 0.02$ ,  $p = 0.58$ ) gegeben.

### **Emissionserfassung**

Zusätzlich wurden, soweit möglich, olfaktometrische Messungen zur Beurteilung der Emissionssituation durchgeführt. Diese sollten in Verbindung mit meteorologischen Messungen zu einer Immissionsprognose mittels Ausbreitungsrechnung genutzt werden.

Im MUNLV-Teil wurden bei der Ölmühle durch die Firma Uppenkamp & Partner (Ahaus) und bei der Eisengießerei durch die Firma Rheinisch-Westfälischer Technischer Überwachungsverein (RWTÜV, Essen) Emissionsmessungen unter Mitwirkung des LUA durchgeführt. Bei der Zwiebackbäckerei wurde aufgrund der

zahlreichen diffusen Quellen und der Lage der Firma im Tal der Ennepe auf eine Emissionsmessung verzichtet, da der Messaufwand unverhältnismäßig gewesen wäre.

Im VCI-Teil wurden die Emissionsmessungen von der Firma deBAKOM durchgeführt.

*[Weitere Einzelheiten zur Durchführung der E-Messungen und der sieben Rasterbegehungen und den Ergebnissen sind den entsprechenden Gutachten zu entnehmen und sollen in diesem Bericht nur in Auszügen und im Hinblick auf bestimmte Fragestellungen ausgeführt werden.]*

Bei der Ölmühle ergab sich aufgrund der Beschwerdesituation in der holländischen Nachbarschaft die Möglichkeit, in Zusammenarbeit mit dem Mess- und Prüfdienst der Provinz Gelderland parallele Emissionsmessungen durchzuführen. Die hierbei zu untersuchende Frage war, ob die verschiedenen Institute mit ihren unterschiedlichen olfaktometrischen Messinstrumenten zu vergleichbaren Ergebnissen kommen, und zu welchem Ergebnis die in den beiden Ländern geltenden Geruchsbewertungsverfahren führen.

*[Einzelheiten zur Durchführung und zu den Ergebnissen sind dem entsprechenden Bericht zu entnehmen.]*

In einem Extraprojekt, das vom Landesamt für Umweltschutz Baden-Württemberg in Auftrag gegeben und von der deBAKOM in Zusammenarbeit mit dem MIU bearbeitet wurde, sollte untersucht werden, ob es regionale Unterschiede bei der Bewertung von Gerüchen gibt. Im September und Dezember 2000 wurden Fahnenbegehungen von einem Probandenkollektiv aus Baden-Württemberg und einem Probandenkollektiv aus Nordrhein-Westfalen durchgeführt, bei denen neben der Registrierung der Geruchszeitanteile auch die Beurteilung der Intensität und der Hedonik eines angenehmen (Bonbon) und eines unangenehmen (Fett-/Waschmittel) Anlagengeruchs erfolgte. Auf die Ergebnisse wird in diesem Bericht nur kurz eingegangen.

*[Einzelheiten zur Durchführung und zu den Ergebnissen sind dem entsprechenden Bericht zu entnehmen.]*

## **Belästigungserhebung**

### **Fragebogen und Wirkungserfassung**

Die Belästigung der Anwohner durch Anlagengerüche wurde mit Hilfe eines Fragebogens (Anhang D und E) erfasst, der in Anlehnung an den Musterfragebogen aus VDI 3883 Bl.1 (1997) um die Aspekte der Wahrnehmung und Beurteilung der Intensität und der angenehm-unangenehm-Qualität der Anlagengerüche erweitert wurde.

Die Belästigungsreaktion der Anwohner wird durch zwei Fragen erfasst: einer graphischen Skala mit elf Stufen, dem sog. Belästigungsthermometer (HANGARTNER, 1983, 1988), und einer siebenstufigen verbalen Belästigungsskala. Beide Skalen sind im Fragebogen durch Fragen zur detaillierten Beschreibung der Geruchswahrnehmung mit Hilfe von Angaben zur Häufigkeit, Intensität und der hedonischen Qualität voneinander getrennt. Der Vergleich der Antworten auf den beiden Belästigungsskalen ermöglicht eine Überprüfung der internen Konsistenz (Zuverlässigkeit) der Befragung.

Der Fragebogen mit der allgemein gehaltenen Bezeichnung des Untersuchungsgegenstandes „Wohnsituation, Umwelt und Gesundheit“ beginnt mit Fragen zur Wohnsituation und zur Gesundheit. Erst danach erfolgt die Erfassung der Belästigung durch Lärm und Gerüche in der Außenluft. Dadurch wird gewährleistet, dass allein aufgrund der Reihenfolge der Abfrage keine künstliche 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 die Anlagengerüche zu lenken. Die Abfolge der Fragen zu Lärm und Gerüchen orientiert sich an der Steigerung der Intensität der Wahrnehmung und ist somit auch vom Befragten leichter nachvollziehbar. Zunächst wird mit der Frage nach der Wahrnehmbarkeit begonnen, dann nach dem Vorliegen einer Belästigung und dann nach der Einschätzung der Zumutbarkeit. Bei der komplexen Erfassung der Intensität und Hedonik der Geruchswahrnehmungen wird zunächst nach dem durchschnittlichen Eindruck gefragt. Sind die Anwohner in der Lage, diese Frage ohne Schwierigkeiten zu beantworten, erfolgt eine zusätzliche Bewertung der maximalen Eindrücke und ihrer Häufigkeit.

Die erste Version des Fragebogens (Anhang D), die bei der Fett- und Waschmittelgeruch emittierenden Anlage zum Einsatz kam, musste noch einmal in einigen

Punkten verändert werden. Bei der zweiten Version des Fragebogens (Anhang E) wurde beispielsweise die Wohndauer nicht mehr kategorial, sondern offen erfasst und die Frage nach einem zurückliegenden Wohnungswechsel mit der Frage nach einem zukünftig geplanten erweitert. Die Antwort auf die Frage nach der Häufigkeit von Beschwerden wurde mit der zeitlichen Einschränkung „im vergangenen Jahr“ in ihrem Bezugszeitraum präzisiert. Das gleiche gilt für die Frage nach den Auswirkungen von Gerüchen mit dem Zusatz „im letzten Jahr“. Die Frage nach einem Hauptverursacher für die Beschwerden wurde nicht mehr kategorial, sondern offen gestellt, um die Befragten nicht in ihrem Antwortverhalten zu beeinflussen. Eine Frage wurde neu aufgenommen und bezieht sich auf die Störung durch verschiedene Aspekte der Wohngegend. Die Frage dient zum einen der Überleitung zu der anschließenden genaueren Befragung in Bezug auf Lärm und Gerüche und soll zum anderen vermeiden, dass die Aufmerksamkeit des Befragten zu schnell und zu direkt auf die eigentliche Fragestellung, die Belästigung durch Gerüche, gelenkt wird. Die Abfolge der Fragen wurde, wie weiter oben bereits beschrieben, an die Steigerung der Intensität der Wahrnehmung angepasst. Die Frage nach der Gewöhnung an die Gerüche oder den Lärm wurde nicht beibehalten, weil der Informationsgehalt der Antworten nicht eindeutig interpretierbar war. Der Statistikeil wurde im Hinblick auf die Frage nach der Schulbildung und nach der Berufstätigkeit der in sozialwissenschaftlichen Erhebungen üblichen Form angepasst.

Der Fragebogen erfasst die folgenden Variablen:

1. Wahrnehmung und Belästigung durch Gerüche in der Außenluft und durch Lärm
2. Sozio-emotionale und somatische Wirkungen von Gerüchen
3. Gesundheitszufriedenheit
4. Soziodemographische Variablen zu Alter, Geschlecht, Wohndauer, Schulbildung  
Berufsstatus, Betriebszugehörigkeit, Beschwerdeverhalten (Beteiligung an Protestaktionen).

Zusätzlich werden noch Fragen zur Einschätzung der Qualität der Wohngegend sowie zur Belastung durch Staub, Geruch, Lärm und Störungen durch andere Aspekte der Wohngegend erhoben.

## Durchführung

Die Belästigungsbefragung bei den Anwohnern erfolgte flächenbezogen mit geschichteter Zufallsauswahl durch professionelle Marktforschungsunternehmen. Bei der Auswahl der Gebiete wurde darauf geachtet, dass an Hauptverkehrsstraßen gelegene Wohnungen ausgespart wurden. Aufgrund der örtlichen Gegebenheiten war es nicht möglich, streng auf eine vergleichbare Bebauung zu achten.

Das Beurteilungsgebiet in der Umgebung der verschiedenen Anlagen wurden in vier bzw. fünf Belastungszonen eingeteilt und es wurde versucht, eine gleich große Stichprobe an Befragten in jeder Belastungszone zu erhalten. Pro Betrieb wurden ca. 200 (erste Befragung) bzw. 250 auswertbaren Interviews erhoben. Es wurden alle deutsch sprechenden Erwachsenen über 18 Jahre, die sich zu einem Interview bereit erklärten, befragt. Kontaktiert wurde in Mehr-Personen-Haushalten die haushaltsführende Person bzw. die Person, die am meisten Zeit zu Hause verbringt.

Die erste Belästigungsbefragung, die in der Umgebung der Fett- und Waschmittelgeruch emittierenden Anlage erfolgte, wurde in der Zeit vom 21.6. bis zum 28.6. 2000 durch Interviewer eines Marktforschungsinstitutes (AMR = Advanced Market Research, Düsseldorf) durchgeführt. Durch die Rasterflächen wurden Messtouren gelegt, die von zwei oder drei Interviewern gemeinsam begangen werden konnten. Die Messtouren waren in Abhängigkeit von der Wohndichte so gelegt, dass jeder Haushalt zu befragen war und dass pro Messtour 10 Interviews durchgeführt werden konnten. Ein Drittel der Befragungen (155), wurde als Telefoninterview, 184 als persönliches Interview direkt vor Ort (home-interview) durchgeführt. Damit sollte die Frage beantwortet werden, ob die Erhebungsmethode einen Einfluss auf die Belästigungsbeurteilung hat. Das Ziel bestand darin, ein kostengünstiges, möglichst unkompliziert gestaltetes Instrumentarium für die Belästigungsbefragung in der Umgebung geruchsemitterender Betriebe zu erproben. Da aus der Literatur hervorgeht, dass Telefon- und Direktbefragungen hinsichtlich der Belästigungsbewertung zu unterschiedlichen Ergebnissen kommen und sich bei der ersten Betrachtung der Belastungskennwerte und Belästigungsparameter signifikante Zusammenhänge nur bei den Direktbefragungen, nicht aber bei den Telefonbefragungen zeigten, wurden nur die Ergebnisse der Direktbefragungen weiter ausgewertet.

Die Belästigungsbefragungen bei den übrigen fünf Betriebe wurden durch Interviewer des Marktforschungsinstitutes BIFAK (Bochumer Institut für angewandte Kommunikationsforschung) durchgeführt. Um die Responserate zu erhöhen, wurde eine Woche

vor Beginn der Befragung ein Anschreiben mit der Ankündigung der Interviewer und der Bitte um Teilnahme an die potentiellen Befragungspersonen versendet. Aus einer aktuellen Adress-CD-ROM wurden getrennt für die Belastungszonen sämtliche relevanten Adressen herausgesucht. Falls mehr Adressen als nötig gefunden wurden, wurde per Zufallsgenerator eine Stichprobe der anzuschreibenden Personen gezogen. Die Interviewer waren gehalten, jede angeschriebene und nicht angetroffene Adresse am selben Tag nach 17:00 Uhr noch einmal zu besuchen. Wenn erneut keine Person angetroffen wurde, musste ein weiterer Versuch am kommenden Tag unternommen werden. Erst wenn alle angeschriebenen Adressen erfolglos kontaktiert worden waren, durften auch nicht angeschriebene Personen im unmittelbaren Umfeld befragt werden. Die Ergänzung durch nicht angeschriebene Personen war jedoch nur in wenigen Ausnahmefällen erforderlich.

Einen Überblick über die Größe der Befragungsstichprobe bei den einzelnen Betrieben sowie die Responserate, den Erhebungszeitraum und die Zahl der eingesetzten Interviewer gibt Tabelle 1. Die Antwortrate ist das Verhältnis zwischen der Zahl der durchgeführten Interviews zur Anzahl der Kontaktversuche insgesamt. Nicht durchgeführte Interviews sind auf Abwesenheit der Anwohner, Verweigerung der Teilnahme oder nicht durchführbare Interviews zurückzuführen. Die Antwortraten lagen zwischen 29% und 43% und zeigen keine systematischen Zusammenhänge zur Belastung durch Anlagengerüche bzw. zur hedonischen Geruchsqualität der Quellen.

Tabelle 1: Belästigungsbefragung bei den Anwohnern der sechs Geruchsquellen:

Erhebungszeitraum und Anzahl der eingesetzten Interviewer, sowie Stichprobengröße, Responserate, Anzahl der Kontaktversuche, Zahl der durchgeführten Interviews insgesamt sowie die Zahl der auswertbaren Interviews (\*) getrennt für die vier bzw. fünf Belastungszonen

Kennzeichnung der Betriebe	Erhebungszeitraum	Eingesetzte Interviewer	Kernerhebungszeit (ohne An-/Abfahrt)	Adressen	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Interviews Gesamt	Zahl der Kontaktversuche (incl. Interviews)		insgesamt	Response-rate in %
											nicht angetroffen	Abbruch		
Zwieback	24.07. bis 27.07.01	10	10:00 – 21:00 Uhr	Adressen ges.	879	1267	526	257	-	261	nicht angetroffen	287	789	33 %
				angeschrieben	400	399	400	257	-		verweigert	214		
				Interviews*	64	69	63	61	-		Abbruch	27		
Ölmühle	05. bis 08.06.01 u. 11.06.	9	12:00 – 21:00 Uhr	Adressen ges.	394	337	310	254	-	266	nicht angetroffen	208	619	43 %
				angeschrieben	326	310	310	254	-		verweigert	135		
				Interviews*	67	54	58	70	-		Abbruch	10		
Gießerei	17.09. bis 21.09.01	7	10:30 – 20:00	Adressen ges.	479	656	577	378	944	252	nicht angetroffen	336	872	29 %
				angeschrieben	200	200	200	200	200		verweigert	235		
				Interviews*	59	36	48	60	42		Abbruch	49		
Bonbons	28.08. bis 31.08.01	6	10:00 – 21:00 Uhr	Adressen ges.	447	3131	818	475	-	248	nicht angetroffen	349	849	29 %
				angeschrieben	300	300	300	300	-		verweigert	217		
				Interviews*	58	50	81	54	-		Abbruch	35		
Textil	09.05. bis 12.05.01	11	11:00 – 20:00 Uhr	Adressen ges.	463	213	352	122	-	252	nicht angetroffen	251	744	34 %
				angeschrieben	335	213	355	122	-		verweigert	226		
				Interviews*	77	44	77	46	-		Abbruch	15		
Fette / Waschmittel	21.06. bis 28.06.00	5	10:00 – 19:00 Uhr	Adressen ges.	-	-	-	-	-	155	nicht angetroffen	-	-	-
				Telefon-Interv.	30	36	35	33	20		verweigert	-		
				Direkt-Interv.*	37	50	43	14	24		Abbruch	-		

## **Statistische Auswertung**

### **Deskription**

#### Auswertung der Belastungsmessung

Das **Geruchsprofil** für den typischen Anlagengeruch wird mit Hilfe der Produkt-Moment-Korrelation (Pearson) mit den Profilen für die Konzepte „Duff“ und „Gestank“ verglichen, der Determinationskoeffizient ( $r^2$ ) und die Irrtumswahrscheinlichkeit ( $p$ ) werden angegeben.

Die Wahrnehmungshäufigkeit der Anlagengerüche (% Geruchsstunden / Jahr) sowie die Bewertung der Intensität und der Hedonik durch die **Probanden** wird mit Hilfe der Rasterflächen dargestellt. Die Häufigkeit wurde nach dem Geruchsstundenkonzept ermittelt. Wenn bei einer 10-minütigen Einzelmessung bei sechs oder mehr Takten der typische Anlagengeruch eindeutig erkannt wurde, wurde für diese Messung eine Geruchsstunde gezählt.

Die Intensitäts- und Hedonikurteile wurden nur dann mit in die Auswertung einbezogen, wenn für die Einzelmessung eine Geruchsstunde festgestellt wurde. Für die Ermittlung der Flächenwerte wurden die Rohwerte *geometrisch* gemittelt.

Der Zusammenhang zwischen der Wahrnehmungshäufigkeit und der Intensitäts- bzw. der Hedonikbewertung wird mit Hilfe von Produkt-Moment-Korrelationen (Pearson) auf der Basis der Flächenwerte berechnet. Dargestellt werden die Wertepaare zusammen mit einer an die Daten angepassten logarithmischen Funktion mit der Gleichung  $y = b + q \cdot [\log_{10}(x)]$ .

Der Zusammenhang zwischen Intensitäts- und Hedonikbewertung wird mit einer Produkt-Moment-Korrelationen (Pearson) auf der Basis der Rohdaten berechnet. 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  $y = b + a \cdot x$ .

Um zu prüfen, wie häufig *intensive* Gerüche („Spitzen-Intensitäten“) auftreten, wurden mit Hilfe der Frage nach der Häufigkeit des stärksten Eindrucks zwei neue Intensitätsmaße definiert. In Anlehnung an das Geruchsstundenkonzept wurde die 10-minütige Einzelmessung dann mit 1 kodiert, wenn:



### Index-1:

- sechs oder mehr Geruchswahrnehmungen pro Einzelmessung (Takte mit Geruch) gezählt wurden,
- der stärkste Intensitätseindrucks mit „**3-deutlich**“ oder höher beurteilt wurde und
- die Häufigkeit des stärksten Eindrucks mit „3-oft“ oder häufiger bewertet wurde;

### Index-2:

- sechs oder mehr Geruchswahrnehmungen pro Einzelmessung (Takte mit Geruch) gezählt wurden,
- der stärkste Intensitätseindrucks mit „**4-stark**“ oder höher beurteilt wurde und
- die Häufigkeit des stärksten Eindrucks mit „3-oft“ oder häufiger bewertet wurde.

Die Betrachtung der Häufigkeit von intensiven Gerüchen soll eine zusätzliche Information zur Beurteilung der geruchsgeprägten Immissionssituationen liefern. Daher werden bei der Erläuterung der Ergebnisse nur Rasterflächen berücksichtigt, in denen eine Überschreitung des Immissionswertes (> 10%) vorliegt.

### Auswertung der Belästigungsbefragung

Bei der Auswertung der **Belästigungsbefragung** wurde die Zuverlässigkeit der Fragebogendaten mit Hilfe einer Produkt-Moment Korrelationen (Pearson) der verbalen Belästigungsskala und dem Belästigungsthermometer überprüft. Dargestellt wird die Regressionsgleichung mit ihrem 95%-Vertrauensbereich, 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 der Intensität und der Hedonik durch die **Anwohner** wird mit Hilfe der Rasterflächen dargestellt. Die Häufigkeit wurde hier durch eine 7-stufige Kategorienskala erfasst.

Die Darstellung der Flächenwerte zur Intensitäts- und Hedonikbewertung erfolgt mit Hilfe des Median, anstatt des Mittelwertes, da der Stichprobenumfang pro Rasterfläche zum Teil sehr gering ist (N = 5).

Der Zusammenhang zwischen der Intensitäts- und der Hedonikbewertung wird mit einer Produkt-Moment-Korrelationen (Pearson) berechnet. Dargestellt werden die Medianwerte der Hedonikurteile für jede Stufe der Intensitätsskala zusammen mit dem Minimum und Maximum.

## Zusammenhang zwischen Belästigung und Geruchshäufigkeit

Der Zusammenhang zwischen der Belästigung und der linearen Geruchshäufigkeit (% Geruchsstunden / Jahr) wird mit Hilfe einer Produkt-Moment Korrelationen (Pearson) auf der Basis der Flächenwerte berechnet. Dargestellt werden die Mittelwerte und 95%-Konfidenzintervalle zusammen mit einer an die Daten angepassten logarithmischen Funktion mit der Gleichung  $y = b + q * [\log_{10}(x)]$ .

Außerdem werden Häufigkeiten in Form von Histogrammen dargestellt. Die Normalverteilung der Werte einer Variablen wird mit dem W-Test (Shapiro Wilks) überprüft. Als Zusammenhangsmaße dienen der Korrelationskoeffizient ( $r$ ) bzw. der Determinationskoeffizient ( $r^2$ ).

### **Analyse: Logistische Regression**

Die Prüfung des Zusammenhangs von Geruchsbelastung und Geruchsbelästigung unter Berücksichtigung von Hedonik und Intensität einerseits, sowie unter Berücksichtigung relevanter Störgrößen andererseits, wurde mit Hilfe der logistischen Regression durchgeführt.

Allgemeine und individuelle Faktoren, die neben der Geruchsbelastung (Einflussvariable) die Geruchsbelästigung (Zielvariable) beeinflussen, werden bei der statistischen Analyse als „Störvariablen“ bezeichnet, weil sie den in Frage stehenden Zusammenhang zwischen Einfluss- und Zielvariable überdecken können. Bei der logistischen Regression wird davon ausgegangen, dass die einzelnen Störgrößen die Geruchsbelästigung sowohl positiv als auch negativ beeinflussen können. Daher werden diese Tests zweiseitig durchgeführt. Wechselwirkungen zwischen den Störgrößen werden nicht berücksichtigt.

Bei der Auswahl der einzubeziehenden Störgrößen zur Festlegung des Modells für die logistische Regressionsanalyse wurde die folgende Strategie angewendet:

es wurden alle sechs im Hedonik-Projekt untersuchten Anlagen betrachtet und alle Störgrößen, für die mit der Belästigung und/oder mit der Geruchsbelastung eine Korrelation mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von höchstens  $p=0.10$  bei mindestens einer Anlage gefunden wurde, wurden in das Regressionsmodell aufgenommen. Für alle sechs Anlagen wurden die gleichen Störgrößen in die Regressionsmodelle aufgenommen, um Verzerrungen durch Veränderung der Störgrößenmodelle auszuschließen.

Das Belastungsmaß (z.B. Geruchshäufigkeit) geht dabei in logarithmierter (Log 2) Form in die Auswertung ein. Um den Wert "Null" zu vermeiden, wird der Wert „1“ auf jeden Wert des Belastungsmaßes addiert, d.h. zum Beispiel bei 100% Geruchshäufigkeit wird mit 101 gerechnet.

Die Darstellung der Ergebnisse der logistischen Regression geschieht mit Hilfe des ‘**Odds-Ratio**’, das angibt, wie sich das Anzahlverhältnis von Belästigten zu Nicht-Belästigten ändert, wenn die Einflussgröße (z.B. Geruchshäufigkeit) um eine Einheit (hier:  $\text{Log}_2 = \text{Verdopplung}$ ) 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.

Eine Abbildung mit der Darstellung von Odds-Ratios (z.B. Abbildung 47, Seite 78) ist folgendermaßen zu lesen: Die senkrechten Striche kennzeichnen die Lage der Odds-Ratio. Die Entfernung von der durch 1 auf der x-Achse verlaufenden Linie gibt die Bedeutung der jeweiligen Variable wieder. Je größer die Entfernung, desto bedeutsamer ist der Einfluss dieser Variablen. 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 Variablen tatsächlich überzufällig und damit 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 kreuzt, so weist das, ebenso wie die Angabe des p-Wertes, auf einen signifikanten Einfluss hin.

Mit Hilfe des logistischen Regressionsmodells lässt sich dann der prozentuale Anteil an Belästigten für die einzelnen Stufen der Geruchsbelastung errechnen. Dafür wird eine Standardisierung auf mittleren Störgrößeneinfluss vorgenommen, d.h. der prozentuale Anteil an Belästigten wird so bestimmt, als ob die Störgrößenverteilung in jeder einzelnen Beurteilungsfläche der mittleren aus dem gesamten Untersuchungsgebiet entspräche. Auf diese Weise lässt sich ein Bereich auf der Belastungsebene bestimmen, in dem eine „*erhebliche*“ Geruchsbelastung beginnt.

Zuerst wird der Zusammenhang zwischen der Geruchsbelastung und der Belästigungsreaktion der Anwohner unter Berücksichtigung der ausgewählten Störgrößen mit einem logistischen Regressionsansatz geprüft. Als Geruchsbelastung geht hier die bisher verwendete Wahrnehmungshäufigkeit, berechnet nach dem Geruchsstundenkonzept, ein. Die Regressionsanalysen werden nach dem folgenden Modell gerechnet: *Belästigung = Belastung + Störgrößen*.

Bei binären Zielgrößen wird angenommen, dass sich die Wahrscheinlichkeit  $P$  des Auftretens der untersuchten Zielgröße (hier: Belästigung) in Abhängigkeit von den Stör- und Einflussgrößen durch ein logistisches Regressionsmodell

$$P = \exp(w) / (1 + \exp(w)) \quad \text{mit} \quad w = a + b_1 \cdot X + \dots + b_n \cdot X + c_1 \cdot Z_1 + \dots + c_m \cdot Z_m$$
 beschreiben lässt.

Die Regressionskoeffizienten ( $b_1, \dots, b_n, c_1, \dots, c_m$ ) werden für binäre Zielgrößen nach dem Maximum-Likelihood Verfahren geschätzt. Die Koeffizienten  $c_1, \dots, c_m$  sind jeweils Effektmaße für die entsprechenden Einflussgrößen, wenn alle anderen Größen konstant gehalten werden.

Dann wird untersucht, ob die Vorhersage der Belästigungsreaktion der Anwohner verbessert werden kann, wenn man einen anderen als den bisher verwendeten Belastungsparameter verwendet. Zum einen werden andere Wahrnehmungshäufigkeitsmaße geprüft, zum anderen wird die Berücksichtigung der Intensität und der Hedonik anstatt der Wahrnehmungshäufigkeit oder in Kombination mit dieser betrachtet. Um festzustellen, ob durch die Berücksichtigung weiterer oder anderer Belastungsvariablen die Vorhersagekraft des Regressionsmodells verbessert werden kann, wird der Parameterschätzer der jeweiligen Belastungsvariablen betrachtet. Wenn dieser statistisch signifikant ist, sollte er sich um mehr als 10% verändern, im Vergleich zum Parameterschätzer, der für die Wahrnehmungshäufigkeit (% Geruchsstunden / Jahr) berechnet worden ist.

Zur Datenverarbeitung und graphischen Visualisierung der Ergebnisse wurden die Programme Excel (97-SR2), STATISTICA (5.5 A) und SAS (Version 8.01) benutzt. Alle dem Ergebnisteil zugrunde liegenden Daten wurden mit den Statistikpaketen STATISTICA oder SAS berechnet. Bei allen Berechnungen wurde das statistische Signifikanzniveau auf  $p \leq 0.05$  festgesetzt.

## ERGEBNISSE

### ***Laborversuche zu Ankerreizen***

Ziel der Experimente war es, auf der Hedonikskala zwei Ankerreize zu definieren, die die Endpunkte „angenehm“ und „unangenehm“ repräsentieren und dabei die gleiche Intensität aufweisen. Die Konstanzhaltung der Intensität ist hierbei von besonderer Bedeutung, da man erwarten kann, dass sich die hedonische Geruchswirkung in Abhängigkeit von der Intensität des Geruchsstoffs verändert und so z.B. ein wenig intensiver angenehmer Geruch bei höherer Intensität unangenehm werden kann. Die Ankerreize sollten schließlich dazu dienen, die Varianz, die bei Probandenbegehungen mit Bewertung der hedonischen Geruchswirkung zu erwarten ist, zu verringern. Die Ankerreize dienen dann als ein einheitlicher Bezugsrahmen und die Probanden sind nicht mehr darauf angewiesen, auf ihre individuellen Erfahrungen und Erinnerungen zurückzugreifen.

In Vorversuchen im MIU wurde für gasförmiges n-Butanol, ein neutraler Geruchsstoff, diejenige Konzentration bestimmt, bei der Probanden die Intensitätsempfindung „deutlich wahrnehmbar“ haben. Da das Ziel darin bestand, transportable Ankerreize herzustellen, wurde in einem nächsten Schritt für n-Butanol in flüssiger Form die Konzentration bestimmt, bei der Probanden die Intensitätsempfindung „deutlich wahrnehmbar“ haben. Dies geschah, indem am Olfaktometer im LUA (Essen) das gasförmige n-Butanol in der zuvor bestimmten Konzentration angeboten wurde und als Referenzreiz diente, um die verschiedenen Konzentrationen der in Fläschchen dargebotenen flüssigen n-Butanol-Reize im Hinblick auf die Intensität zu beurteilen. Die im Rahmen der Intensitätsbestimmung eingesetzten Probanden wurden vorab olfaktometrisch getestet und im Hinblick auf ihre Geruchsempfindlichkeit (Geruchsschwellenbestimmung mit Schwefelwasserstoff und n-Butanol) ausgewählt.

Anschließend diente dieses n-Butanol in flüssiger Form als Vergleichsreiz bei der Bestimmung der Intensität „deutlich wahrnehmbar“ für die Stoffe Pyridin und Guajakol (unangenehm) sowie Menthon und Methylsalicylat (angenehm).

Diese vier Stoffe wurden dann auf der angenehm-unangenehm Dimension (+4 bis -4) skaliert. Mit Hilfe des Polaritätsprofils von EYFERTH konnte gezeigt werden, dass die Stoffe Pyridin und Menthon am eindeutigsten von allen Probanden übereinstimmend als unangenehm bzw. angenehm beurteilt wurden.

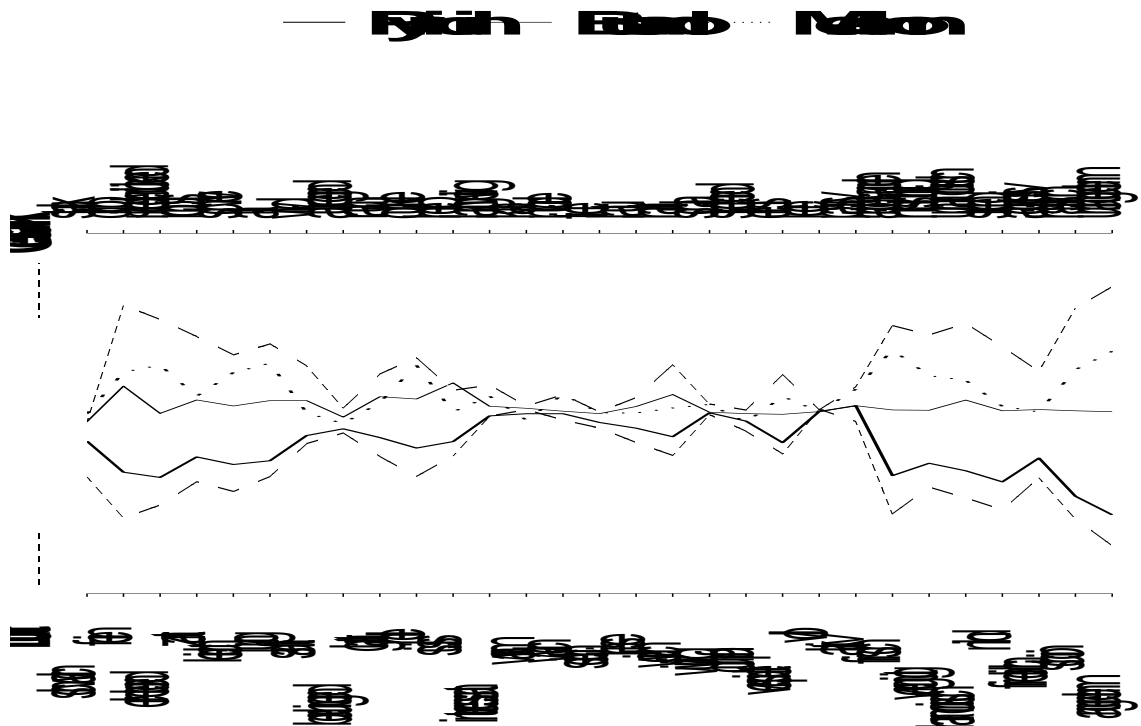


Abb. 1a: Darstellung der Bewertung der Stoffe Butanol, Pyridin und Menthon, Guajakol und Methylsalicylat mit dem Polaritätenprofil im Vergleich zu den Konzepten „Duft“ und „Gestank“

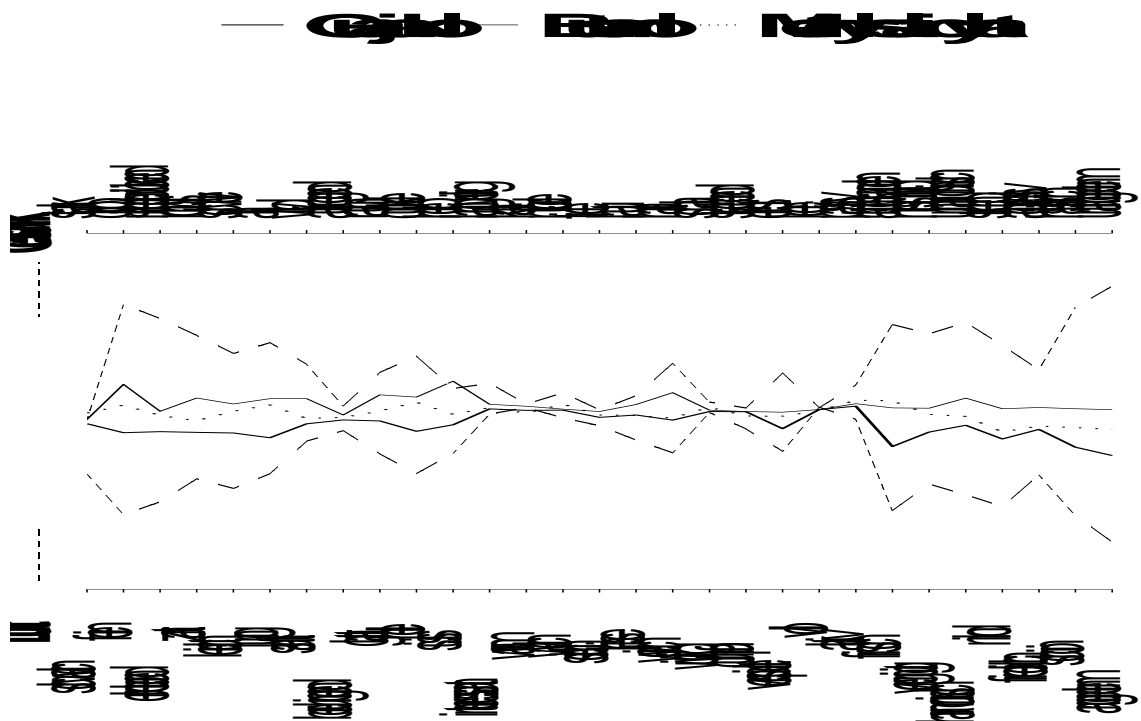


Abb. 1b: Darstellung der Bewertung der Stoffe Butanol, Guajakol und Methylsalicylat mit dem Polaritätenprofil im Vergleich zu den Konzepten „Duft“ und „Gestank“

Wie in Abbildung 1a und 1b zu sehen ist, ist die Wahrnehmung des Stoffes Pyridin der Beschreibung des Begriffes „Gestank“ sehr ähnlich ( $r^2 = 0.95$ ,  $p < 0.000$ ) und die Wahrnehmung des Stoffes Menthon der Beschreibung des Begriffes „Duft“ ( $r^2 = 0.68$ ,  $p < 0.000$ ). Der Stoff Butanol wird dagegen als „neutral“ beschrieben und ist weder dem Begriff „Gestank“ sehr ähnlich ( $r^2 = 0.02$ ,  $p = 0.51$ ), noch dem Begriff „Duft“ ( $r^2 = 0.08$ ,  $p = 0.14$ ). Die Wahrnehmung des Stoffes Guajakol war ebenfalls der Beschreibung des Begriffes „Gestank“ sehr ähnlich ( $r^2 = 0.86$ ,  $p < 0.000$ ), aber die Wahrnehmung des Stoffes Methylsalicylat nicht der Beschreibung des Begriffes „Duft“ ( $r^2 = 0.06$ ,  $p = 0.20$ ).

Es war nicht möglich, Ankerreize zu definieren, die bei derselben Intensitätseinstufung („deutlich wahrnehmbar“) den gleichen Abstand von der neutralen Mitte der Hedonikskala haben. Pyridin wurde als „sehr unangenehm“ (-3) empfunden, wohingegen Menthon nur als „eher angenehm“ (+1) eingestuft wurde (Abbildung 2).

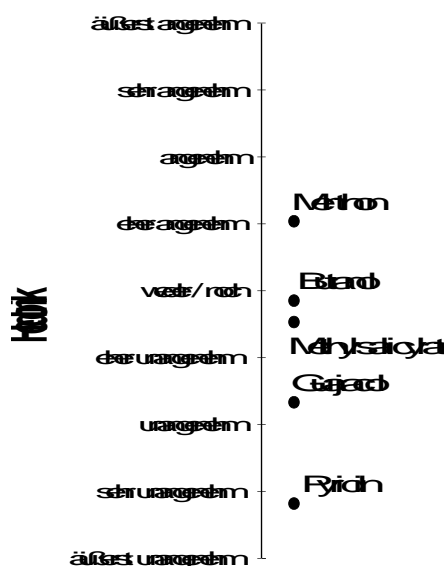


Abb. 2: Darstellung der Bewertung der „deutlich wahrnehmbaren“ Stoffe Butanol, Pyridin und Menthon, Guajakol und Methylsalicylat auf der Hedonikskala bei gleicher Intensität

Daraus folgt, dass die beiden Ankerreize nur als Repräsentanten der angenehmen bzw. unangenehmen Seite der Hedonikskala dienen können, dass ihnen aber kein fester Wert zugeteilt werden kann.

In einem zweiten Teil der Geruchsversuche wurde die Hedonikskala mit den Ankerreizen Pyridin und Menthon eingesetzt, um verschiedene Geruchsproben zu beurteilen. Bei den Gerüchen handelte es sich um Fettgerüche (Zwischenprodukte bei der Fettverarbeitung) und um Waschmittelgeruch (parfümiertes Waschpulver). Hierbei

wurden zwei Gruppen von Probanden eingesetzt. Die eine Gruppe beurteilte die Stoffe mit Hilfe der Ankerreize, die andere ohne. Überraschend stellte sich heraus, dass die Hedonikurteile, die mit Hilfe der Ankerreize getroffen wurden, stärker variierten und weniger stabil waren, als die Urteile, die ohne Ankerreize gefällt wurden.

In Abbildung 3 wird die Beurteilung der drei Geruchsstoffe ohne Ankerreize durch elf Probanden dargestellt. Die Werte auf der Hedonikskala für die Fettgerüche liegen zwischen äußerst unangenehm (-4) und eher unangenehm (-1), wobei der Fettgeruch-2 etwas positiver bewertet wird. Der Waschmittelgeruch dagegen wird von der Mehrzahl der Probanden als eher angenehm (+1) bis angenehm (+2) beurteilt. Nur eine Person vergab hier den Wert eher unangenehm (-1).

In Abbildung 4 ist die Beurteilung der drei Geruchsstoffe mit Ankerreizen durch neun Probanden zu sehen. Man sieht, dass die Urteile sehr viel stärker variieren. Die Fettgerüche werden von einigen Probanden als „neutral“ und als eher angenehm eingestuft, der Waschmittelgeruch erhält hier auch die Bewertung äußerst angenehm (+4).

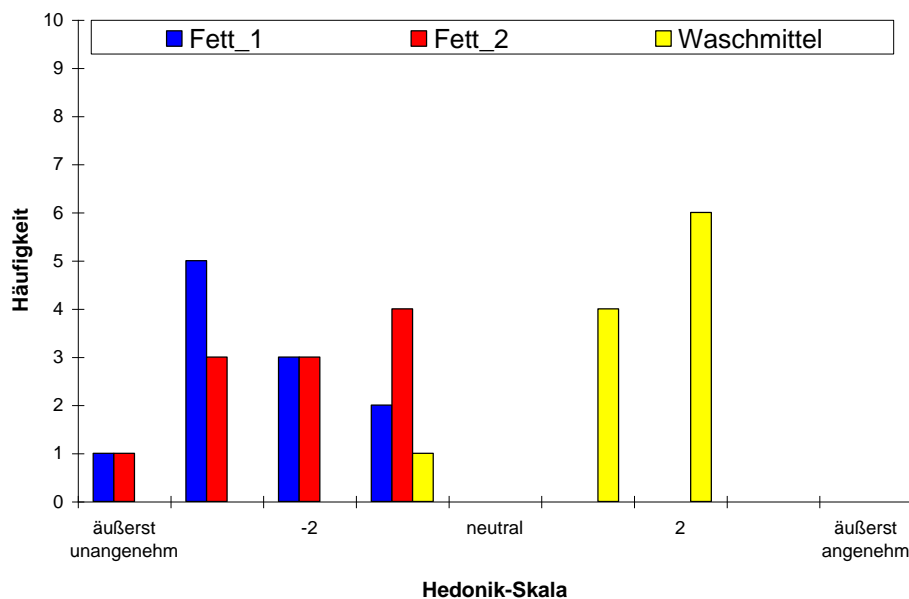


Abb. 3: Darstellung der Bewertung der Geruchsstoffe Fett-1 und Fett-2, sowie Waschmittel (parfümiert) auf der Hedonikskala ohne Ankerreize



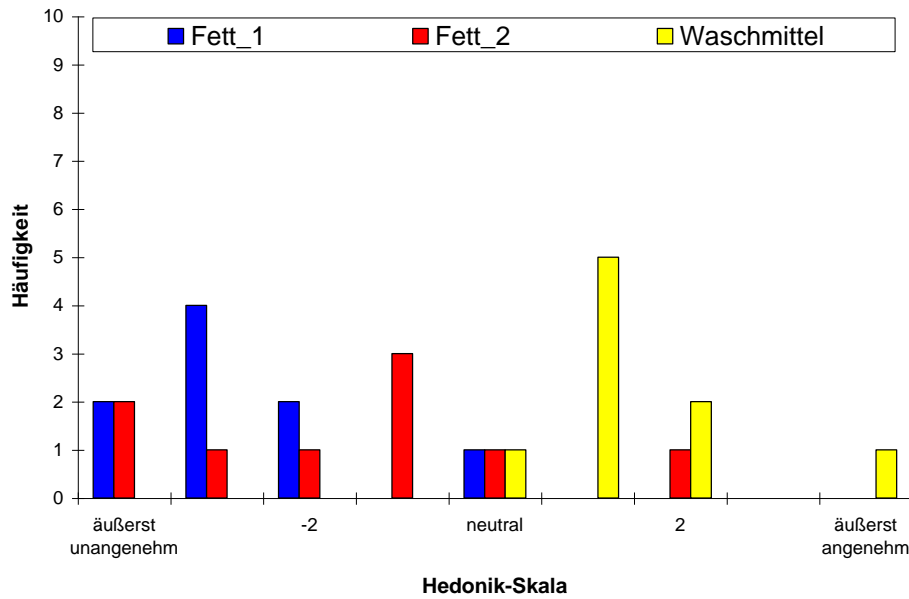


Abb. 4: Darstellung der Bewertung der Geruchsstoffe Fett-1 und Fett-2, sowie Waschmittel (parfümiert) auf der Hedonikskala mit Ankerreizen

Abbildung 5 zeigt das Ausmaß der Streuung der Hedonikurteile, die bei der Beurteilung der Geruchsstoffe mit und ohne Ankerreize zu finden war. Auch hier erkennt man deutlich, dass die Unsicherheit der Urteile, insbesondere bei der Beurteilung des Fettgeruchs-2, mit der Vorgabe von Ankerreizen größer ist, als ohne.

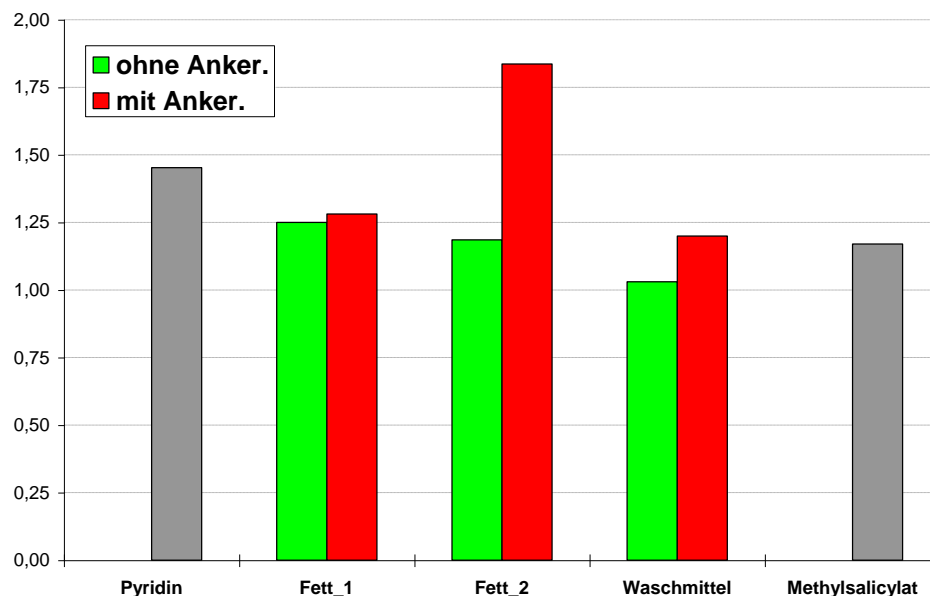


Abb. 5: Darstellung der Streuung der Hedonikurteile bei der Bewertung der Stoffe Pyridin und Menthon mit und ohne Ankerreize

Daraus folgte, dass die Ankerreize nicht zum Einsatz kamen. Die Ankerreize Menthon und Pyridin könnten jedoch bei der Auswahl neuer Probanden oder bei der Einweisung ungeübter Probanden in die Beurteilung der Hedonik von Gerüchen nützlich sein. Sie repräsentieren zuverlässig die angenehme bzw. die unangenehm Seite der Hedonikskala und geben somit einen Bezugsrahmen vor für die Frage was ist ein „unangenehmer“ Geruch, was ist ein „angenehmer“ Geruch.

### **Polaritätenprofile**

Um die Zuverlässigkeit der Hedonikbewertung zu gewährleisten und um die angenehm-unangenehm Qualität der ausgewählten Anlagengerüche zu dokumentieren, wurde bei der Einweisung der Probanden das Polaritätsprofil von EYFERTH (VDI 3882 / Bl. 2) eingesetzt. Abbildung 6 zeigt die Profile für die im MUNLV-Teil untersuchten Gerüche, Abbildung 7 zeigt die im VCI-Teil untersuchten Gerüche. Hierbei wurden die Werte für die Konzepte „Duft“ und „Gestank“ auf der Grundlage von 173 Probandenangaben neu berechnet. Man kann gut erkennen, dass der Bonbongeruch als angenehm, der Ölmühlen- und der Textilgeruch als neutral bis eher unangenehm und der Gießerei- und der Fettgeruch als unangenehm eingestuft werden. Für den Zwiebackgeruch ist die Einstufung als angenehmer Geruch jedoch nicht so eindeutig.

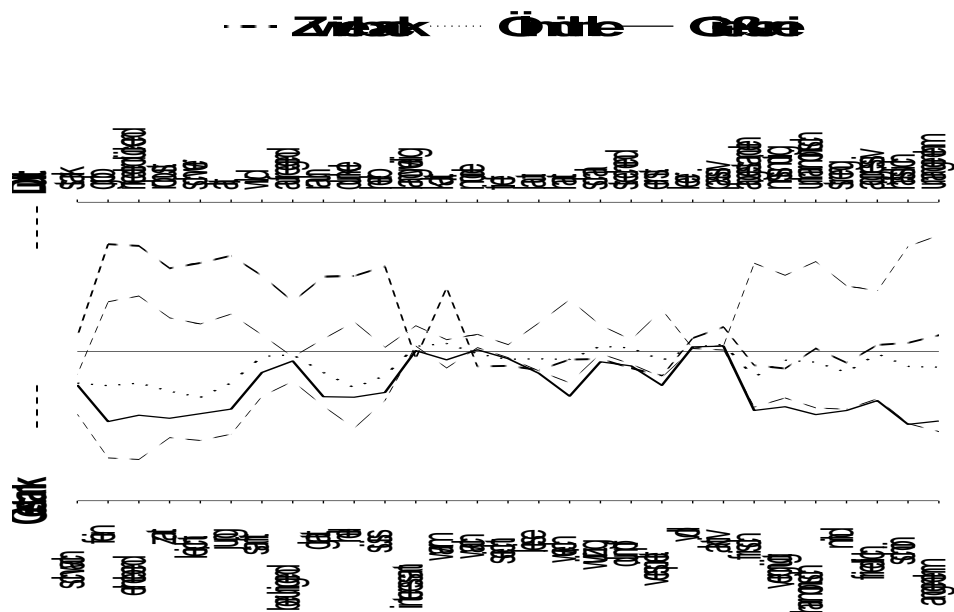


Abb. 6: Darstellung der Bewertung der Anlagengerüche im MUNLV-Teil im Vergleich zu den Konzepten „Duft“ und „Gestank“

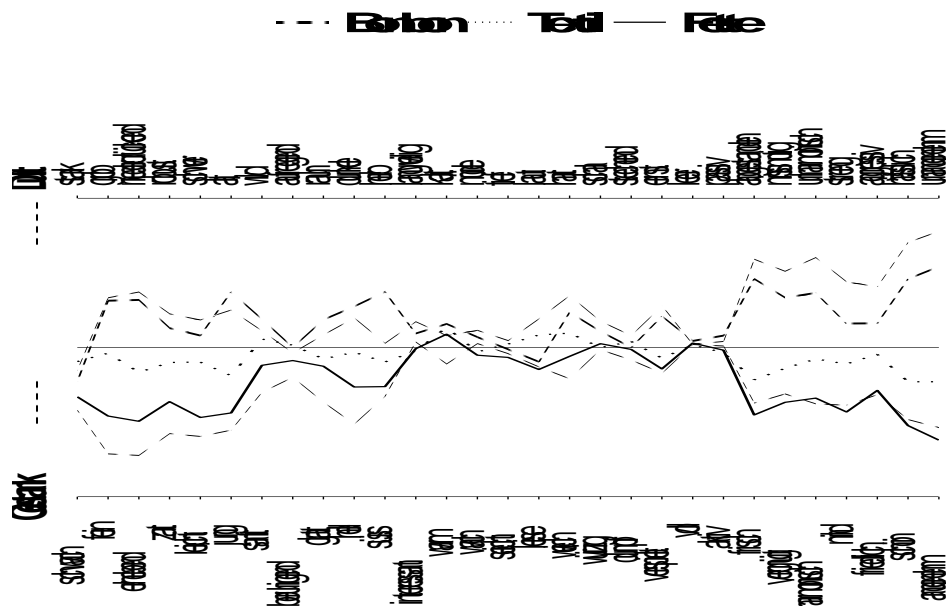


Abb. 7: Darstellung der Bewertung der Anlagengerüche im VCI-Teil im Vergleich zu den Konzepten „Duft“ und „Gestank“

Dies kann auch anhand der Korrelationen mit den Konzepten „Duft“ und „Gestank“ belegt werden (Tabelle 2). Die Ähnlichkeit der unangenehmen Gerüche mit dem Konzept „Gestank“ ist hoch und signifikant. Die Ähnlichkeit des Bonbongeruchs mit dem Konzept „Duft“ ist ebenfalls signifikant, dies gilt jedoch nicht für den Zwiebackgeruch. Bei den neutralen Gerüchen ist eher eine Ähnlichkeit mit dem Konzept „Gestank“ als mit dem Konzept „Duft“ gegeben.

Tabelle 2: Ähnlichkeit der Konzepte „Duft“ und „Gestank“ mit den Polaritätenprofilen für die sechs Anlagengerüche

	„Duft“	„Gestank“		„Duft“	„Gestank“
Zwieback	r = -0,20 p = 0.30	r = 0,64 p < 0.000	Bonbon	r = 0,78 p < 0.000	r = -0,51 p = 0.005
Ölmühle	r = -0,17 p = 0.38	r = 0,87 p < 0.000	Textil	r = -0,60 p = 0.001	r = 0,61 p < 0.000
Gießerei	r = -0,71 p < 0.000	r = 0,90 p < 0.000	Fette	r = -0,67 p < 0.000	r = 0,88 p < 0.000

## Regionale Unterschiede bei der Bewertung von Gerüchen

Die Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg hat das Medizinische Institut für Umwelthygiene und die Firma deBAKOM beauftragt, zu untersuchen, inwieweit es Unterschiede bei der Beurteilung von Geruchsstoffimmissionen gibt, die auf die regionale Herkunft der eingesetzten Probanden zurückzuführen sind.

Im September und Dezember 2000 wurden Fahnenbegehungen von einem Probandenkollektiv aus Baden-Württemberg und einem Probandenkollektiv aus Nordrhein-Westfalen durchgeführt, bei denen neben der Registrierung der Geruchszeitanteile auch die Intensität und die Hedonik eines angenehmen (Emittent 3-Bonbongeruch) und eines unangenehmen (Emittent 1-Fettgeruch) Anlagengeruchs erfolgte. Die Auswertung der Daten hat folgendes ergeben:

1. Sowohl die Probanden aus Baden-Württemberg als auch die Probanden aus Nordrhein-Westfalen waren sich darin einig, dass es sich bei Emittent 3 um einen angenehmen und bei Emittent 1 um einen unangenehmen Anlagengeruch handelte.

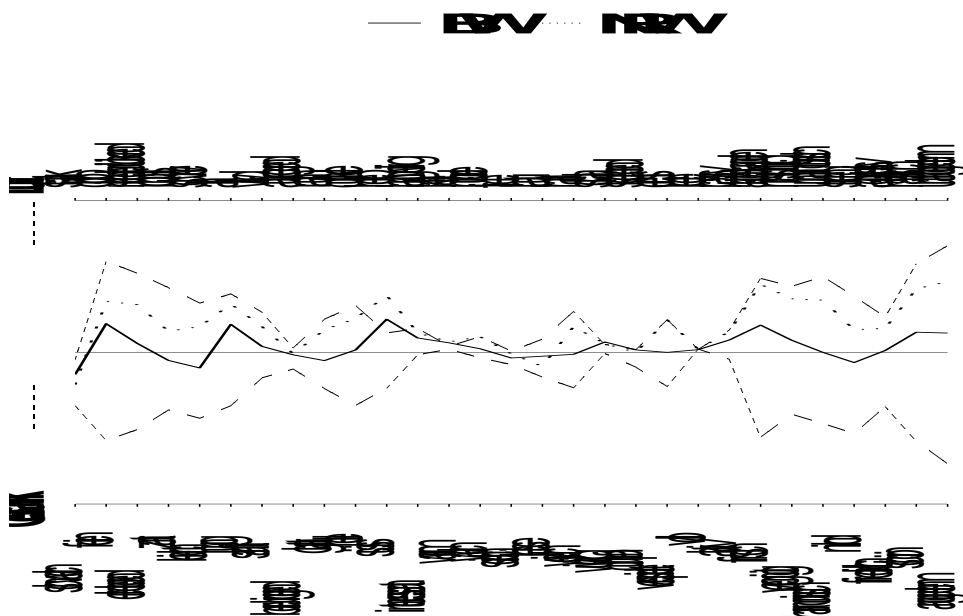


Abb. 8: Darstellung der Bewertung des Emittenten 3 (Bonbon) mit Hilfe des Polaritätenprofils im Vergleich zu den Konzepten „Duft“ und „Gestank“

Wie in den Abbildungen 8 und 9 zu sehen ist, ist die Wahrnehmung des Fettgeruchs der Beschreibung des Begriffes „Gestank“ sehr ähnlich (BW:  $r^2 = 0.79$ ,  $p < 0.000$ ; NRW:  $r^2 = 0.92$ ,  $p < 0.000$ ) und die des Bonbongeruchs der Beschreibung des Begriffes „Duft“ (BW:  $r^2 = 0.16$ ,  $p = 0.03$ ; NRW:  $r^2 = 0.72$ ,  $p < 0.000$ ).

2. Unterschiede hinsichtlich der Bewertung der Häufigkeit oder der Intensitätswahrnehmung konnten nicht festgestellt werden.

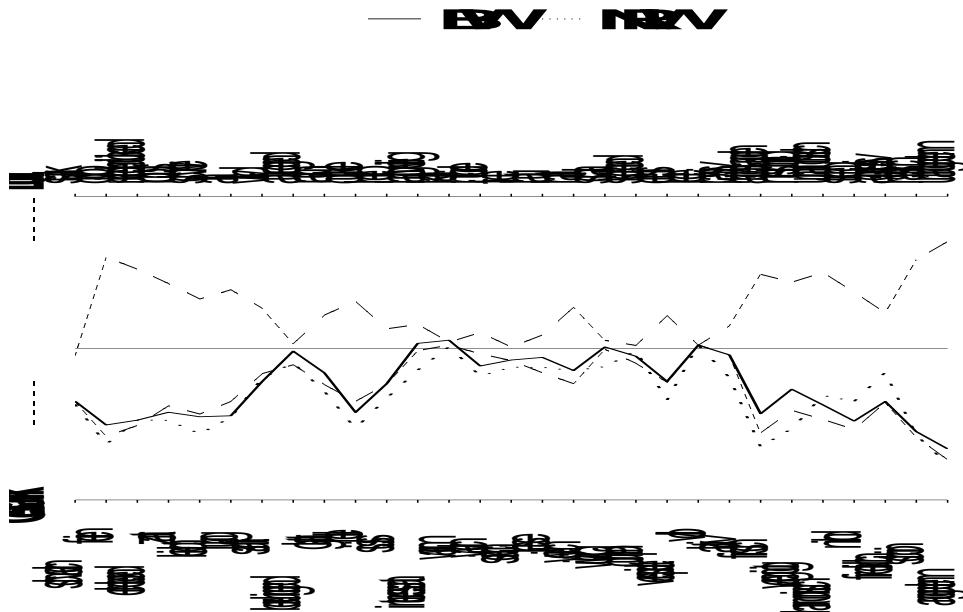


Abb. 9: Darstellung der Bewertung des Emittenten 1 (Fette) mit Hilfe des Polaritätenprofils im Vergleich zu den Konzepten „Duft“ und „Gestank“

3. Die signifikanten, jedoch geringen Unterschiede bei der Beurteilung der Geruchsstoffimmissionen im Hinblick auf den hedonischen Eindruck entsprechen in etwa einer halben Skaleneinheit auf der Hedonikskala. Wie in Abbildung 10 und 11 zu sehen ist, bewerten die Probanden aus Baden-Württemberg den Anlagengeruch des Emittenten 3 etwas angenehmer und den Anlagengeruch des Emittenten 3 etwas unangenehmer als die Probanden aus Nordrhein-Westfalen.

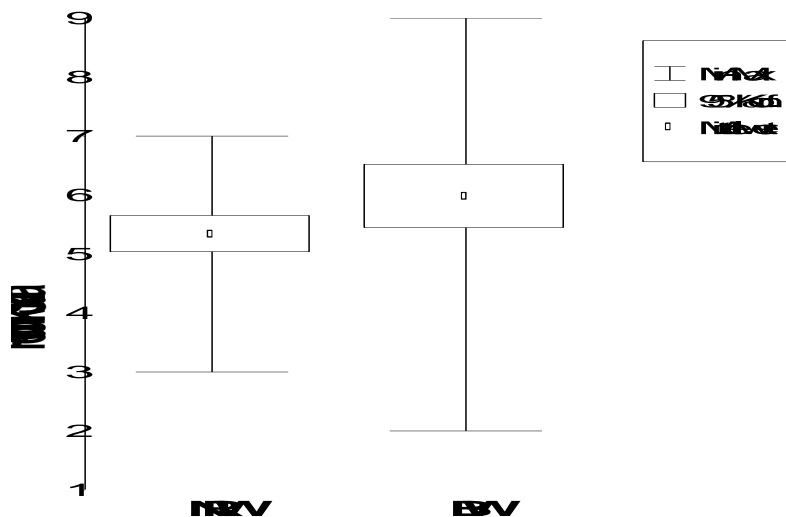


Abb. 10: Signifikante Mittelwertsunterschiede bei der Bewertung des Anlagengeruchs von Emittent 3 hinsichtlich des unangenehmsten Eindrucks

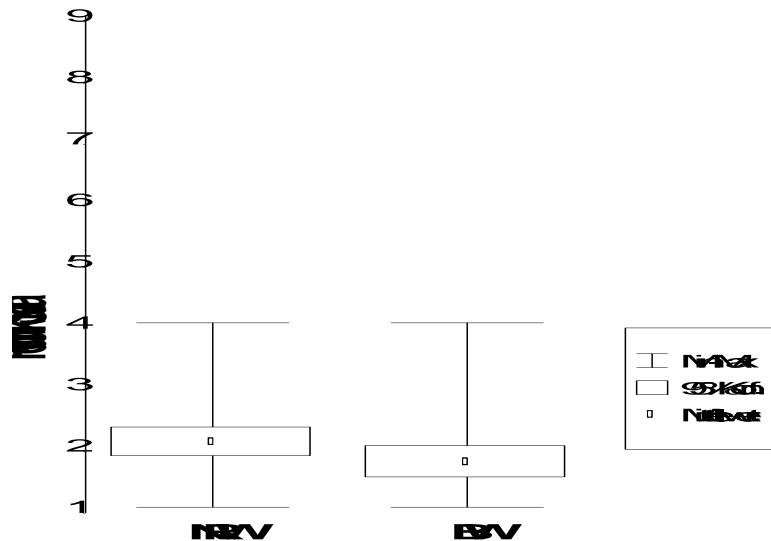


Abb. 11: Signifikante Mittelwertsunterschiede bei der Bewertung des Anlagengeruchs von Emittent 1 hinsichtlich des unangenehmsten Eindrucks

Diese geringen, jedoch signifikanten Unterschiede lassen sich allerdings weniger auf die regionale Herkunft der Probanden zurückführen, sondern vielmehr auf den unterschiedlichen Erfahrungshintergrund der Probanden mit verschiedenen Anlagengerüchen.

## ***Rasterbegehungen***

### **Überprüfung der Anwendbarkeit des modifizierten Datenaufnahmebogens**

Um im Rahmen einer Rasterbegehung zusätzlich zur Häufigkeit auch die Intensität und die hedonische Geruchswirkung erfassen zu können, wurde der bisher verwendete Datenaufnahmebogen modifiziert (Methodik, Seite 14-15). Um die Zuverlässigkeit der Datenerhebung zu prüfen, wurde bei der ersten der insgesamt sechs untersuchten Anlagen eine doppelte Rasterbegehung durchgeführt, deren Ergebnis im folgenden dargestellt wird (Bilder in Anhang F).

#### Geruchshäufigkeiten

In der Nähe des Anlagengeländes wurden für die **Gesamtbelastung** (Fett-, Waschmittel-, andere Anlagengerüche) Häufigkeiten (% Geruchsstunden / Jahr / Fläche) von über 40% ermittelt, im Abstand von 500 m noch von über 10%. Im Nahbereich war eine gute Übereinstimmung der Ergebnisse der Firma deBAKOM und des LUA in der Höhe der Belastung und in der Richtung der Ausbreitung der Gerüche zu erkennen. Im Abstand von 2000 m zeigen die Daten des LUA im Unterschied zu denen der Firma

deBAKOM jedoch auch noch eine Überschreitung der 10%. Der Korrelationskoeffizient auf der Basis der Flächenwerte (N = 29) betrug  $r^2 = 0.82$ , die Korrelation war auf dem 1%-Niveau ( $p < 0.000$ ) signifikant.

Eine Erklärung für die Diskrepanz bei großer Entfernung von der Firma findet man nicht, wenn man die Ergebnisse für die **Fettgerüche** betrachtet. Hier zeigt sich eine gute Übereinstimmung zwischen den Daten der Firma deBAKOM und des LUA, mit einer Belastung im Nahbereich von 20% bis maximal 44% bzw. 48% und in weiterer Entfernung unter 10%. Die Korrelation betrug hier  $r^2 = 0.94$  und war auf dem 1%-Niveau ( $p < 0.000$ ) signifikant.

Deutliche Unterschiede zeigen sich jedoch bei der Betrachtung der **Waschmittelgerüche**. Im Nahbereich werden übereinstimmend Häufigkeiten von 10% bis knapp 30% gemessen, jedoch liegt das Gebiet mit der höchsten Belastung (über 25%) beim LUA südlicher als bei der Firma deBAKOM. Außerdem konnten durch das LUA in einer Entfernung von 2000 m noch Geruchshäufigkeiten von über 10% festgestellt werden, wohingegen die Firma deBAKOM in dieser Entfernung nur maximale Häufigkeiten von 6% ermittelte. Die Korrelation betrug hier nur  $r^2 = 0.24$  ( $p = 0.007$ ).

Eine Erklärungen für diese Differenzen ist möglicherweise darin zu suchen, dass bei der Begehung durch das LUA in wenigen Fällen der Anlagengeruch „Waschmittel“ nicht eindeutig zu unterscheiden war von den Gerüchen, wie sie typischerweise beim Wäschewaschen in Privathaushalten entstehen. Als diffuse Quelle für diese eher süßlich duftenden Waschmittelgerüche werden Ablagerungen von parfümiertem Waschpulver auf den Dächern des Betriebes vermutet. Hierzu müssten jedoch weitere Informationen eingeholt werden.

**Andere Anlagengerüche** (Essigsäure, Äther, Lösemittel (Klebstoff)) wurden von der Firma deBAKOM kaum, vom LUA mit einer Häufigkeit von bis zu 8% im Nahbereich gemessen. Auch hierzu müssten von der Firma noch zusätzliche Informationen eingeholt werden. Die Übereinstimmung der Flächenwerte war hier mit  $r^2 = 0.18$  am geringsten, aber ebenfalls signifikant ( $p = 0.02$ ).

### Intensität und Hedonik

Bei der Bewertung der **Fettgerüche** zeigten die Probanden im Hinblick auf die Intensitätsbeurteilung eine geringe Übereinstimmung. Im Nahbereich werden die Anlagengerüche von den LUA-Probanden als „deutlich wahrnehmbar“ (stärkster Eindruck) bzw. als „schwach wahrnehmbar“ (durchschnittlicher Eindruck) bewertet. In

weiterer Entfernung verringerte sich das Urteil auf „schwach wahrnehmbar“ (stärkster Eindruck) bzw. „sehr schwach wahrnehmbar“ (durchschnittlicher Eindruck).

Die Urteile der Probanden der Firma deBAKOM liegen in den Rasterflächen im Nahbereich in ihrer Bewertung um ca. ½-Skaleneinheit höher und beurteilen die Intensität als „deutlich“ bis „stark wahrnehmbar“ (stärkster Eindruck) bzw. als „schwach“ bis „deutlich wahrnehmbar“ (durchschnittlicher Eindruck). In weiterer Entfernung verringert auch hier die Intensitätsbewertung auf „sehr schwach“ bis „deutlich wahrnehmbar“ (stärkster Eindruck) bzw. auf „sehr schwach“ bis „schwach wahrnehmbar“. Die Korrelationskoeffizienten sind dementsprechend gering und nur tendenziell bzw. nicht signifikant ( $r^2 = 0.13$ ,  $p = 0.06$ ;  $r^2 = 0.04$ ,  $p = 0.29$ ).

Eine gute Übereinstimmung der Probandenurteile ist bei der Frage nach dem unangenehmsten Eindruck zu finden ( $r^2 = 0.28$ ,  $p = 0.003$ ). Im Nahbereich der Anlage wurden Bewertungen von "sehr unangenehm" bis "unangenehm" abgegeben. In weiterer Entfernung beurteilen die LUA-Probanden den Fettgeruch im Hinblick auf den unangenehmsten Eindruck etwas negativer („eher unangenehm“ bis „unangenehm“) als die deBAKOM-Probanden („neutral“ bis „eher unangenehm“). Eine Übereinstimmung der Hedonikbeurteilung bezüglich des angenehmsten ( $r^2 = 0.10$ ,  $p = 0.095$ ) oder des durchschnittlichen Eindrucks ( $r^2 = 0.09$ ,  $p = 0.12$ ) war nicht gegeben. Eine weniger gute Übereinstimmung der Probanden war bei der Beurteilung der Intensität und Hedonik der **Waschmittelgerüche** zu erkennen. Im Nahbereich (bis 250 m Firma deBAKOM; bis 500 m LUA) wurden maximale Intensitäten von "schwach" bis "deutlich" gemessen. In weiterer Entfernung verringerten sich die Werte auf "schwach" bis "sehr schwach". Die Übereinstimmung bei der Bewertung des stärksten Eindrucks war nicht signifikant ( $r^2 = 0.04$ ;  $p = 0.32$ ), bei der Bewertung des durchschnittlichen Eindrucks signifikant auf dem 1%-Niveau ( $r^2 = 0.24$ ;  $p = 0.006$ ). Die Korrelationskoeffizienten bei der Bewertung der Hedonik waren negativ und lagen bei  $r^2 = -0.00$  ( $p = 0.73$ ) für den unangenehmsten Eindruck, bei  $r^2 = -0.17$  ( $p = 0.03$ ) für den angenehmsten Eindruck und bei  $r^2 = -0.00$  ( $p = 0.93$ ) für den durchschnittlichen hedonischen Eindruck. Der negative Zusammenhang zeigt, wenn man die Daten auf der Basis der Flächenwerte miteinander vergleicht, dass in Bezug auf die hedonische Bewertung der Waschmittelgerüche die Urteile der LUA-Probanden fast durchgängig etwas positiver waren als die der deBAKOM-Probanden.

Zusammenfassend lässt sich zur Anwendbarkeit des modifizierten Datenaufnahmebogens festhalten, dass die Probanden der beiden Messteams durchaus zu vergleich-



baren Ergebnissen kommen, wenn man die Bewertung der Häufigkeit, der Intensität und der Hedonik der Fettgerüche betrachtet. Bei der Bewertung der Waschmittelgerüche ist die Übereinstimmung schlechter.

### Bewertung der Intensität und Hedonik durch die Probanden

Es wurde untersucht, inwiefern neben der Häufigkeit des Auftretens der Anlagengerüche in Prozenten der Zeit (Geruchsstundenkonzept) auch das überschwellige Intensitätsverhalten und die hedonische Geruchswirkung (angenehm-unangenehm-Qualität) geeignet sind, um die Geruchsbelastung in der Umgebung einer industriellen Quelle zu beschreiben und somit auch den Anlagengeruch selbst zu charakterisieren. Zunächst wurde geprüft, ob die Probanden in der Lage waren, mit Hilfe der vorgegebenen Skalen zur Intensitäts- und Hedonikerfassung in den Datenaufnahmebögen die unterschiedlichen Gerüche der sechs Anlagen zuverlässig zu beurteilen. Bei der statistischen Auswertung wurden die Rohwerte betrachtet.

#### Intensität

In Abbildung 12 wird der Zusammenhang der zwei Intensitätsurteile (stärkster und durchschnittlicher Eindruck) dargestellt.

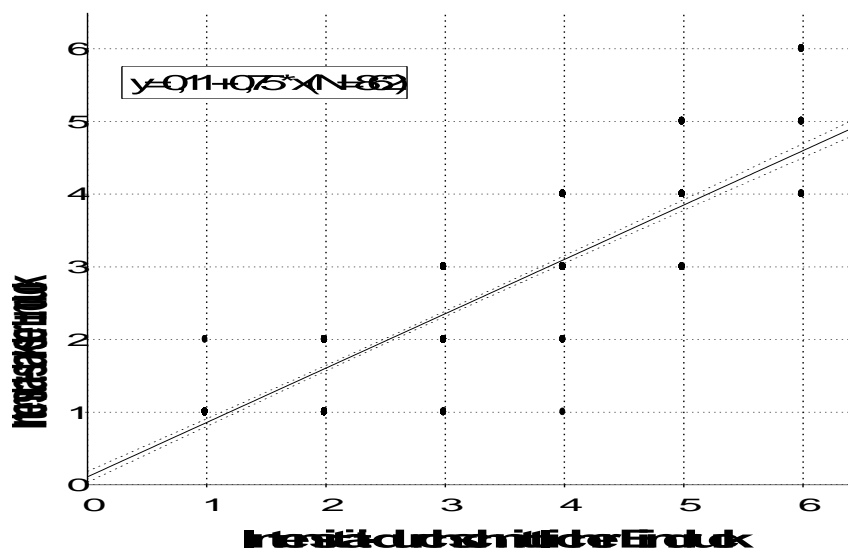


Abb. 12: Wahrnehmung der Probanden: Zusammenhang zwischen den beiden Intensitätsbeurteilungen stärkster Eindruck und durchschnittlicher Eindruck; Darstellung der Wertepaare und der Regressionsgeraden mit 95%-Konfidenzintervall

Man erkennt, dass die durchschnittliche Intensität der Anlagengerüche während des 10-minütigen Messzeitintervalls erst dann als „deutlich wahrnehmbar“ beurteilt wird,

wenn auch als maximaler Eindruck ein deutlicher Geruch zu erkennen ist. Der Zusammenhang der beiden Intensitätsbeurteilungen ist auf dem 1%-niveau signifikant ( $r^2 = 0.79$ ,  $p < 0.000$ ).

### Hedonik

In Abbildung 13 wird der Zusammenhang der drei Hedonikurteile (angenehmster, unangenehmster und durchschnittlicher Eindruck) dargestellt. Die Korrelationen der maximalen Eindrücke mit dem durchschnittlichen Eindruck ist auf dem 1%-Niveau signifikant (angenehmster Eindruck:  $r^2 = 0.86$ ,  $p < 0.000$ ; unangenehmster Eindruck:  $r^2 = 0.80$ ,  $p < 0.000$ ).

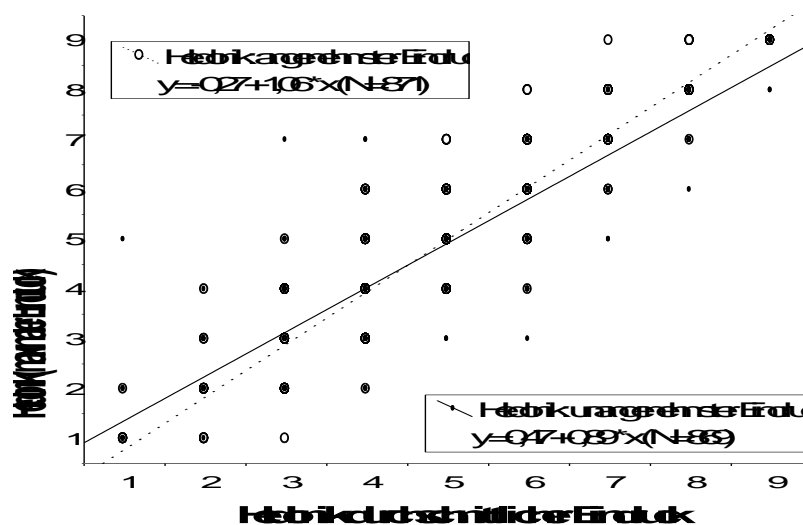


Abb. 13: Wahrnehmung der Probanden: Zusammenhang zwischen den drei Hedonikbeurteilungen angenehmster, unangenehmster und durchschnittlicher Eindruck; Darstellung der Wertepaare und der Regressionsgeraden

Bei der Einarbeitung in den Umgang mit dem Datenaufnahmebogen hatten die Probanden die Hinweis erhalten, mit Hilfe des Mittelwertes aus dem angenehmsten und dem unangenehmsten Eindruck den durchschnittlichen Eindruck zu bewerten. Wenn man nun das Mittel der beiden Extremurteile bildet und gegen den durchschnittlichen Eindruck aufträgt, so erkennt man (Abbildung 14), dass bis auf fünf Messungen bei allen übrigen 864 Messungen diese Anleitung befolgt werden konnte. Die Korrelation ist auf dem 1%-Niveau signifikant ( $r^2 = 0.94$ ,  $p < 0.000$ ).

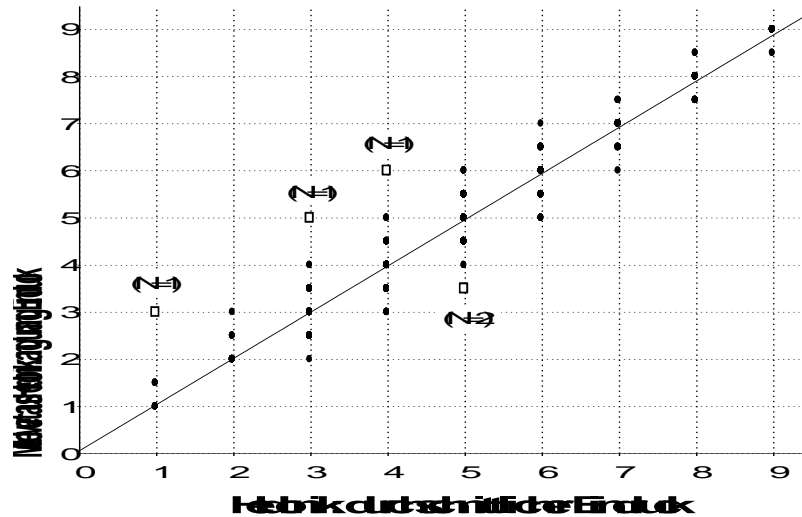


Abb. 14: Wahrnehmung der Probanden: Zusammenhang zwischen dem Mittel der extremen Hedonikurteile (angenehmster und unangenehmster Eindruck) und dem durchschnittlichen Eindruck; Darstellung der Wertepaare und der Regressionsgeraden

In den folgenden Abbildungen sind die Häufigkeiten der Kategoriennennung für den durchschnittlichen hedonischen Eindruck getrennt für die sechs Anlagengerüche dargestellt. Man erkennt, dass eine Charakterisierung der Anlagengerüche als „angenehm“ oder „unangenehm“ mit Hilfe der Hedonikbewertung gut möglich ist.

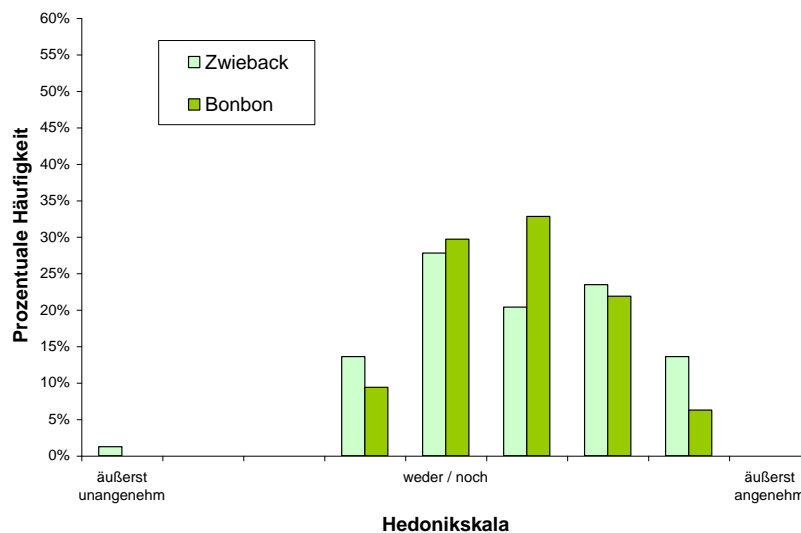


Abb. 15: Wahrnehmung der Probanden: Zwieback- und Bonbongerüche; Häufigkeitsverteilung der Hedonikurteile

Für die „angenehmen“ Zwieback- und Bonbongerüche (Abbildung 15) wurden von den Probanden die Kategorien „minus 1-eher unangenehm“ bis „plus 4-äußerst angenehm“ verwendet. Eine Ausnahme bilden hierbei die zwei Messungen in der Umgebung der

Großbäckerei, die während einer nächtlichen Tour von einem Probanden als „minus 3-sehr unangenehm“ bewertet wurden.

Bei den „neutralen“ Textilgerüchen (Abbildung 16) wurden die Kategorien „minus 2-unangenehm“ bis „plus 1-eher angenehm“ verwendet. Die meisten Urteile fielen jedoch in die Kategorie „0-weder angenehm noch unangenehm“. Im Gegensatz dazu wurde bei den „neutralen“ Ölmühlengerüchen die ganze Bandbreite der Kategorien benutzt.

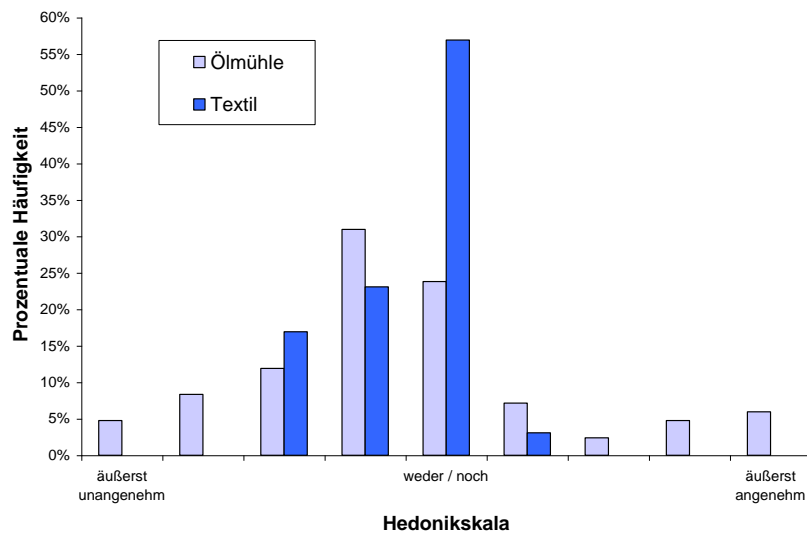


Abb. 16: Wahrnehmung der Probanden: Ölmühlen- und Textilgerüche; Häufigkeitsverteilung der Hedonikurteile

Bei einer genaueren Analyse der Daten (Abbildung 17) zeigte sich jedoch, dass von den insgesamt elf bei dieser Anlage eingesetzten Probanden ein Proband den Geruch als überwiegend angenehm beurteilte, weitere fünf Probanden den Geruch als überwiegend unangenehm empfanden und nur fünf Probanden den Geruch als „neutral“ mit Urteilen zwischen „minus 1-eher unangenehm“ und „plus 1-eher angenehm“ bewerteten.

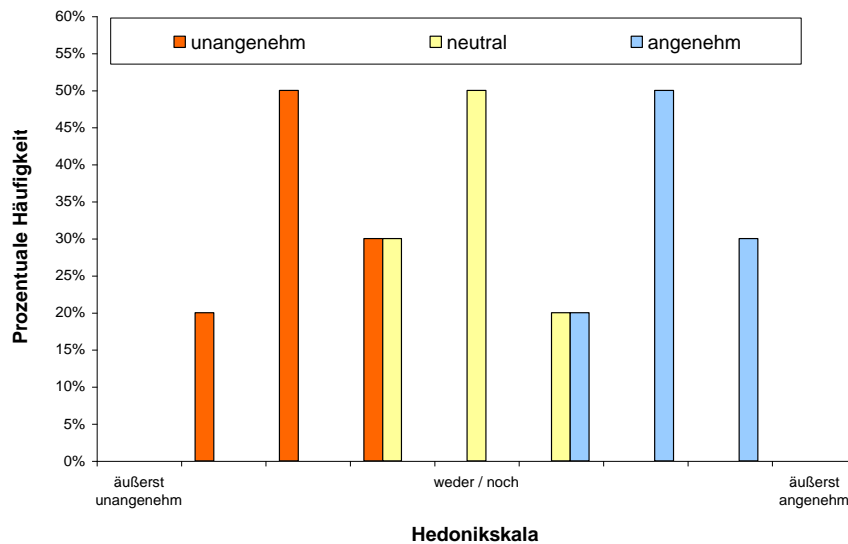


Abb. 17: Probandenbeurteilung der Ölmühlengerüche - Häufigkeitsverteilung der Hedonikurteile getrennt für die Person mit überwiegend ‚positiven‘ Urteilen, die Probandengruppe mit überwiegend ‚neutralen‘ Urteilen und die Gruppe mit überwiegend ‚negativen‘ Urteilen

Bei den „unangenehmen“ Gießerei- und Fettgerüchen (Abbildung 18) wurden die Kategorien „minus 4-äußerst unangenehm“ bis „plus 1-eher angenehm“ verwendet. Zusätzlich wird auch noch die Bewertung der Waschmittelgerüche, die zusammen mit den Fettgerüchen auftraten, dargestellt. Die Waschmittelgerüche werden als „neutral“ bewertet, wobei die Kategorien „minus 2-unangenehm“ bis „plus 2-angenehm“ verwendet werden, doch am häufigsten wird die Kategorie „0-weder angenehm noch unangenehm“ von den Probanden benutzt.

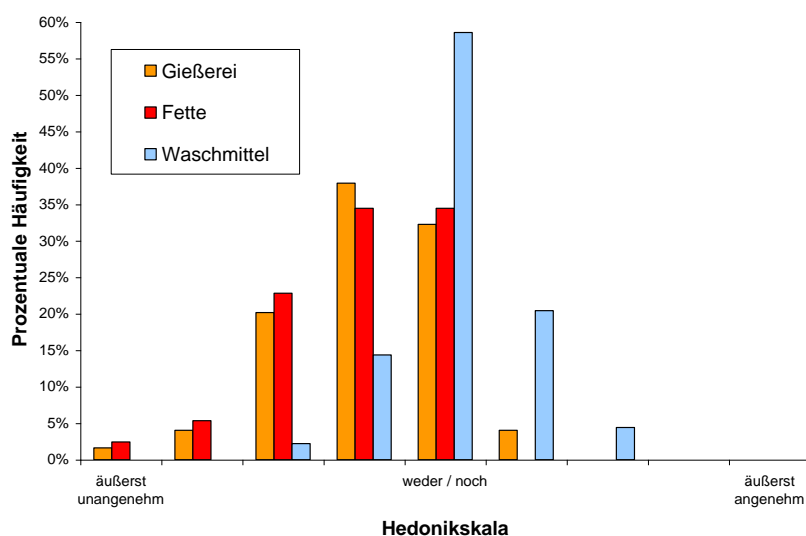


Abb. 18: Wahrnehmung der Probanden: Gießerei- und Fettgerüche & Waschmittelgerüche; Häufigkeitsverteilung der Hedonikurteile

Zusammenfassend kann man festhalten, dass die Probanden die Intensität und die Hedonik der Anlagengerüche mit den vorgegebenen Skalen zuverlässig beurteilen können. Die differenzierte Erfassung mit Hilfe der Fragen nach den extremen Geruchseindrücken sollte beibehalten werden. Zum einen unterstützen sie den Probanden bei der Urteilsfindung, zum anderen kann mit ihrer Hilfe die Varianz der Urteile und damit die Zuverlässigkeit der Urteilsfindung überprüft werden.

### **Zusammenhänge zwischen Häufigkeit, Intensität und Hedonik**

In den Abbildungen 19 und 20 wurde die Enge des Zusammenhangs zwischen der Häufigkeit und der Intensität bzw. der Hedonik bezogen auf die Rasterflächen mit Hilfe von Korrelationen berechnet, die den linearen Regressionsanteil reflektieren. An die Daten wurde eine logarithmische Funktion mit der Gleichung  $y=q*[\log_{10}(x)]+b$  angepasst.

Der Zusammenhang zwischen der Intensität und der Hedonik (Abbildung 21 und 22) wurde auf der Basis der Rohdaten berechnet. Dargestellt werden die gemittelten Hedonikurteile für jede Stufe auf der Intensitätsskala zusammen mit dem 95%-Konfidenzintervall des Mittelwertes und einer an die Daten angepassten linearen Funktion mit der Gleichung  $y = b + a * x$ .

Es wird jeweils nur die Bewertung des durchschnittlichen Eindrucks dargestellt.

### Häufigkeit und Intensität

Man erkennt in den Abbildungen 19 und 20, dass nur bei den Zwieback-, Ölmühlen- und Fettgerüchen in Rasterflächen mit einer höheren Häufigkeit die Gerüche von den Probanden als intensiver (durchschnittlicher Eindruck) wahrgenommen werden. Die Korrelationskoeffizienten sind entsprechend positiv und auf dem 1%-Niveau signifikant.

Auffällig ist der steile Anstieg der logarithmischen Anpassungskurve bei dem Ölmühlengeruch. Bei einer Häufigkeit von 10% (Geruchsstunden / Jahr) werden die Ölmühlengerüche als deutlich wahrnehmbar bewertet. Der Zwiebackgeruch dagegen wird bei einer Häufigkeit von 10% (Geruchsstunden / Jahr) als schwach wahrnehmbar und der Fettgeruch als sehr schwach bis schwach wahrnehmbar beurteilt. Bei den übrigen Anlagengerüchen konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Häufigkeit des Auftretens der Gerüche und der wahrgenommenen Geruchsstärke gefunden werden.

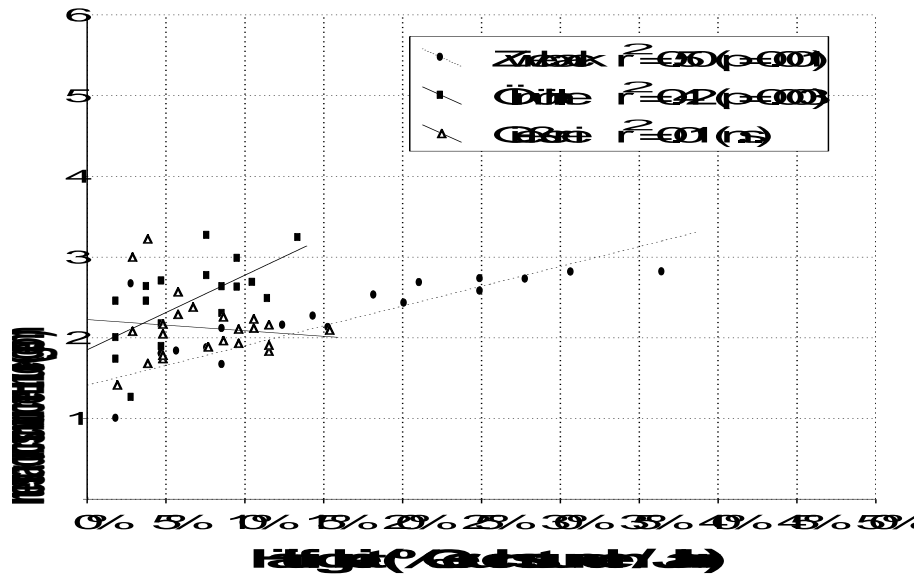


Abb. 19: Wahrnehmung der Probanden: Zusammenhang zwischen Häufigkeit und Intensität [Korrelation der geometrische Flächenmittelwerte und Gleichung der logarithmischen Funktion (MUNLV-Teil)]

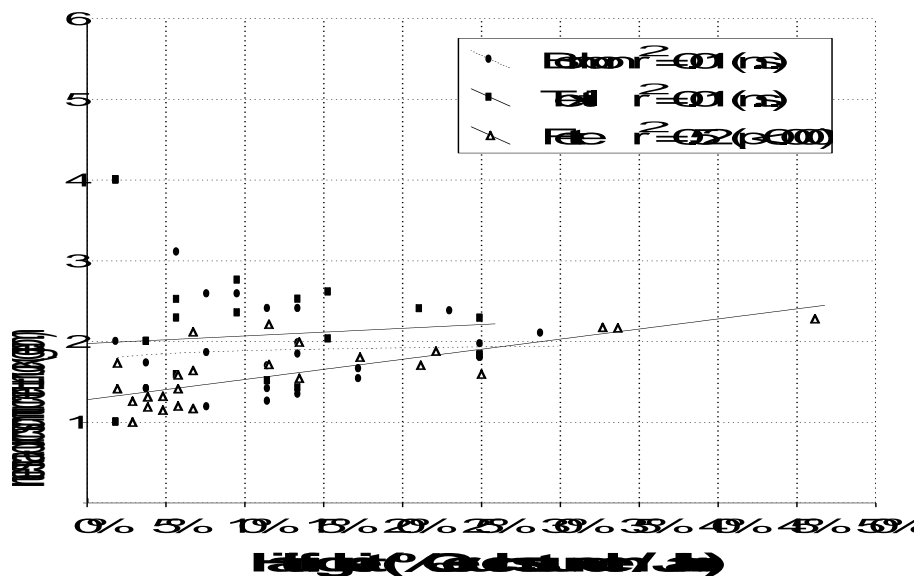


Abb. 20: Wahrnehmung der Probanden: Zusammenhang zwischen Häufigkeit und Intensität [Korrelation der geometrische Flächenmittelwerte und Gleichung der logarithmischen Funktion (VCI-Teil)]

### Häufigkeit und Hedonik

Wie in den Abbildungen 21 und 22 zu sehen ist, werden nur bei den Gießerei und Fettgerüchen in Rasterflächen mit einer höheren Häufigkeit die hedonischen Urteile negativer und bewegen sich bei einer Häufigkeit von 10% (Geruchsstunden / Jahr) in einem Bereich von eher unangenehm bis unangenehm. Der Korrelationen sind negativ

und auf dem 1%-Niveau signifikant. Bei den übrigen Geruchsquellen ist kein Zusammenhang zwischen der Häufigkeit und der angenehm-unangenehm Qualität erkennbar.

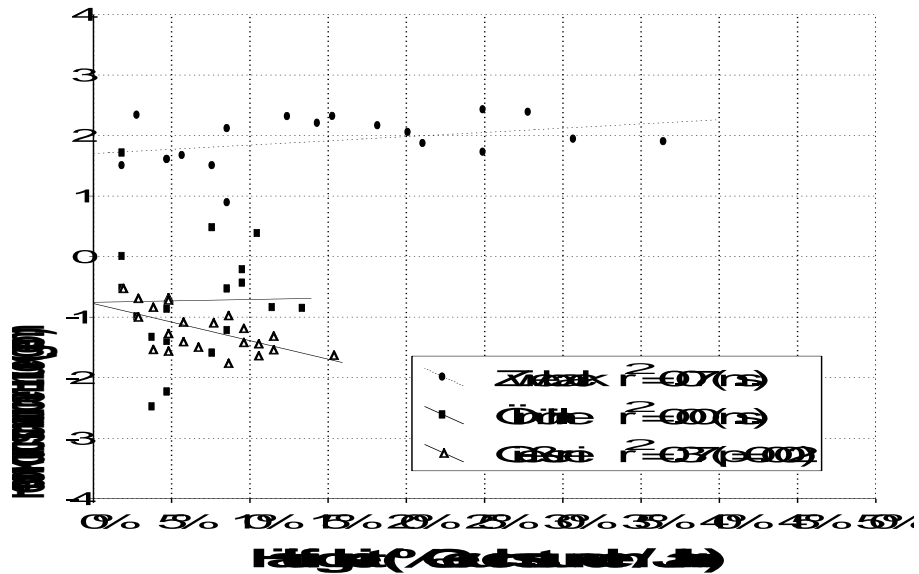


Abb. 21: Wahrnehmung der Probanden: Zusammenhang zwischen Häufigkeit und Hedonik [Korrelation der geometrische Flächenmittelwerte und Gleichung der logarithmischen Funktion (MUNLV -Teil)]

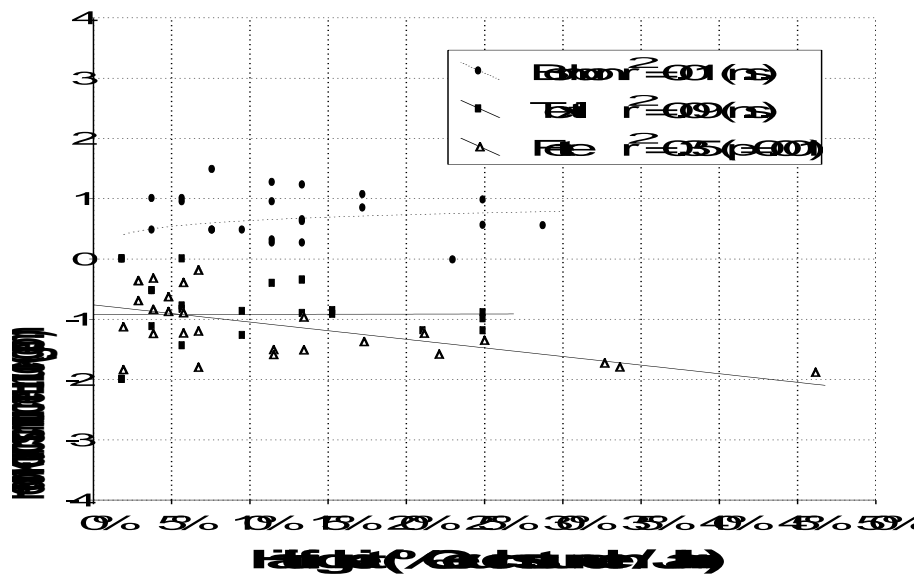


Abb. 22: Wahrnehmung der Probanden: Zusammenhang zwischen Häufigkeit und Hedonik [Korrelation der geometrische Flächenmittelwerte und Gleichung der logarithmischen Funktion (VCI-Teil)]



## Intensität und Hedonik

In den Abbildungen 23 und 24 wird der Zusammenhang zwischen der Wahrnehmung der Intensität und der angenehm-unangenehm-Qualität dargestellt.

Bei dem Zwiebackgeruch als „angenehmer“ Anlagengeruch steigt mit zunehmender Geruchsstärke die positive Bewertung der hedonischen Qualität. Bei der Intensitätsstufe deutlich wahrnehmbar wird er als angenehm bewertet.

Bei dem Bonbongeruch wird dieser positive Zusammenhang zwischen der Intensität und der hedonischen Qualität nicht so deutlich. Das Problem hierbei ist, dass Gerüche mit einer Intensität von mehr als deutlich wahrnehmbar im gesamten Zeitraum während der halbjährlichen Messung so gut wie nie wahrgenommen wurden. Nur zwei Probanden beurteilten ein 10-minütiges Messintervall als stark bzw. sehr stark wahrnehmbar. Trotzdem ist deutlich zu erkennen, dass die mittlere Bewertung der Bonbongerüche für die Intensitätsstufen sehr schwach bis deutlich wahrnehmbar bei eher angenehm liegt und sich klar von den beiden anderen Gerüchen unterscheidet.

Bei der Ölmühle wird die Bandbreite der Hedonikurteile mit zunehmender Intensität immer stärker. Eine eindeutige Bewertung der Ölmühlengerüche als angenehm oder unangenehm ist so nicht möglich. Wie bereits in Abbildung 17 gezeigt wurde, gibt es unterschiedliche Gruppen von Personen, die den Ölmühlengeruch als „angenehm“, „neutral“ oder „unangenehm“ empfinden.

Bei den übrigen drei Gerüchen ist eine Zunahme der negativen Beurteilung zu erkennen. Bei der Intensitätsstufe deutlich wahrnehmbar werden diese Gerüche als eher unangenehm bis unangenehm bewertet. Eine Unterscheidung zwischen „neutralen“ und „unangenehmen“ Gerüchen ist bei diesen drei Quellen, wie man anhand der Streubalken (95%-KI) erkennen kann, bis zur Intensitätsstufe stark wahrnehmbar nicht möglich. Das Problem ist auch hier, dass für den Textilgeruch die Kategorie sehr stark wahrnehmbar nur einmal und die Kategorie extrem stark wahrnehmbar für den durchschnittlichen Intensitätseindruck nie vergeben wurde.

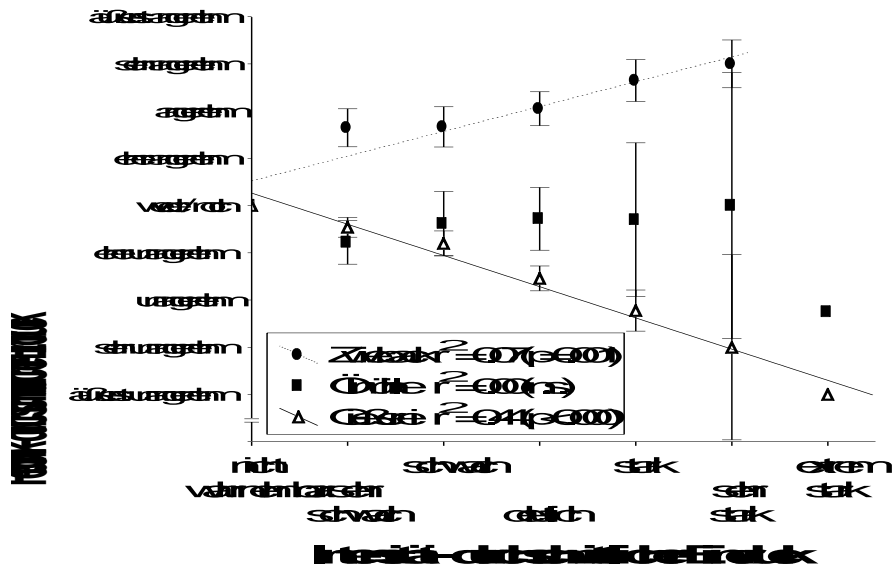


Abb. 23: Wahrnehmung der Probanden: Zusammenhang zwischen Intensität und Hedonik [(Mittelwert und 95%-KI (MUNLV-Teil)]

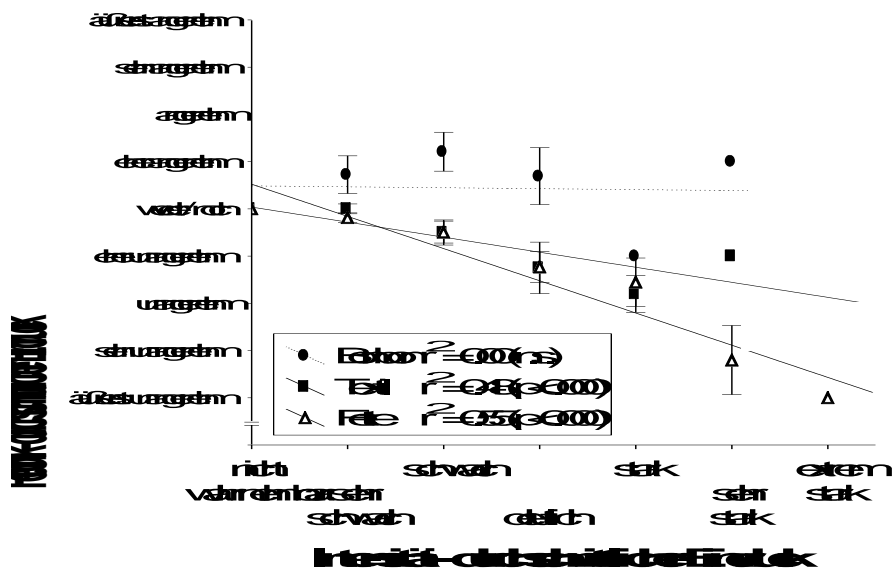


Abb. 24: Wahrnehmung der Probanden: Zusammenhang zwischen Intensität und Hedonik [Mittelwert und 95%-KI (VCI-Teil)]

Zusammenfassend kann man festhalten, dass sich auf der Basis der Probandenurteile anhand der Bewertung von Intensität und Hedonik nur eine Unterscheidung zwischen angenehmen und unangenehmen Anlagengerüchen treffen lässt. Mit zunehmender Intensität werden die angenehmen Gerüche positiver und die unangenehmen negativer bewertet.

Eine Differenzierung zwischen unangenehmen und „neutralen“ Gerüchen ist jedoch nicht möglich, da auch bei den sogenannten „neutralen“ Anlagengerüchen die

Bewertung der Hedonik mit zunehmender Intensität negativer wird und nicht auf einem gleichbleibenden mittleren Niveau zwischen eher angenehm bis eher unangenehm bleibt. Es gibt demnach keine „neutralen“, sondern nur mehr oder weniger unangenehm riechende Industriequellen.

## Belästigungsbefragungen

### Zuverlässigkeit der Belästigungsbefragung

Von 1463 Interviews konnten 7 aufgrund fehlender Angaben zu Strasse und Hausnummer und der dadurch nicht möglichen Zuordnung zu einem Geruchsbelastungswert nicht berücksichtigt werden.

Um die Zuverlässigkeit der Anwohnerangaben hinsichtlich ihrer Belästigung zu überprüfen, wurden die Antworten bei der Thermometerskala und der Verbalskala verglichen. Insgesamt 48 Interviews zeigten eine zu starke Abweichung bei der Beantwortung der beiden Belästigungsskalen (hohe Werte auf der einen, niedrige Werte auf der anderen Skala). Die individuelle Zuverlässigkeit der Angaben war damit in Frage zu stellen. Schließlich gingen insgesamt 1408 Interviews in die Auswertung ein. Die Höhe der Korrelation zwischen den beiden Belästigungsskalen (Abbildung 25) zeigt, dass die verbale Belästigungsskala und die graphische Skala der Gestörtheit (Belästigungsthermometer) inhaltlich denselben Sachverhalt beschreiben.

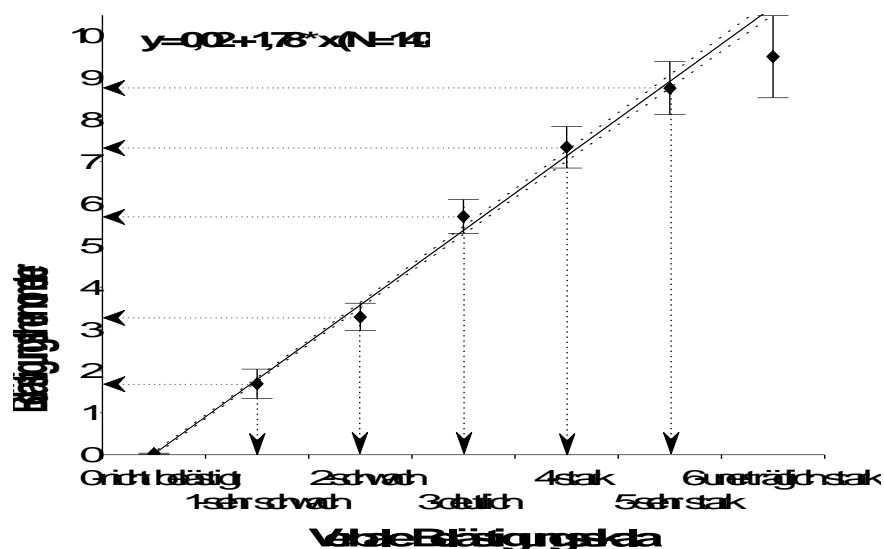


Abb. 25: Anwohnerurteil: Korrelation der Angaben auf dem Belästigungsthermometer und der verbalen Belästigungsskala; Darstellung der Mittelwerte mit ihrem 95%-Konfidenzintervall sowie die Regressionsgleichung und 95%-KI

Der Zusammenhang mit der verbalen Belästigung auf der x-Achse und dem Belästigungsthermometer auf der y-Achse ist signifikant ( $r^2 = 0.88$ ,  $p < 0.000$ ). Die Kategorie „schwach belästigt“ auf der verbalen Skala entspricht etwa der Kategorie "3" der graphischen Skala, die Kategorie „stark belästigt" auf der verbalen Skala entspricht etwa der Kategorie "7" der graphischen Skala.

### **Wahrnehmung von Gerüchen in der Außenluft**

Zunächst wird anhand von Säulendiagrammen dargestellt, wie die Anwohner die untersuchten Anlagengerüche vor dem Hintergrund der kumulative Geruchssituation in ihrer Wohngegend wahrnehmen. In die Auswertung gingen hier nur die an erster Stelle (von drei möglichen Positionen) genannten Gerüche mit ein, so dass pro Anwohner maximal genau eine Geruchswahrnehmung gezählt wurde. Unter „sonstigen“ Gerüchen wurden Hintergrundgerüche aus der Nachbarschaft, verursacht durch Hausbrand, Mülltonnen und ähnliches sowie nicht eindeutig kategorisierbare Geruchsnennungen (z.B. chemisch, Industrie) zusammengefasst.

Großbäckerei: Abbildung 26 zeigt, dass Zwiebackgerüche in dem städtisch geprägten Wohngebiet keine vorherrschende Rolle spielen. Nur 15% der insgesamt 257 befragten Anwohner benennen die Zwiebackherstellung als Hauptverursacher. Man erkennt, dass mit zunehmender Geruchsbelastung mehr Personen den Zwiebackgeruch wahrnehmen. In der hoch belasteten Zone mit durchschnittlich 29% Häufigkeit (% Geruchsstunden / Jahr) nehmen 26% der befragten Anwohner (N = 61) den Zwiebackgeruch wahr, im Gegensatz zu nur 9% der Anwohner (N = 64) in der niedrig belasteten Zone mit 4% Häufigkeit. Auffällig ist, dass in der Belastungszone 2 mit durchschnittlich 11% Häufigkeit mehr Anwohner die Verkehrsgerüche (25%) anstatt Zwiebackgerüche (12%) als Hauptverursacher benennen.

Bonbonfabrik: Abbildung 27 zeigt, dass auch die Bonbongerüche in dem ebenfalls städtisch geprägten Wohngebiet nur eine untergeordnete Rolle spielen. Von den insgesamt 243 interviewten Anwohnern benennen nur 18% die Bonbonherstellung als Hauptverursacher. Ein wesentlicher Anteil (40,5%) der in diesem Wohngebiet erkennbaren Gerüche werden einer Brauerei (30,5%) und einem Schlachthof (10%) zugeschrieben. Von der zweiten Belastungszone mit 8% Geruchshäufigkeit bis zur vierten Belastungszone mit 23% Geruchshäufigkeit ist keine Steigerung der Wahrnehmbarkeit der Bonbongerüche zu erkennen. Nur jeweils ca. 20% der in den einzelnen Belastungszonen befragten Anwohner nehmen diesen Geruch wahr.

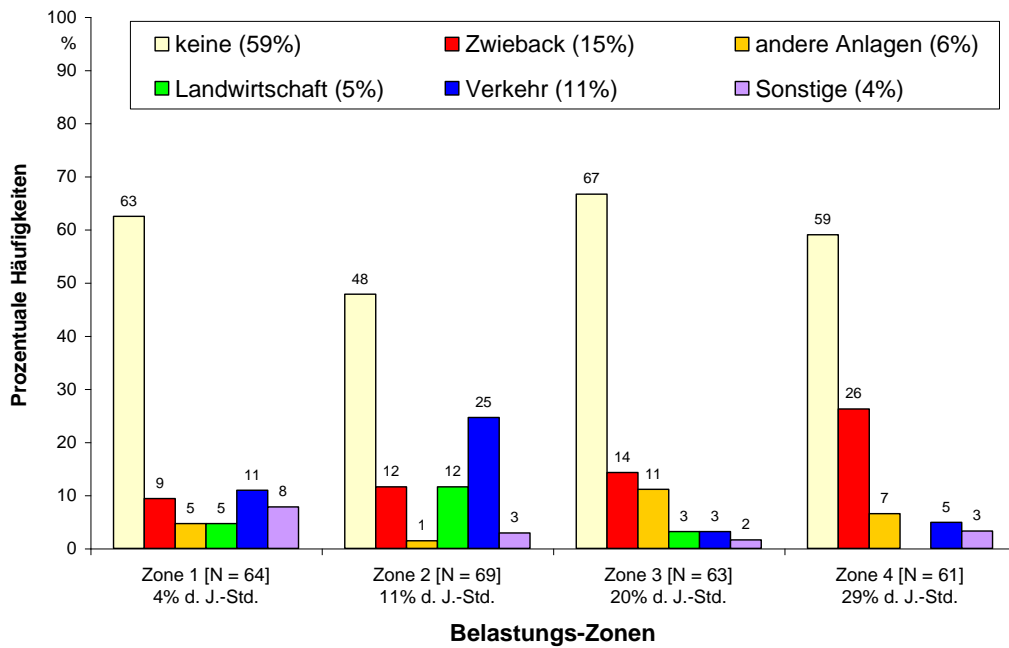


Abb. 26: Häufigkeit der Wahrnehmung der **Zwiebackgerüche** und anderer Gerüche in der Außenluft, getrennt für die vier Belastungszonen (4, 11, 20 und 29% der Jahresstunden)

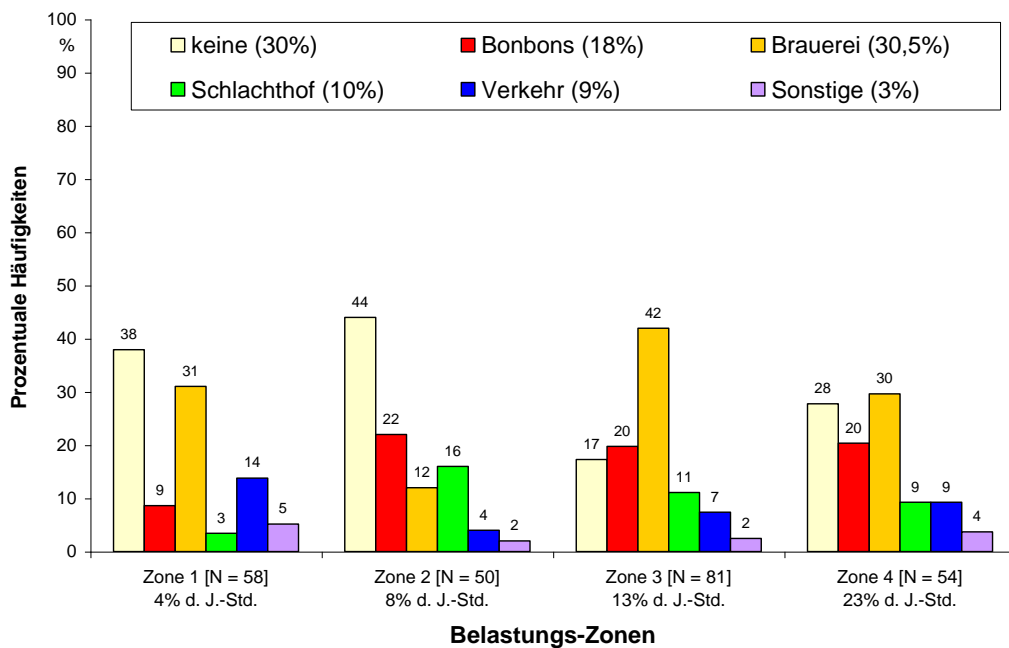


Abb. 27: Häufigkeit der Wahrnehmung der **Bonbongerüche** und anderer Gerüche in der Außenluft, getrennt für die vier Belastungszonen (4, 8, 13 und 23% der Jahresstunden)

Ölmühle: Ein ganz anderes Bild ergibt sich für die Wahrnehmung der Ölmühlengerüche (Abbildung 28). 39% der befragten Anwohner (N = 249) nehmen diesen Anlagengeruch wahr. Auffällig ist in dem ländlich geprägten Gebiet, dass bei fast einem Drittel der Anwohner (30%) landwirtschaftliche Gerüche, hauptsächlich verursacht durch Gülleausbringung, im Vordergrund stehen. Mit zunehmender Geruchsbelastung wird auch der Ölmühlengeruch häufiger benannt. In den höher belasteten Zonen mit durchschnittlich 8% und 11% Geruchshäufigkeit nehmen 55% bzw. 44% der Anwohner den Anlagengeruch wahr. Dem stehen trotz der geringen Belastung mit nur 2% und 4% Geruchshäufigkeit noch immer 25% und 30% der Befragten in den Zonen 1 und 2 gegenüber.

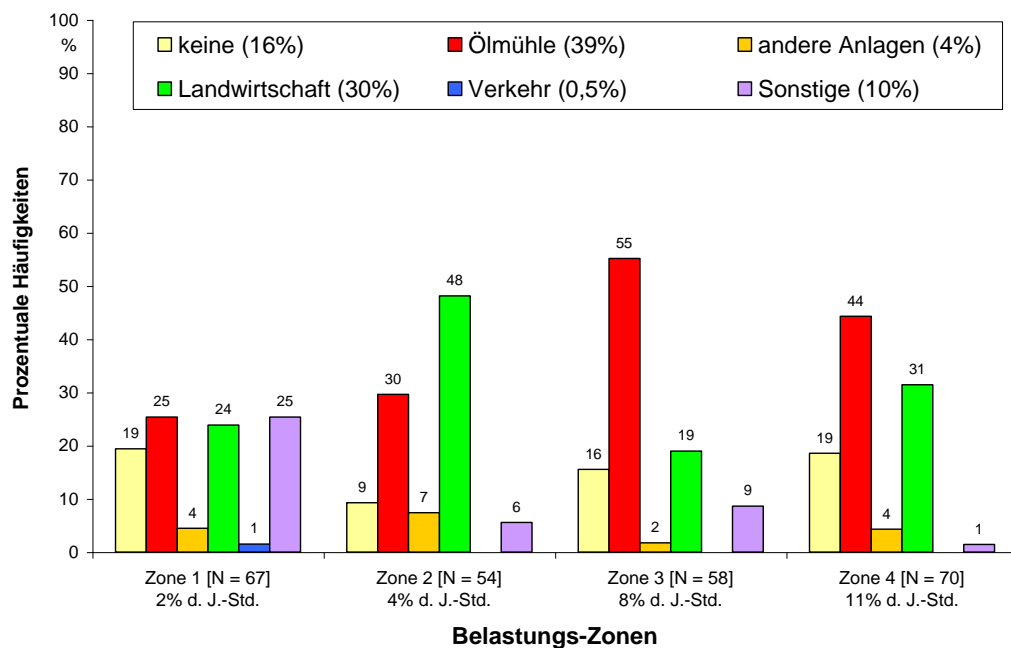


Abb. 28: Häufigkeit der Wahrnehmung der **Ölmühlengerüche** und anderer Gerüche in der Außenluft, getrennt für die vier Belastungszonen (2, 4, 8 und 11% der Jahresstunden)

Textilfabrik: Die Textilgerüche (Abbildung 29) werden von insgesamt 16% der Anwohner (N = 244) wahrgenommen. In diesem städtisch geprägten Wohngebiet spielen jedoch die Verkehrsgerüche eine ebenso große Rolle (16%). Mit zunehmender Belastung steigt die Wahrnehmungshäufigkeit. In dem hoch belasteten Gebiet mit 24% Geruchshäufigkeit nehmen fast die Hälfte der befragten Anwohner (46%) den Textilgeruch wahr. Verkehrsgerüche werden in dieser Belastungszone nur von 9% der Befragten benannt und spielen hier keine wesentliche Rolle.

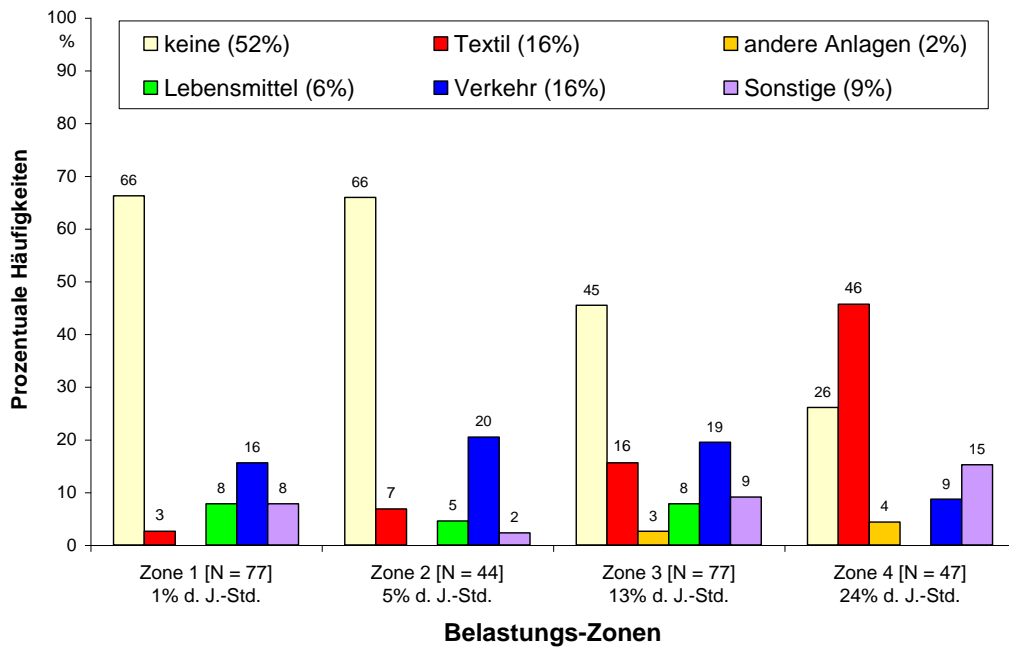


Abb. 29: Häufigkeit der Wahrnehmung der **Textilgerüche** und anderer Gerüche in der Außenluft, getrennt für die vier Belastungszonen (1, 5, 13 und 24% der Jahresstunden)

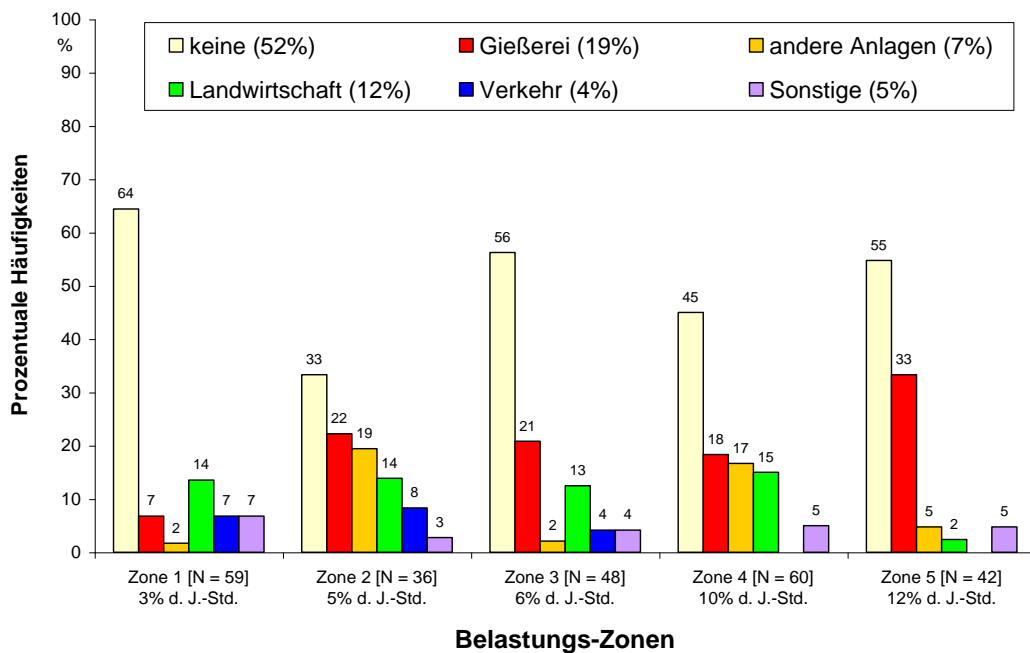


Abb. 30: Häufigkeit der Wahrnehmung der **Gießereigerüche** und anderer Gerüche in der Außenluft, getrennt für die fünf Belastungszonen (3, 5, 6, 10 und 12% der Jahresstunden)

Eisengießerei: Neben dem Gießereigeruch (Abbildung 30), der von 19% der Anwohner (N = 245) wahrgenommen wird, spielen in diesem städtisch geprägten Gebiet auch landwirtschaftliche Gerüche (Gülle), die von 12% der Befragten wahrgenommen werden, eine Rolle. In der Zone 5 mit 12% Geruchshäufigkeit nennen 33% der Anwohner die Gießerei als Hauptverursacher im Gegensatz zu 7% in der Zone 1 mit 3% Geruchshäufigkeit. Hier ist eine klare Steigerung der Häufigkeit der Wahrnehmungen mit zunehmender Belastung zu erkennen. In den drei mittleren Belastungszonen mit 5% bis 10% Geruchshäufigkeiten ist der Anteil der Personen, die den Gießereigeruch wahrnehmen, mit ca. 20% gleichbleibend. Ebenfalls eine Rolle spielen andere Anlagengerüche in den Zonen 1 bis 4 und landwirtschaftliche Gerüche in den Zonen 2 und 4. In der Zone 5 dagegen werden neben den Gießereigerüchen so gut wie keine anderen Gerüche von den Anwohnern wahrgenommen.

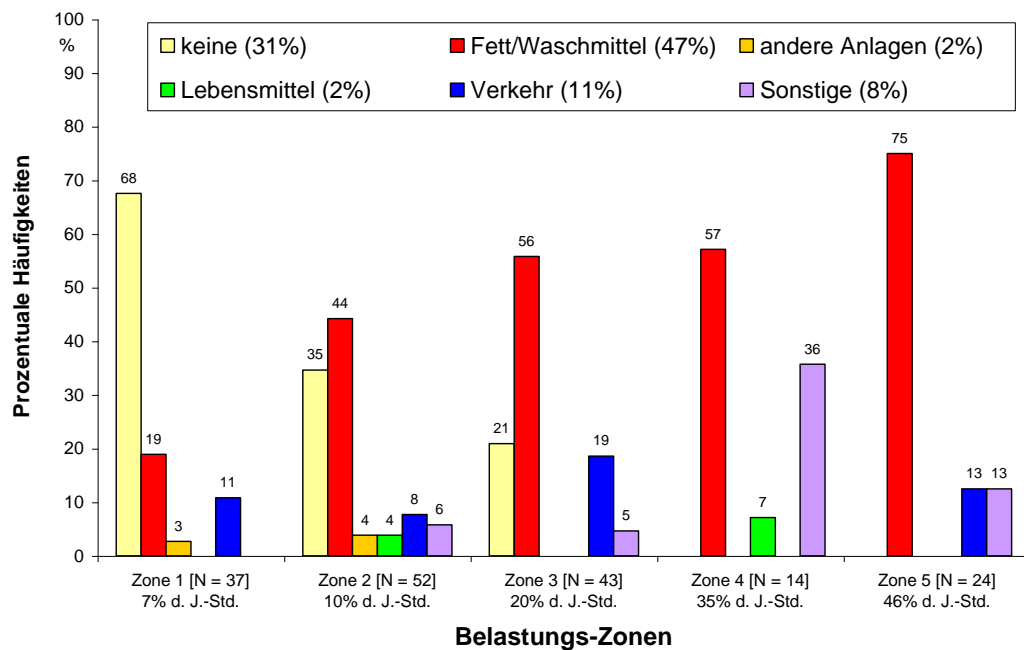


Abb. 31: Häufigkeit der Wahrnehmung der **Fett- und Waschmittelgerüche** und anderer Gerüche in der Außenluft, getrennt für die fünf Belastungszonen (7, 10, 20, 35 und 46% der Jahresstunden)

Fettaufbereitung: Der Anteil an Geruchswahrnehmungen, die der Fettaufbereitung und Waschmittelherstellung (Abbildung 31) zugeschrieben wird, ist im Vergleich zu den übrigen fünf Anlagen weitaus höher und betrifft fast die Hälfte (47%) der in diesem Untersuchungsgebiet befragten Anwohner (N = 170). Die Steigerung der Wahrnehmungshäufigkeit mit zunehmender Belastung ist deutlich zu erkennen. In dem am geringsten belasteten Gebiet mit 7% Geruchshäufigkeit nehmen 19% der Anwohner die Fett- und Waschmittelgerüche wahr. In dem am stärksten belasteten



Gebiet mit 46% Geruchshäufigkeit werden die Anlagengerüche von einem Drittel der Anwohner (75%) wahrgenommen. Andere Gerüche spielen in diesem städtisch geprägten Wohngebiet kaum eine Rolle.

In Abbildung 32 wird noch einmal eine zusammenfassende Übersicht gegeben, wie viele der befragten Anwohner den Anlagengeruch wahrnehmen können.

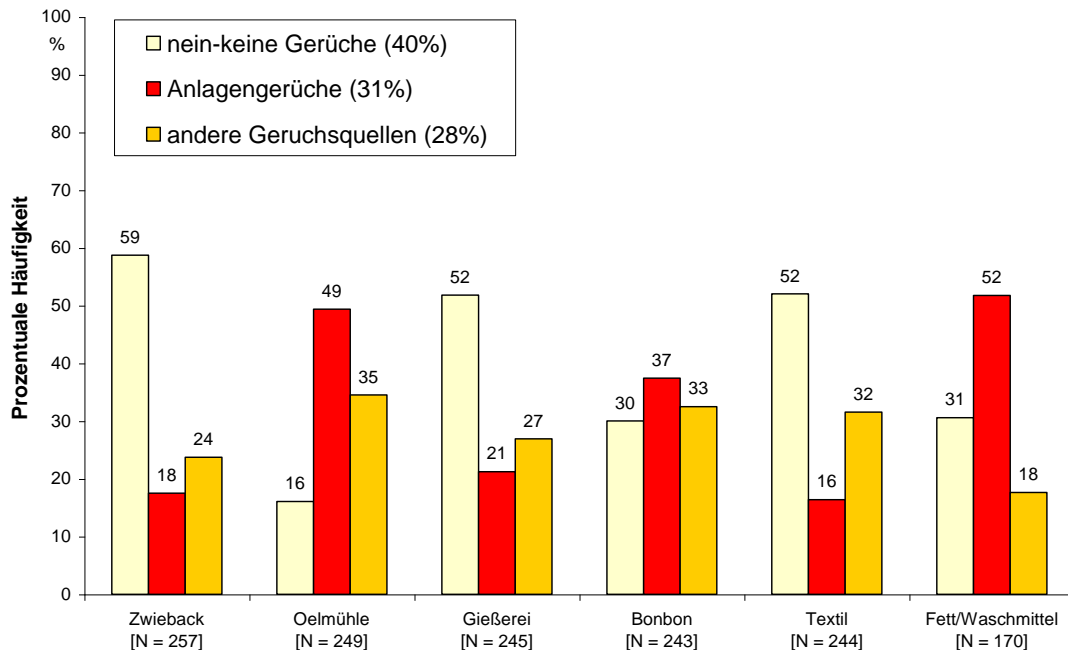


Abb. 32: Wahrnehmung der Anwohner: Häufigkeit der Nennung der Anlagengerüche als einer von maximal drei Hauptverursachern für Geruchswahrnehmungen in der Außenluft, getrennt für die sechs untersuchten Anlagen.

Bei dieser Auswertung wurden alle die bei der Frage nach dem Hauptverursacher genannten Gerüche berücksichtigt, so dass pro Anwohner maximal drei Geruchswahrnehmungen gezählt wurden. In der Umgebung der Ölmühle und der Fett- und Waschmittelgerüche emittierenden Anlagen gibt es mit 49% bzw. 52% die meisten Geruchswahrnehmungen, die von den Anwohnern der industriellen Quelle zugeschrieben werden. Bei den Fett- und Waschmittelgerüchen sind hierfür vermutlich die hohen Geruchshäufigkeiten mit durchschnittlich 46% in der höchsten Belastungszone verantwortlich. Bei der Ölmühle mit nur geringen Geruchshäufigkeiten wird die Wahrnehmbarkeit der Gerüche vermutlich eher durch die hohe Intensität der Geruchsimmission beeinflusst. Die Bonbongerüche werden in der Umgebung der Anlage von 37% der Anwohner wahrgenommen. Nur ca. 20% der Anwohner nehmen bei den übrigen drei Anlagen den typischen Geruch nach Zwieback, Gießerei oder Textil wahr.

## **Bewertung der Häufigkeit, Intensität und Hedonik durch die Anwohner**

Da die Messung der Geruchsbelastungssituation 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 berücksichtigen, dass neben der Häufigkeit, Intensität und Hedonik der Geruchsereignisse auch andere Faktoren eine Rolle spielen, wie zum Beispiel die bisherige Erfahrung mit Gerüchen, die Dauer des Aufenthaltes in der Umgebung der Anlage, die Einstellung zur Geruchsquelle, etc.

Auch bei dieser Auswertung wurden alle die bei der Frage nach dem Hauptverursacher genannten Gerüche berücksichtigt. Wenn der Anwohner den Anlagengeruch an erster, zweiter oder dritter Stelle genannt hatte, wurden die Angaben zur Häufigkeit, Intensität und Hedonik in die Auswertung miteinbezogen.

### Häufigkeit

In Abbildung 33 wird die Häufigkeit der Geruchswahrnehmungen im Urteil der Anwohner, die mit einer Skala von „1-einmal im Monat und seltener wahrnehmbar“ bis „6-mehrmals am Tag wahrnehmbar“ erfasst wurde, dargestellt. 96% (N = 422) der insgesamt befragten Anwohner, die den typischen Anlagengeruch wahrnehmen und benennen können (N = 439), machen hierzu Angaben. Die Mehrheit (66% bis 89%) berichtet, dass die Gerüche eher selten (mehrmals im Monat) auftreten. Eine Ausnahme zeigt sich bei den Textilgerüchen. Von den Anwohnern berichten 41%, dass die Gerüche mehrmals wöchentlich wahrnehmbar sind, 23% der geben an, dass sie sogar mehrmals täglich wahrnehmbar sind.

Ein Zusammenhang zwischen der Wahrnehmung der Probanden und der Wahrnehmung der Anwohner im Hinblick auf die Einschätzung der Häufigkeit des Auftretens der Anlagengerüche besteht nicht. Die Korrelation der Anwohnerangaben mit dem mit Hilfe der Rasterbegehung nach dem Geruchsstundenkonzept ermittelten Flächenhäufigkeitsmaß beträgt  $r^2 = 0.00$  (N = 422) und ist nicht signifikant ( $p = 0.46$ ).

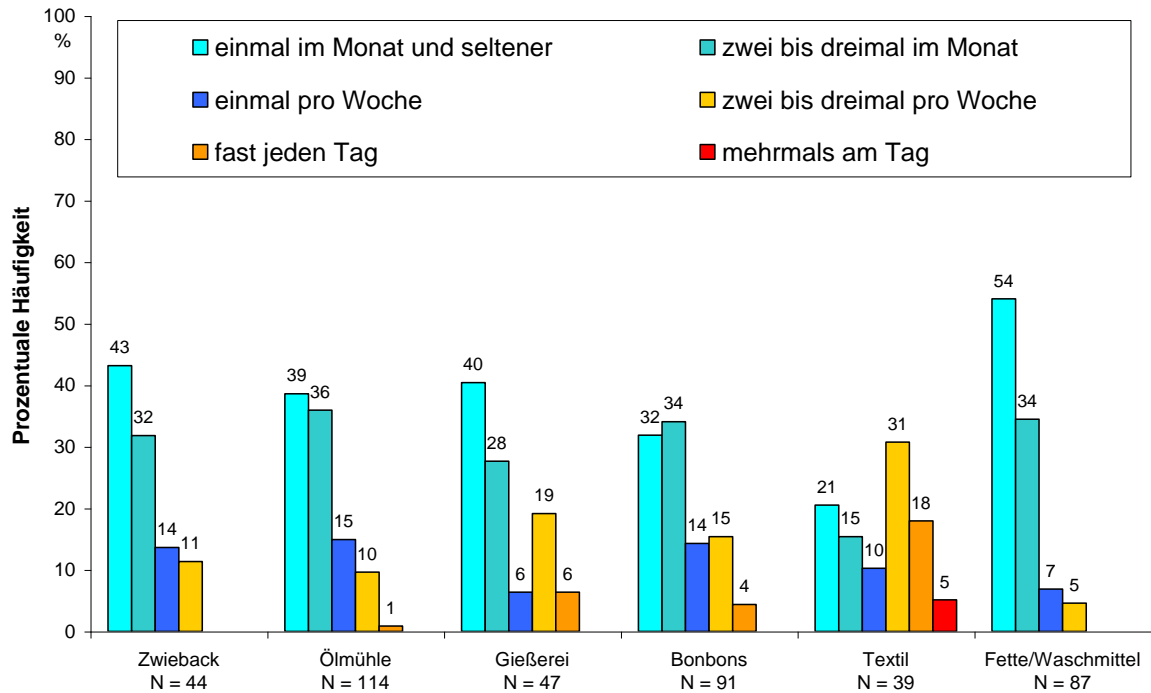


Abb. 33: Häufigkeit der Wahrnehmung der Anlagengerüche getrennt für die sechs untersuchten Quellen

### Intensität

In der nächsten Abbildung 34 ist der Zusammenhang der zwei Intensitätsabfragen (stärkster und durchschnittlicher Eindruck) zu sehen.

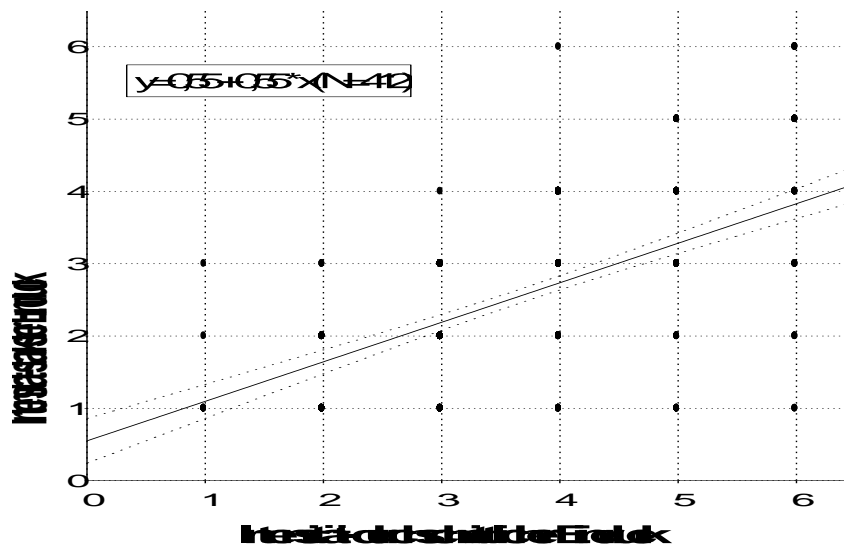


Abb. 34: Wahrnehmung der Anwohner: Zusammenhang zwischen den beiden Intensitätsbeurteilungen stärkster Eindruck und durchschnittlicher Eindruck; Darstellung der Wertepaare und der Regressionsgeraden mit 95%-Konfidenzintervall

Die Korrelation der Intensitätsurteile ist mit  $r = 0.55$  ( $r^2=0.31$ ,  $p<0.000$ ,  $N = 412$ ) deutlich niedriger als bei den Probanden, die bei den Rasterbegehungen eingesetzt wurden. Anhand der starken Streuung der Urteile kann man erkennen, dass ihre Angaben zur Wahrnehmung der Geruchsstärke weniger zuverlässig sind. Ein Grund hierfür kann darin liegen, dass die Anwohner weniger geübt sind im Umgang mit der Intensitätsskala und der Bewertung von Gerüchen. Ein anderer Grund ist vermutlich darin zu suchen, dass die Anwohner die Anlagengerüche aus der Erinnerung heraus beurteilen mussten, da sie nicht, wie die Probanden während einer 10-minütigen Geruchsmessung, einen aktuellen Geruchsreiz beurteilen konnten.

In Abbildung 35 wird die Bewertung der Intensität (stärkster Eindruck) durch die Anwohner dargestellt. Von 420 Anwohnern empfindet die Mehrzahl der Befragten den jeweiligen Anlagengeruch als deutlich wahrnehmbar. Eine Ausnahme bilden die Fett- und Waschmittelgerüche. Sie werden von der Mehrzahl der Befragten als schwach wahrnehmbar beschrieben.

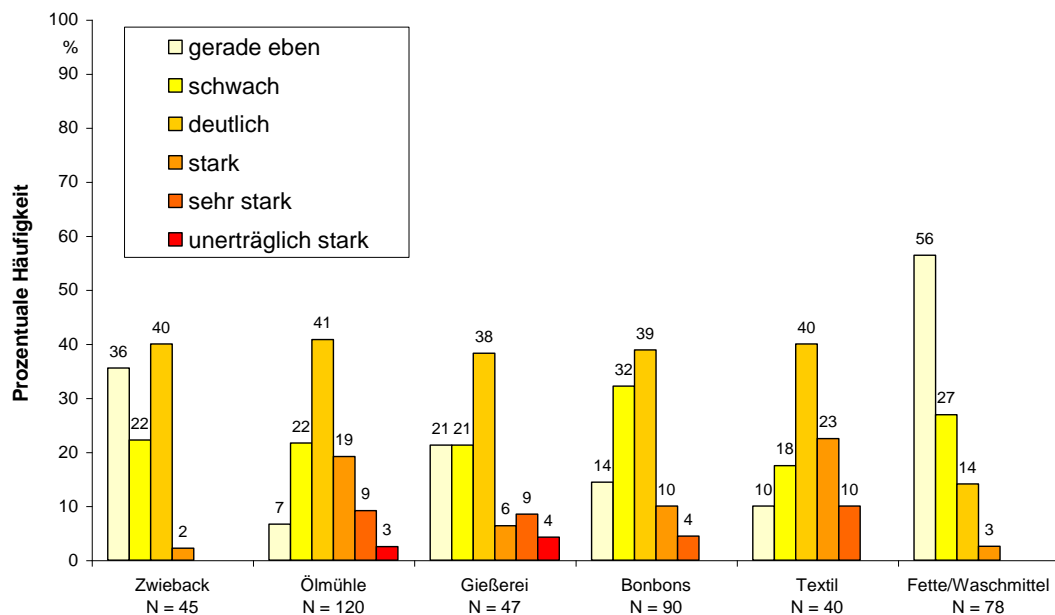


Abb. 35: Wahrnehmung der Anwohner: Darstellung der Häufigkeit der Intensitätsurteile (durchschnittlicher Eindruck), getrennt für die sechs untersuchten Anlagen

Zwischen der Wahrnehmung der Probanden und der Wahrnehmung der Anwohner besteht im Hinblick auf die Einschätzung der Intensität der Gerüche eine gute Übereinstimmung. Die Korrelation der Urteile zum durchschnittlichen Eindruck beträgt  $r^2=0.04$  ( $r=0.21$ ,  $p < 0.000$ ,  $N = 420$ ) und ist auf dem 1%-Niveau signifikant.

## Hedonik

Der Zusammenhang zwischen den drei Hedonikurteilen (angenehmster, unangenehmster und durchschnittlicher Eindruck) wird in der nächsten Abbildung 36 dargestellt. Die Korrelation der maximalen Eindrücke mit dem durchschnittlichen Eindruck sind auf dem 1%-Niveau signifikant (angenehmster Eindruck:  $r^2 = 0.51$ ,  $p < 0.000$ ,  $N = 276$ ; unangenehmster Eindruck:  $r^2 = 0.50$ ,  $p < 0.000$ ,  $N = 413$ ). Doch auch hier ist eine starke Streuung der Urteile zu erkennen. Der Mangel an Übung im Beurteilen von Gerüchen und im Umgang mit der Hedonikskala sowie eine Verzerrung der Urteile aufgrund der Beurteilung aus dem Gedächtnis heraus spielen sicherlich auch hier eine Rolle.

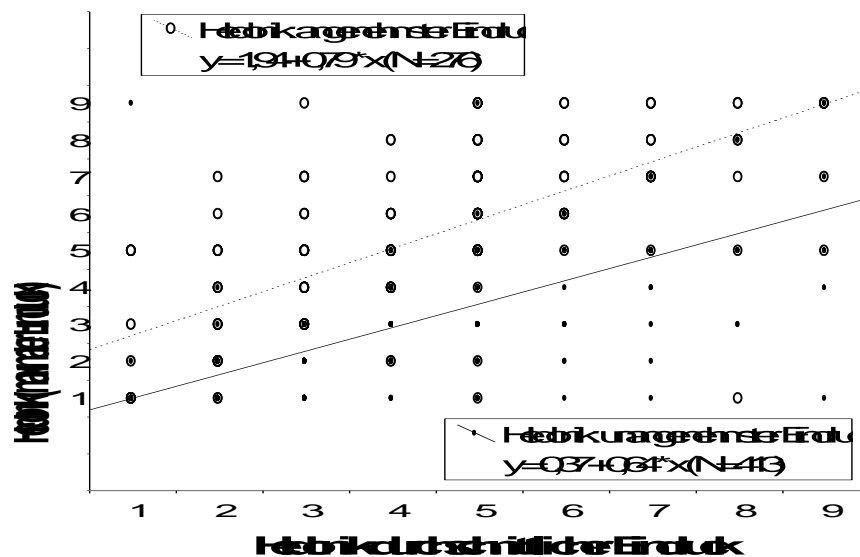


Abb. 36: Wahrnehmung der Anwohner: Zusammenhang zwischen den drei Hedonikbeurteilungen angenehmster, unangenehmster und durchschnittlicher Eindruck; Darstellung der Wertepaare und der Regressionsgeraden

Im Hinblick auf die Einschätzung der hedonischen Qualität der Gerüche ist eine gute Übereinstimmung der Probanden und der Anwohner zu erkennen. Die Korrelation der Urteile zum durchschnittlichen Eindruck  $r^2 = 0.25$  ( $p < 0.000$ ,  $N = 431$ ) und ist auf dem 1%-Niveau signifikant.

In den Abbildungen 37 bis 39 wird die Bewertung der hedonischen Geruchsqualität (durchschnittlicher Eindruck) durch die Anwohner dargestellt.

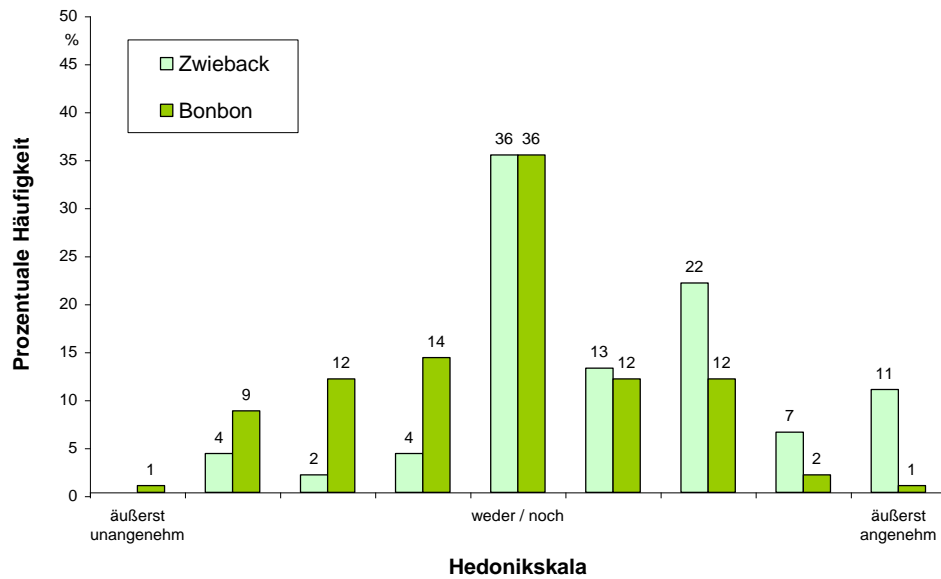


Abb. 37: Wahrnehmung der Anwohner: Darstellung der Häufigkeit der Hedonikurteile (durchschnittlicher Eindruck), getrennt für Zwieback- und Bonbongerüche

Bei den „angenehmen“ Anlagengerüchen (Abbildung 37) benutzten die Anwohner die gesamte Bandbreite der Kategorien. Am häufigsten wird die Kategorie „neutral“ (weder angenehm noch unangenehm) vergeben (Zwieback & Bonbon: 36%). Die Mehrzahl der Anwohner (53%) empfindet den Zwiebackgeruch eher als angenehm, wohingegen der Bonbongeruch von der Mehrheit der Anwohner (37%) als eher unangenehm eingestuft wird.

Bei den „neutralen“ Anlagengerüchen (Abbildung 38) wird der Textilgeruch von der Mehrheit der Anwohner als unangenehm beurteilt (93%). Die Probanden beurteilten diesen Geruch dagegen wesentlich positiver als „eher angenehm bis eher unangenehm“. Auch der Ölmühlengeruch wird von den meisten Anwohnern als unangenehm eingestuft (71%). Doch ähnlich wie bei den Probanden gibt es auch hier einen Teil der Anwohner (8%), die diesen Geruch als angenehm empfindet.

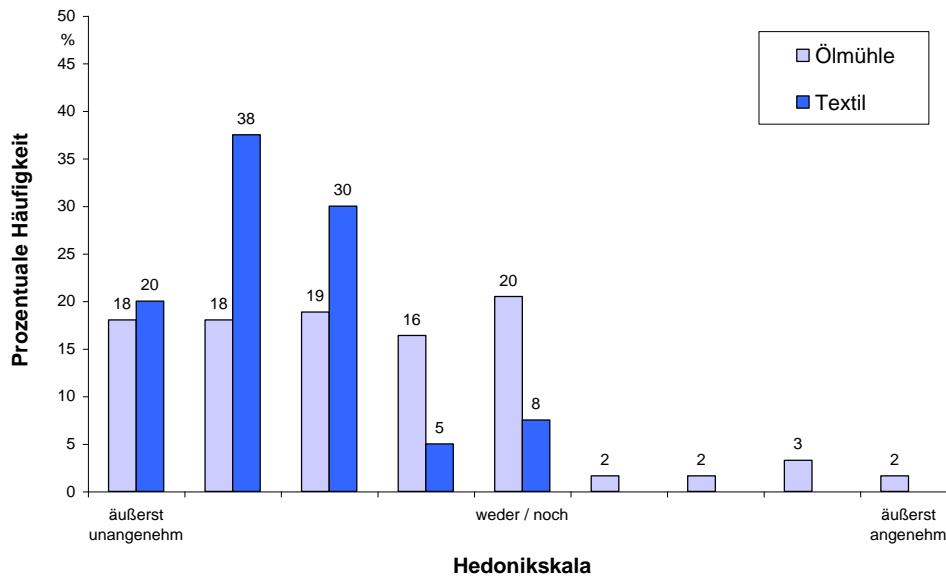


Abb. 38: Wahrnehmung der Anwohner: Darstellung der Häufigkeit der Hedonikurteile (durchschnittlicher Eindruck), getrennt für Ölmühlen- und Textilgerüche

Die Gießerei- und Fett-/Waschmittelgerüche (Abbildung 39) werden wie von den Probanden auch von den Anwohnern als eindeutig unangenehm beurteilt (Gießerei: 85%, Fett-/Waschmittelgerüche: 80%).

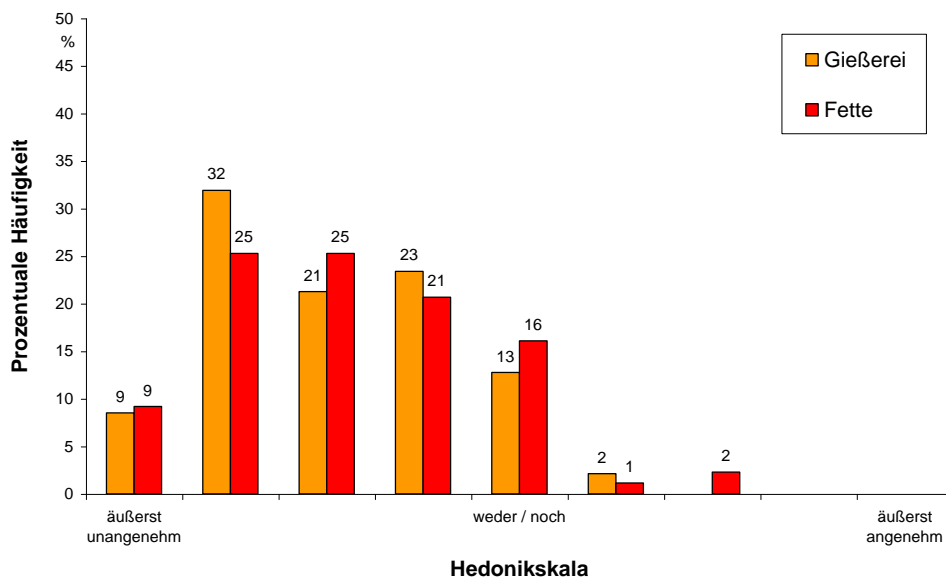


Abb. 39: Wahrnehmung der Anwohner: Darstellung der Häufigkeit der Hedonikurteile (durchschnittlicher Eindruck), getrennt für Gießerei- und Fett- / Waschmittelgerüche

## Zusammenhang zwischen Intensität und Hedonik

In den Abbildungen 40 und 41 wird der Zusammenhang zwischen der Wahrnehmung der Intensität und der angenehm-unangenehm-Qualität im Urteil der Anwohner dargestellt. Gezeigt werden der Mittelwert und das 95%-Konfidenzintervall des Mittelwertes sowie eine an die Mittelwerte angelegte lineare Funktion mit der Gleichung  $y = a \cdot x + b$ .

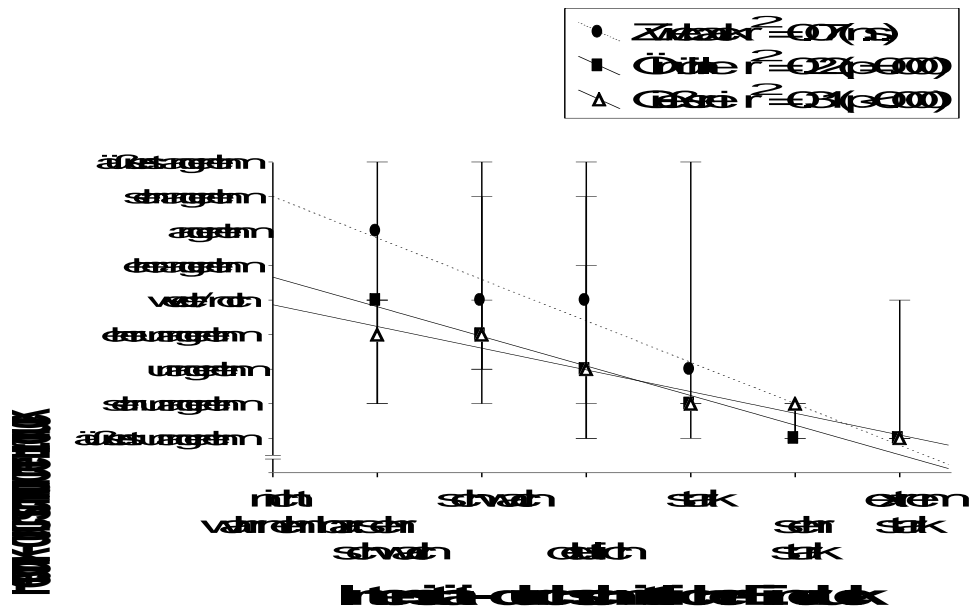


Abb. 40: Wahrnehmung der Anwohner: Zusammenhang zwischen Intensität und Hedonik (Mittelwert und 95%-KI) (MUNLV-Teil)

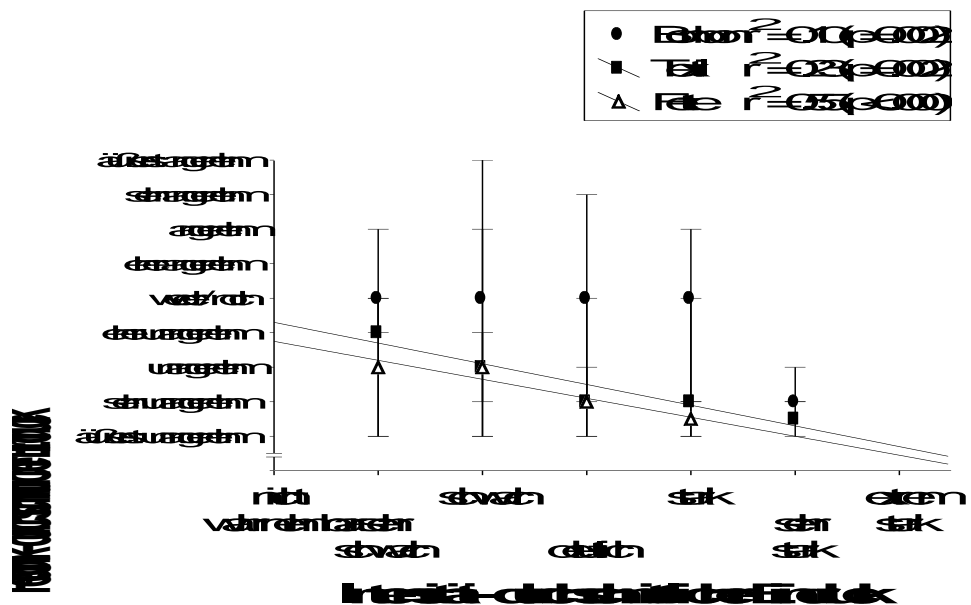


Abb. 41: Wahrnehmung der Anwohner: Zusammenhang zwischen Intensität und Hedonik (Mittelwert und 95%-KI) (VCI-Teil)



Anders als im Urteil der ortsfremden Probanden werden alle Gerüche mit steigender Intensität als zunehmend unangenehmer beurteilt. Der negative Zusammenhang zwischen der Intensität und der Hedonik (jeweils durchschnittlicher Eindruck) ist bei allen Anlagengerüchen bis auf den Zwiebackgeruch mindestens auf dem 5%-Niveau signifikant. Bei der Intensitätsstufe deutlich wahrnehmbar werden die Bonbongerüche als „neutral“ (weder angenehm noch unangenehm) eingestuft und die „neutralen“ und „unangenehmen“ Anlagengerüche werden als eher unangenehm bis sehr unangenehm bewertet.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Anwohner im Gegensatz zu den Probanden alle Anlagengerüche mit steigender Intensität als zunehmend unangenehmer einstufen. Eine Unterscheidung zwischen den angenehmen, den ‚neutralen‘ und den unangenehmen Anlagengerüchen mit Ausnahme der Zwiebackgerüche ist hier nicht möglich.

Die starke Streuung der Urteile ist ein Hinweis darauf, dass die Angaben der Anwohner zur Beurteilung der Geruchsstärke und der hedonischen Qualität weniger zuverlässig sind. Ein Grund hierfür kann darin liegen, dass die Anwohner weniger geübt sind im Umgang mit der Intensitätsskala und der Bewertung von Gerüchen. Ein anderer Grund ist vermutlich darin zu suchen, dass die Anwohner die Anlagengerüche aus der Erinnerung heraus beurteilen mussten, da sie nicht, wie die Probanden während einer 10-minütigen Geruchsmessung, einen aktuellen Geruchsreiz beurteilen konnten. Durch das Urteilen aus der Erinnerung heraus eröffnet sich die Möglichkeit, dass allgemeine Wertmaßstäbe bei der Urteilsfindung herangezogen werden und so das Urteil verschieben können. Einer dieser Wertemaßstäbe könnte zum Beispiel sein: „Je intensiver ein Geruch wird, desto unangenehmer ist er auch“. Dies lässt sich mit Hilfe der Korrelation der Anwohnerangaben zur Beurteilung der Wahrnehmung der Gerüche und der Belästigungsreaktion überprüfen.

In Tabelle 3 sieht man, dass die Intensitäts-, aber nicht die Hedonikurteile einen engeren Zusammenhang mit den Belästigungsangaben auf der Thermometerskala zeigen, als mit dem Urteil der Probanden zu Intensität und Hedonik. Ein Zusammenhang zwischen den Angaben der Anwohner und der Probanden zur Wahrnehmungshäufigkeit ist nicht zu finden.

Tabelle 3: Korrelation der Angaben der Anwohner und der Probanden zur Wahrnehmungshäufigkeit, Intensität und Hedonik; Korrelation der Angaben der Anwohner zur Belästigung und zu Intensität und Hedonik; Determinationskoeffizient ( $r^2$ ), Anzahl (N), Irrtumswahrscheinlichkeit (p)

Probanden:	Anwohner:		
	Häufigkeit Kategorien [1-6]	Intensität durchschn. Eindruck	Hedonik unang. Eindruck
Häufigkeit (% Geruchsstunden / Jahr)	$r^2 = 0.00$ N = 422 $p = 0.46$		
Intensität (durchschn. Eindruck)		$r^2 = 0.04$ N = 420 $p = 0.00$	
Hedonik (unang. Eindruck)			$r^2 = 0.25$ N = 431 $p = 0.00$
	<b>Belästigung</b> der Anwohner [Thermometerskala]	$r^2 = 0.11$ N = 420 $p = 0.00$	$r^2 = 0.26$ N = 431 $p = 0.00$

## ***Belästigungswirkung der Anlagengerüche***

### **Geruchshäufigkeit und Belästigung**

Da eine gute Übereinstimmung der beiden Belästigungsskalen gegeben ist, wird bei den folgenden Auswertungen nur das Belästigungsthermometer berücksichtigt. Die Korrelationen zwischen den nicht logarithmierten Belastungsmaßen (Häufigkeit in % Geruchsstunden / Jahr) und dem Belästigungsthermometer liegen zwischen  $r = 0.12$  ( $r^2 = 0.01$ ) und  $r = 0.45$  ( $r^2 = 0.20$ ) und sind auf dem 1%-Niveau signifikant. Bei den Zwiebackgerüchen ist der Zusammenhang jedoch nur auf dem 10%-Niveau gesichert.

Abbildung 42 zeigt den Zusammenhang zwischen der linear abgetragenen Geruchsbelastung als unabhängiger und der Belästigung als abhängiger Variable. Zur besseren Verständlichkeit wurde eine logarithmische Funktion mit der Gleichung  $y = q * [\log_{10}(x)] + b$  an die Daten angepasst.

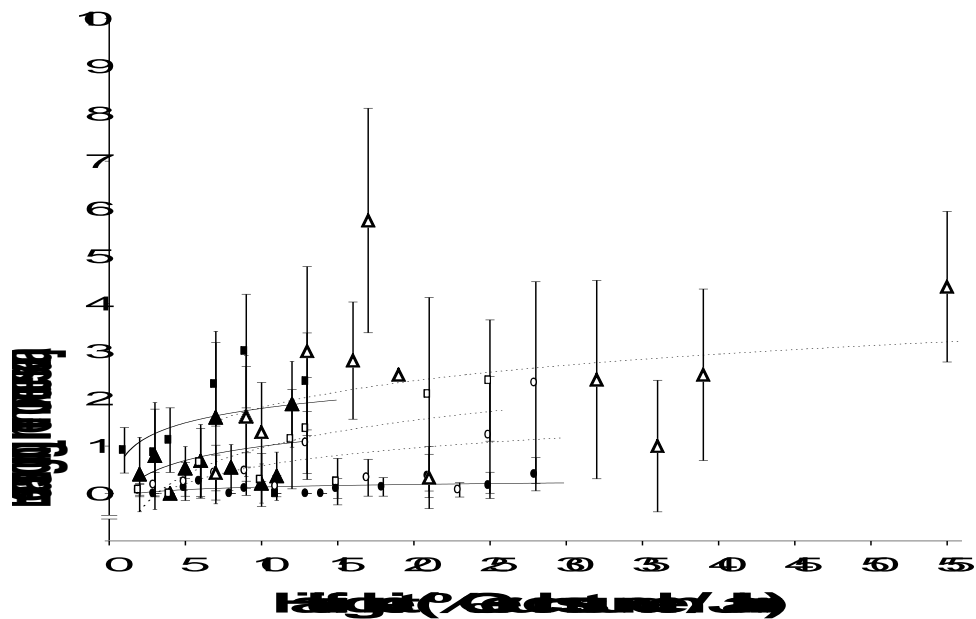


Abb. 42: Zusammenhang zwischen linearer Geruchshäufigkeit und Belästigung: Darstellung der Mittelwerte und 95%-Konfidenzintervalle, sowie eine an die Daten angepasste logarithmische Funktion mit der Gleichung  $y = q \cdot [\log_{10}(x)] + b$ , getrennt für die sechs Anlagengerüche

Hier ist ein deutlicher Unterschied zwischen „angenehmen“ und „unangenehmen“ Anlagengerüchen zu sehen. Bei den „unangenehmen“ Gerüchen, besonders deutlich bei der Ölmühle und dem Fett- / Waschmittelgeruch, steigt die Belästigung zunächst mit zunehmender Belastung steil an und erreicht dann ein Plateau. Die Zunahme der Belästigung erfolgt bei den Ölmühlengerüchen wesentlich schneller, als bei den übrigen Anlagengerüchen. Bei den „angenehmen“ Anlagengerüchen ist kein Anstieg der Belästigung mit zunehmender Belastung zu erkennen. Die Belästigungsurteile liegen hier in der Regel nicht höher als "1" auf der Thermometerskala.

In den beiden Abbildungen 43 (a/b) wurden die zwei „angenehmen“ Anlagen zusammengefasst und die übrigen vier als „unangenehme“ Anlagen. Hier ist die Beziehung zwischen der Geruchsbelästigung und der linearen bzw. der logarithmierten Geruchshäufigkeit zu sehen. Der Expositions-Wirkungs-Zusammenhang wurde durch lineare Regressionsanalysen mit den Belastungsmaßen als unabhängiger und den Werten des Belästigungsthermometers als abhängiger Variable geprüft. Man erkennt deutlich den Unterschied in der Belästigungswirkung der angenehmen und unangenehmen Gerüche. Bei gleicher Geruchshäufigkeit von z.B. 10% Geruchsstunden / Jahr liegen die mittleren Belästigungswerte für die unangenehmen Gerüche zwischen "1" und "2", für die angenehmen Gerüche aber deutlich unterhalb von "1".

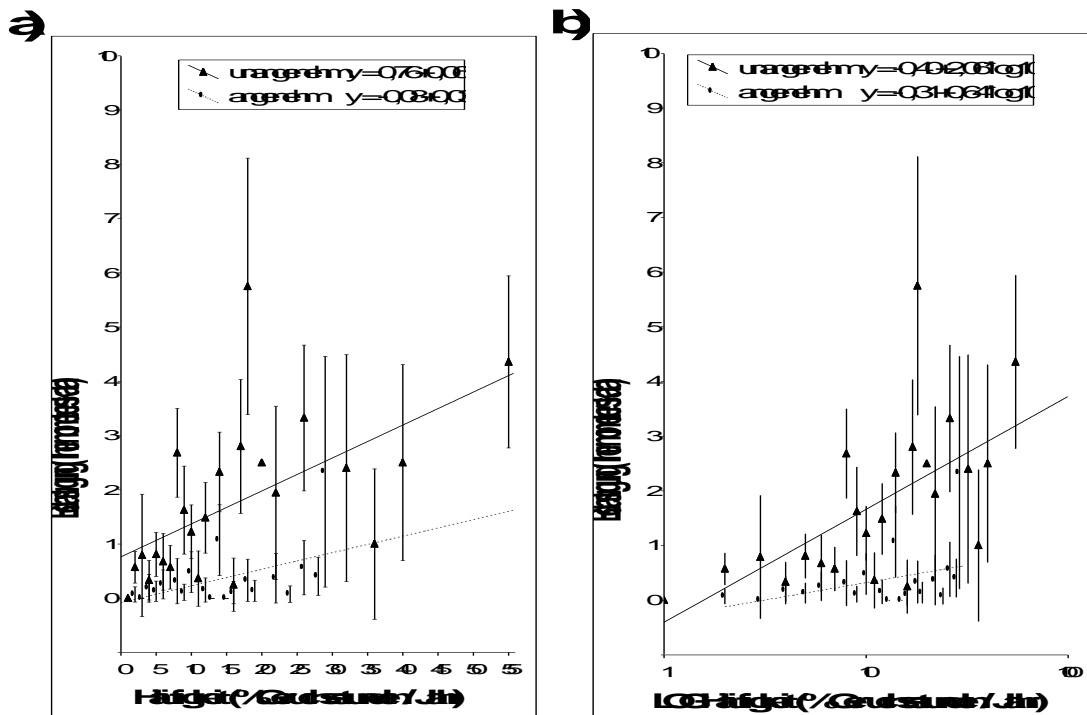


Abb. 43: Zusammenhang zwischen a) linearer und b) logarithmierter Geruchshäufigkeit und Geruchsbelästigung; Darstellung der Mittelwerte mit ihrem 95%-Konfidenzintervall, sowie der Regressionsgleichung mit der Geruchshäufigkeit als unabhängiger und der Belästigung als abhängiger Variablen, getrennt für „angenehme“ vs. „unangenehme“ Anlagengerüche

Die Korrelationen zwischen dem nicht logarithmierten Belastungsmaß (Häufigkeit in % Geruchsstunden / Jahr) und dem Belästigungsthermometer liegen bei  $r = 0.11$  ( $r^2 = 0.01$ ,  $p = 0.002$ ; „angenehme“ Anlagen) und  $r = 0.28$  ( $r^2 = 0.08$ ,  $p < 0.000$ ; „unangenehme“ Anlagen); die Korrelation mit dem logarithmierten Belastungsmaß liegen bei  $r = 0.11$  ( $r^2 = 0.01$ ,  $p = 0.002$ ; „angenehme“ Anlagen) und  $r = 0.29$  ( $r^2 = 0.08$ ,  $p < 0.000$ ; „unangenehme“ Anlagen)

Da in dieser Untersuchung von 1408 Anwohnern nur insgesamt 343 den gesuchten Anlagengeruch wahrgenommen haben, kommt es bei der Mittelung der Belästigungsurteile zu einem verzerrten Eindruck der tatsächlichen Belästigungswirkung der industriellen Geruchquellen. Daher wird in der nächsten Abbildung 44 der Zusammenhang zwischen der logarithmierten Geruchshäufigkeit und der Geruchsbelästigung nur für die Untergruppe der betroffenen Anwohner dargestellt. Auch hier zeichnet sich die unterschiedliche Belästigungswirkung der angenehmen und unangenehmen Gerüche ab. Bei einer Geruchshäufigkeit von 10% (Geruchsstunden/Jahr) liegen die mittleren Belästigungswerte für die unangenehmen Gerüche oberhalb von "4", für die angenehmen Gerüche aber unterhalb von "2". Wie man

anhand des Zusammenhangs zwischen der Thermometerskala und der Verbalskala (Seite 50) erkennen kann, entspricht ein Wert von "2" auf der graphischen Skala einer „sehr schwachen“ Belästigung und ein Wert von "4" einer „schwachen bis deutlichen“ Belästigung.

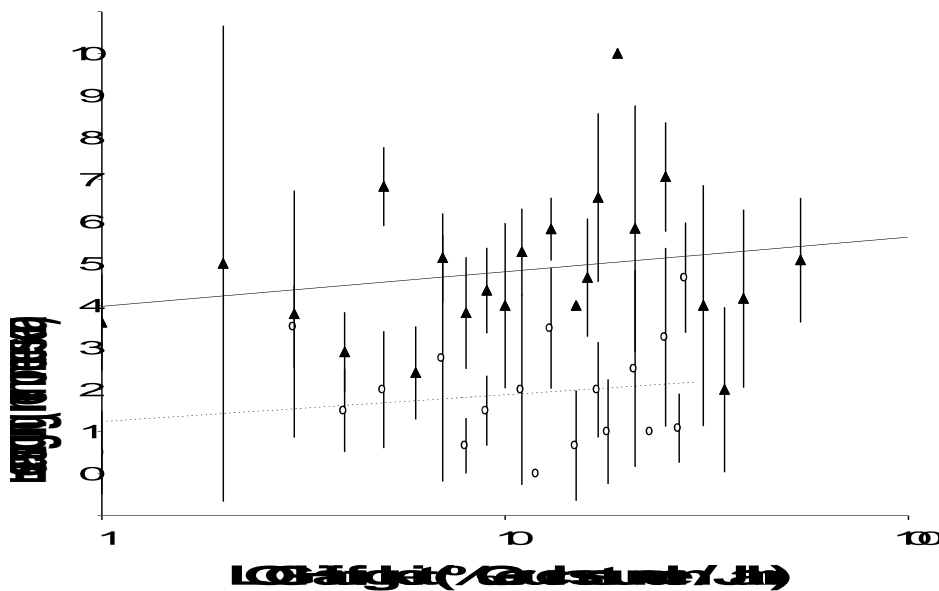


Abb. 44: Zusammenhang zwischen logarithmierter Geruchshäufigkeit und Geruchsbelästigung in der Untergruppe der Anwohner, die den Anlagengeruch wahrnehmen (N = 343): Darstellung der Mittelwerte mit ihrem 95%-Konfidenzintervall, getrennt für „angenehme“ vs. „unangenehme“ Gerüche

## Regressionsanalysen

### Auswertestrategie

Da in diesem Forschungsprojekt mögliche Geruchsimmissionswirkungen untersucht werden sollen, ist eine solche Deskription ohne nachfolgende Analyse nicht ausreichend. Relativ zur Lärmbelastigung sind die Belastungs-Belästigungsbeziehungen bei Gerüchen in der Außenluft typischerweise mit Korrelationen zwischen .2 und .4 auf Individualdatenbasis bzw. zwischen .6 und .9 auf Mittelwertsebene signifikant, doch weniger prägnant. Es konnte gezeigt werden, dass hier eine Fülle von konkurrierenden Faktoren wirksam werden, wobei zum einen Personenmerkmale (z.B. das Lebensalter, die Gesundheitszufriedenheit und Stressverarbeitungsstile) hervorzuheben sind (STEINHEIDER & WINNEKE, 1994), zum anderen aber auch eine generalisierte habituelle Hyper- bzw. Hyporeagibilität auf Umweltstressoren (WINNEKE & NEUF, 1992) bzw. eine spezifische „Geruchsempfindlichkeit“ angenommen werden muss. Um eine Wirkung

als Immissionswirkung interpretieren zu können, müssen solche konkurrierenden Einflussgrößen berücksichtigt werden. Diese Einflussgrößen werden als Störgrößen bezeichnet und werden im Auswertemodell einbezogen. Bisher wurde der Expositions-Wirkungszusammenhang mit Hilfe von *linearen Regressionsmodellen* beschrieben. Eine Voraussetzung bei diesen Modellen ist jedoch die Normalverteilung der beteiligten Variablen, die hier nicht gegeben ist (Shapiro-Wilks W-Test:  $W = 0.51$ ,  $p < 0.000$ ). Wie man anhand der Häufigkeitsverteilung in Abbildung 45 sehen kann, gibt es überwiegend "0"-Antworten (79%) und nur wenige Angaben zwischen "1" und "10" (21%).

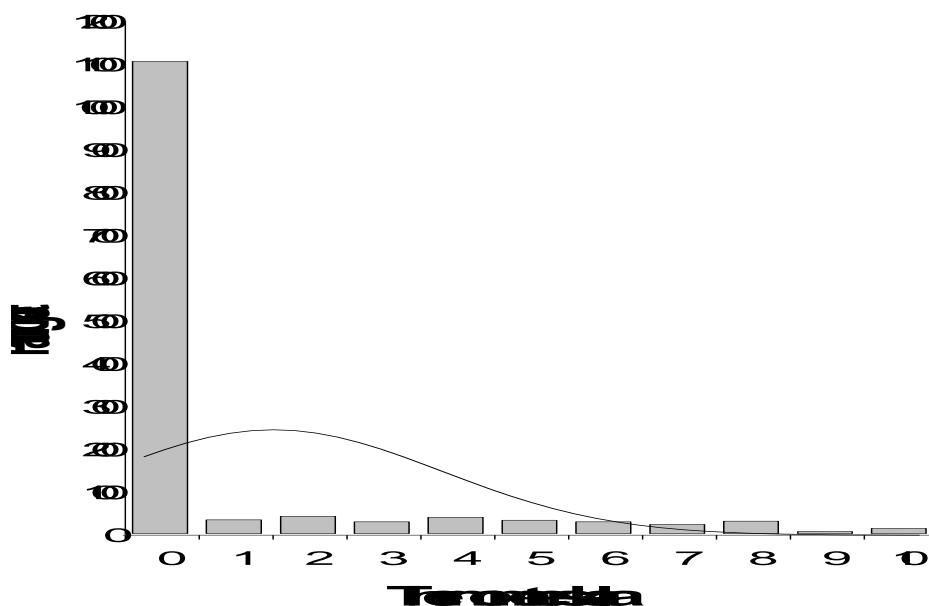


Abb. 45: Rechtsschiefe Häufigkeitsverteilung der Belästigungsangaben auf der Thermometerskala für die Gesamtgruppe der befragten Anwohner (N=1408). Die Linie kennzeichnet die erwartete Häufigkeitsverteilung bei normalverteilten Werten

Eine Möglichkeit, trotzdem den Zusammenhang zwischen der Geruchsbelastung und der Belästigung unter Berücksichtigung von Störgrößen zu prüfen, bietet die *logistische Regressionsanalyse*. Dafür müssen die Belästigungsangaben in binäre Werte umgewandelt werden.

### Belästigungsmaße

Mit Hilfe von Frage-Nr. 16 im Belästigungsfragebogen wurden „Unzumutbarkeitsurteile“ erhoben. In Abbildung 46 ist zu erkennen, ab welcher Stufe auf dem Belästigungsthermometer die Anwohner die Geruchsbelastung als ‘unzumutbar’ bewerten. Bei dieser Auswertung wurden die Antworten aller Anwohner (N = 1408)

berücksichtigt. Auffällig ist, dass von den insgesamt 908 Anwohnern, die in der Umgebung einer „unangenehmen“ oder „neutralen“ Anlage wohnen, nur 93 Personen (10%) die Anlagengerüche als ‘unzumutbar’ belästigend bezeichnen. Von den Anwohnern in der Umgebung der „angenehmen“ Anlagen (N = 500) ist es sogar nur eine einzige Person (0,2%), die die Bonbongerüche als ‘unzumutbar’ belästigend empfindet. Erst ab der Stufe "4" auf der Thermometerskala werden die Anlagengerüche als ‘unzumutbar’ belästigend bezeichnet. Von der Stufe "6" zur Stufe "7" gibt es einen deutlichen Anstieg in der Häufigkeit der Unzumutbarkeitsurteile von knapp 35% auf 76%.

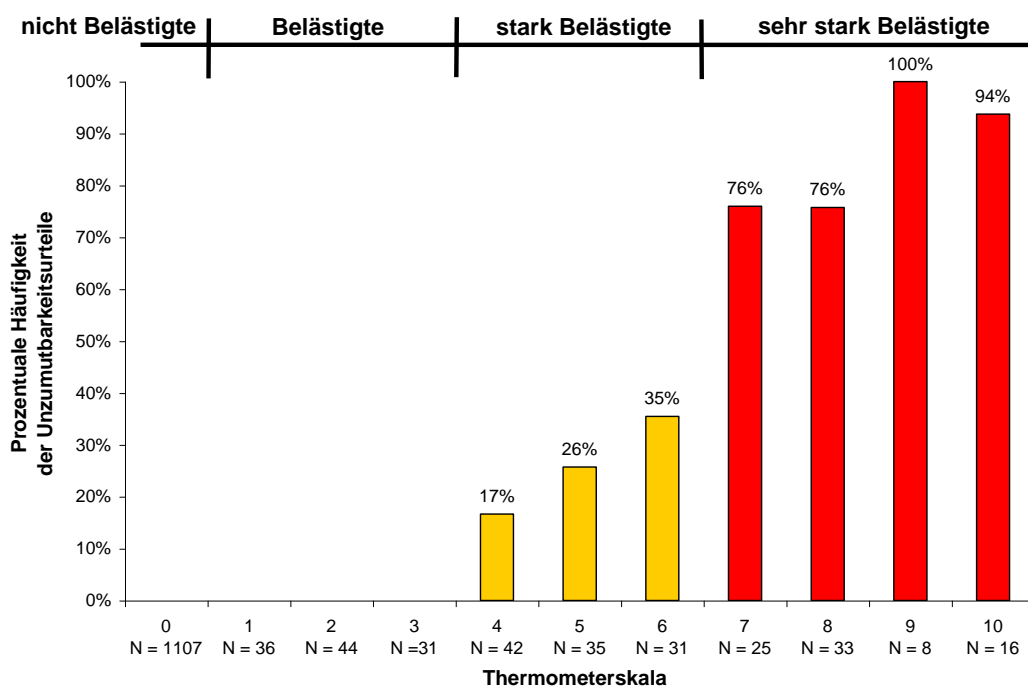


Abb. 46: Prozentuale Häufigkeit der Unzumutbarkeitsurteile bei Anwohnern in der Nachbarschaft einer Anlage mit „unangenehmen“ oder „neutralen“ Geruchs- immissionen in Abhängigkeit von der Belästigung (Thermometerskala)

Mit Hilfe dieser Unzumutbarkeitsurteile lässt sich die Gesamtgruppe der Befragten in Untergruppen aufteilen. Wie in Abbildung 46 zu sehen ist, kann zum einen eine Gruppe von „nicht Belästigten“ mit Werten auf der Thermometerskala von „0“ und eine Gruppe von „Belästigten“ mit Werten von „1“ bis „10“ definiert werden. Zum zweiten kann eine Gruppe von "schwach Belästigten" mit Werten von "0" bis "3" und eine Gruppe von "stark Belästigten" mit Werten von "4" bis "10" betrachtet werden. Als drittes kann die Gruppe der "Belästigten" mit Werten von "0" bis "6" und die Gruppe der "sehr stark Belästigten" mit Werten von "7" bis "10", in Anlehnung an das aus der englischsprachigen Lärmforschung bekannte Konzept der sogenannten "highly

annoyed", definiert werden. Als viertes Maß für die Belästigungsreaktion der Anwohner werden die Unzumutbarkeitsurteile herangezogen mit Werten von „0-zumutbar“ und „1-unzumutbar“ belästigt.

Man hat also vier Maße für die Belästigung, die man in der logistischen Regression verwenden kann. Tabelle 4 gibt einen Überblick über die Verteilung der vier Maße bezogen auf die sechs Anlagen.

Tab. 4: Ergebnisse der binären Belästigungsgrößen; Darstellung des prozentualen Anteils an der Gesamtgruppe der pro Anlage befragten Anwohner, getrennt für die sechs Anlagen sowie für die Gesamtgruppe

Geruchsquelle	N	1. % Belästigte [ > 0 ]	2. % stark Belästigte [ > 3 ]	3. % sehr stark Belästigte [ > 6 ]	4. % unzumutbar Belästigte [ = 1 ]
Zwieback	257	8	1	0	0
Bonbon	249	37	25	12	14
Ölmühle	245	17	11	4	4
Textil	243	16	7	2	0
Gießerei	244	15	12	7	9
Fette / Waschmittel	170	42	29	12	15
<b>Gesamt:</b>	<b>1408</b>	<b>21</b>	<b>13</b>	<b>6</b>	<b>7</b>

### Störvariablen

Allgemeine und individuelle Faktoren, die neben der Geruchsbelastung [Einflussvariable – hier: Wahrnehmungshäufigkeit in % Geruchsstunden / Jahr] die Geruchsbelastung [Zielvariable–hier: 4 binäre Belästigungsmaße] beeinflussen, werden bei der statistischen Analyse als „Störvariablen“ bezeichnet, weil sie den in Frage stehenden Zusammenhang zwischen Einfluss- und Zielvariable überdecken können. Bei den durchgeführten Analysen können natürlich nur die bekannten Störgrößen in der Weise, wie sie im Fragebogen erfasst wurden, berücksichtigt werden. Die Möglichkeit einer verzerrten Darstellung aufgrund von Gebietsunterschieden ist auch mit einer Störgrößenkorrektur nicht ganz auszuschließen. Der Einfluss der Geruchsbelastung erscheint immer dann zu groß, wenn wichtige Störgrößen, die im Untersuchungsgebiet unterschiedlich



verteilt sind, unerkant bleiben. Er erscheint zu klein, wenn Variablen als Störgrößen einbezogen werden, die ihrerseits durch die Geruchsbelastung beeinflusst werden. Die einfachen Zusammenhänge zwischen den möglichen Störvariablen (Tabelle 5) und der Geruchsbelästigung auf der einen Seite sowie der Geruchsbelastung durch Anlagengerüche auf der anderen Seite waren Grundlage für die Festlegung der Regressionsmodelle. Wie den Tabellen im Anhang H zu entnehmen ist, zeigen alle Störgrößen signifikante Zusammenhänge mit der Geruchsbelastung und / oder einem der vier Belästigungsmaße.

Tabelle 5: Erläuterung der Störgrößen

- Lärmbelästigung (allgemein: Verkehr, Industrie, etc.: Thermometerskala [0-10])
- Wohndauer [1: weniger als 1 Jahr, 2: 1-3 J., 3: 4-10 J., 4: mehr als 10 Jahre]
- Wohnqualität [1: ganz ausgezeichnet, 2: gut, 3: etwas über dem Durchschnitt, 4: schlecht, 5: sehr schlecht]
- Wohnverhältnisse-1 (1-Eigentum vs. 0-Miete),
- Wohnverhältnisse-2 (1-Einfamilienhaus vs. 0-Mehrfamilienhaus)
- Dauer der tägliche Anwesenheit zu Hause [Stunden],
- Gesundheitsunzufriedenheit [1: sehr zufrieden, 2: ziemlich zufrieden, 3: mittelmäßig zufrieden, 4: wenig zufrieden, 5: nicht zufrieden]
- Raucher [1-Nein vs. 2-Ja]
- Geschlecht [1-Männer vs. 2-Frauen]
- Alter [1: 18-29, 2: 30-39, 3: 40-49, 4: 50-59, 5: 60 Jahre und älter]
- Familienstand [0-ledig, geschieden, verwitwet vs. 1-verheiratet, eheähnliche Gemeinschaft]
- Schulbildung [1: Hauptschule, 2: Realschule, 3: Abitur]

### **Ergebnisse der logistischen Regressionsanalysen**

Zuerst wird der Zusammenhang zwischen der Geruchsbelastung und der Belästigungsreaktion der Anwohner unter Berücksichtigung der ausgewählten Störgrößen mit dem logistischen Regressionsansatz geprüft. Als Geruchsbelastung geht hier die bisher verwendete Wahrnehmungshäufigkeit, berechnet nach dem Geruchsstundenkonzept, ein. Die Regressionsanalysen werden nach dem folgenden Modell gerechnet: *Belästigung = Belastung + Störgrößen*.

In einem zweiten Schritt wird geprüft, ob die Unterscheidung zwischen „angenehmen“, „neutralen“ und „unangenehmen“ Gerüchen eine Rolle spielt und bei der weiteren Auswertung berücksichtigt werden muss. Anhand der Abbildung 42 ist zu vermuten, dass ein deutlicher Unterschied in der Belästigungswirkung bei den „angenehmen“ und den „unangenehmen“ / „neutralen“ Geruchquellen besteht, aber dass sich die „neutralen“ und die „unangenehmen“ Anlagengerüche nicht dahingehend unterscheiden.

Dazu wurden zwei Hilfs-Variablen zusätzlich in das Modell aufgenommen. Bei der einen Variable (Hedonik-ang.) wurden die „angenehmen“ Anlagengerüche (Zwieback & Bonbon) mit „1“ codiert, die übrigen mit „0“. Bei der anderen Variable (Hedonik-una.) wurden die „unangenehmen“ Anlagengerüche (Gießerei & Fett/Waschmittel) mit „1“ codiert, die übrigen mit „0“. Das logistische Regressionsmodell lautet:

$$\text{Belästigung} = \text{Belastung} + \text{Störgrößen} + \text{Hedonik-ang.} * \text{Belastung} + \text{Hedonik-una.} * \text{Belastung}$$

Anschließend wird untersucht, ob die Vorhersage der Belästigungsreaktion der Anwohner verbessert werden kann, wenn man einen anderen als den bisher verwendeten Belastungsparameter verwendet. Zum einen werden andere Wahrnehmungshäufigkeitsmaße geprüft, zum anderen wird die Berücksichtigung der Intensität und der Hedonik anstatt der Wahrnehmungshäufigkeit oder in Kombination mit dieser betrachtet. Als Maß für die Verbesserung des Regressionsmodells, wenn weitere oder andere Belastungsparameter verwendet werden, dient der Parameterschätzer der Belastungsvariablen, der sich im Vergleich zum vorhergehenden Regressionsmodells um 10% erhöhen sollte.

### Geruchsbelästigung in Abhängigkeit von der Wahrnehmungshäufigkeit der Gerüche

Zunächst werden kurz die Ergebnisse der vier logistischen Regressionsanalysen dargestellt, die nach dem folgenden Modell gerechnet wurden:

- |  |   |   |
|--|---|---|
| 1. Belästigte<br>[Thermometerwerte > 0]            | = | Belastung [Log2-Häufigkeit + Störgrößen<br>(% Geruchsstunden / Jahr)] |
| 2. stark Belästigte<br>[Thermometerwerte > 3]      | = | Belastung [Log2-Häufigkeit + Störgrößen<br>(% Geruchsstunden / Jahr)] |
| 3. stark Belästigte<br>[Thermometerwerte > 6]      | = | Belastung [Log2-Häufigkeit + Störgrößen<br>(% Geruchsstunden / Jahr)] |
| 4. 'unzumutbar' Belästigte<br>[Unzumutbarkeit = 1] | = | Belastung [Log2-Häufigkeit + Störgrößen<br>(% Geruchsstunden / Jahr)] |

In Tabelle 6 sind die Parameterschätzer für die Belastungsvariable mit der zugehörigen Irrtumswahrscheinlichkeit (p-Wert) dargestellt, sowie die 10% Erhöhung des Parameterschätzer, welches als Maß für die Verbesserung der nachfolgenden Regressionsmodelle, in denen der Einfluss der Hedonik getestet werden soll, verwendet wird. Eine ausführlichere Darstellung der Ergebnisse der logistischen Regressionsanalysen ist im Anhang G wiedergegeben.

Tabelle 6: Ergebnisse der logistischen Regressionsanalysen zum Zusammenhang zwischen der Wahrnehmungshäufigkeit der Gerüche und der Belästigungsreaktion der Anwohner unter Berücksichtigung der Störgrößen (Gesamtgruppe)

<b>Belästigung</b>	<b>Parameterschätzer der Belastung</b>	<b>p-Wert</b>	<b>10%-Erhöhung</b>
<b>Belästigte:</b> Thermometerwerte > 0	0,46	p < 0.000	0,51
<b>stark Belästigte:</b> Thermometerwerte > 3	0,62	p < 0.000	0,68
<b>sehr stark Belästigte:</b> Thermometerwerte > 6	0,65	p < 0.000	0,71
<b>‘unzumutbar‘ Belästigte:</b> Unzumutbarkeit = 1	0,59	p < 0.000	0,65

Bei allen vier Regressionsanalysen findet man einen statistisch bedeutsamen Zusammenhang zwischen der Geruchsbelastung und der Belästigungsreaktion der Anwohner. Zusätzlich ergeben sich statistisch bedeutsame Ergebnisse für die Störgrößen „Lärmbelästigung“, „Wohndauer“, „Wohnqualität“, „Wohnverhältnisse-1 (Eigentum vs. Miete)“, „Wohnverhältnisse-2 (Ein- vs. Mehrfamilienhaus)“, und „Alter“. Im folgenden werden vier logistische Regressionsanalysen dargestellt, in denen der Einfluss der Hedonik in der Gesamtgruppe anhand der Unterscheidung zwischen „angenehmen“, „neutralen“ und „unangenehmen“ Anlagengerüche mit den Hilfs-Variablen „Hedonik-ang.“ und „Hedonik-una.“ überprüft wurde. Die logistischen Regressionsanalysen wurden nach dem folgenden Modell gerechnet:

1. Belästigte = Belastung [Log2-Häufigkeit + Störgrößen  
 [Thermometerwerte > 0] (% Geruchsstunden / Jahr) + Hed-ang. x Belastung  
 + Hed-una. x Belastung
  
2. stark Belästigte = Belastung [Log2-Häufigkeit + Störgrößen  
 [Thermometerwerte > 3] (% Geruchsstunden / Jahr) + Hed-ang. x Belastung  
 + Hed-una. x Belastung

3. stark Belästigte = Belastung [Log2-Häufigkeit + Störgrößen  
 [Thermometerwerte > 6] (% Geruchsstunden / Jahr) + Hed-ang. x Belastung  
 + Hed-una. x Belastung
4. 'unzumutbar' Belästigte = Belastung [Log2-Häufigkeit + Störgrößen  
 [Unzumutbarkeit = 1] (% Geruchsstunden / Jahr) + Hed-ang. x Belastung  
 + Hed-una. x Belastung

In Tabelle 7 sind die Parameterschätzer für die Belastungsvariable und die zwei Hilfsvariablen mit der zugehörigen Irrtumswahrscheinlichkeit (p-Wert) dargestellt. Eine ausführlichere Darstellung der Ergebnisse der logistischen Regressionsanalysen ist im Anhang G wiedergegeben.

Tabelle 7: Ergebnisse der logistischen Regressionsanalysen zum Zusammenhang zwischen der Wahrnehmungshäufigkeit der Gerüche und der Belästigungsreaktion der Anwohner unter Berücksichtigung der Störgrößen und der Hedonik (Gesamtgruppe)

Belästigung	Parameterschätzer mit p-Wert Belastung	Parameterschätzer der Hilfsvariablen mit p-Wert	
		Hedonik-ang.: angenehm vs. neutral / unang.	Hedonik-una.: unangenehm vs. neutral
<b>Belästigte:</b> Thermometer- werte > 0	0,80 p < 0.0001	- 0,09 p < 0.0001	- 0,00 p = 0, 98 (n.s.)
<b>stark Belästigte:</b> Thermometer- werte > 3	1,08 p < 0.0001	- 0,13 p < 0.0001	- 0,02 p = 0,11 (n.s.)
<b>'highly annoyed':</b> Thermometer- werte > 6	1,15 p < 0.0001	- 0,18 p < 0.0001	- 0,03 p = 0,053 (n.s.)
<b>'unzumutbar'</b> <b>Belästigte:</b> Frage-Nr. 16 = 1	1,02 p < 0.0001	- 0,29 p < 0.0001	- 0,02 p = 0,22 (n.s.)

Bei allen vier Regressionsanalysen findet man einen statistisch bedeutsamen Zusammenhang zwischen der Geruchsbelastung und der Belästigungsreaktion der Anwohner.

Die Unterscheidung zwischen angenehmen und unangenehmen/neutralen Gerüchen (Hedonik-ang.) ist ebenfalls ein durchgehend signifikanter Einflussparameter in negativer Richtung, d.h. die Belästigungsreaktion der Anwohner ist in der Umgebung

der beiden angenehmen Geruchsquellen geringer als in der Umgebung der vier unangenehmen/neutralen Geruchsquellen. Allerdings ist dieser Einfluss, wie man anhand der Größe des Parameterschätzers erkennen kann, nur gering ausgeprägt.

Die weitere Unterscheidung von unangenehmen und neutralen Gerüchen (Hedonik-una.) führt jedoch nicht zu signifikanten Ergebnissen.

Auch hier ergeben sich statistisch bedeutsame Ergebnisse für die Störgrößen „Lärmbelästigung“, „Wohndauer“, „Wohnqualität“, „Wohnverhältnisse-1 (Eigentum vs. Miete)“, „Wohnverhältnisse-2 (Ein- vs. Mehrfamilienhaus)“, und „Alter“ und zusätzlich noch für die Störgröße „Rauchen“.

Insgesamt gesehen führt die Berücksichtigung der Hedonik auf der Basis der Unterscheidung der sechs Anlagen zu einer Verbesserung der Vorhersage der Belästigungswirkung. Der Parameterschätzer der Belastung wird jedes Mal um mehr als 10% erhöht.

Aufgrund dieses Ergebnisses und der Tatsache, dass die „neutralen“ Anlagengerüche der Ölmühle zu einer stärkeren Belästigungsreaktion führen, als die „unangenehmen“ Gießereigerüche oder die Fett-/Waschmittelgerüche und dadurch dass die „neutralen“ Anlagengerüche von den Anwohnern überwiegend als unangenehm eingestuft werden, wurden im weiteren Verlauf der Auswertungen getrennte Regressionsanalysen für die Gruppe der „angenehmen“ Anlagengerüche (Zwieback & Bonbon) und für die „unangenehmen/neutralen“ Anlagengerüche (Ölmühle, Textil, Gießerei & Fett/Waschmittel) durchgeführt.

#### Geruchsbelästigung in Abhängigkeit von der Wahrnehmungshäufigkeit der „unangenehmen“ Anlagengerüche

Hier wird das Ergebnis der vier logistischen Regressionsanalysen dargestellt, in denen jeweils eines der vier Belästigungsmaße als abhängige Variable zusammen mit den Störgrößen und der Belastung als Wahrnehmungshäufigkeit (% Geruchsstunden / Jahr) eingingen. Die ausführliche tabellarische Darstellung der Ergebnisse dieser logistischen Regressionsanalysen ist im Anhang G zu sehen. In Tabelle 8 sind die Parameterschätzer für die Belastungsvariable mit der zugehörigen Irrtumswahrscheinlichkeit (p-Wert) dargestellt, sowie die 10% Erhöhung des Parameterschätzers, welches als Maß für die Verbesserung der nachfolgenden Regressionsmodelle, in denen alternative Belastungsmaße getestet werden, verwendet wird.

Tabelle 8: Ergebnisse der logistischen Regressionsanalysen zum Zusammenhang zwischen der Wahrnehmungshäufigkeit der Gerüche („unangenehme“ Anlagengerüche) und der Belästigungsreaktion der Anwohner unter Berücksichtigung der Störgrößen

Belästigung	Parameterschätzer der Belastung	p-Wert	10%-Erhöhung
<b>Belästigte:</b> Thermometerwerte > 0	0,75	p < 0.000	0,83
<b>stark Belästigte:</b> Thermometerwerte > 3	0,92	p < 0.000	1,01
<b>sehr stark Belästigte:</b> Thermometerwerte > 6	0,95	p < 0.000	1,05
<b>‘unzumutbar’ Belästigte:</b> Unzumutbarkeit = 1	0,89	p < 0.000	0,98

Wie man in den Abbildungen 47 bis 50 mit Hilfe der Darstellung der „Odds-Ratios“ erkennen kann, findet man bei allen vier Regressionsanalysen einen statistisch bedeutsamen Zusammenhang zwischen der Geruchsbelastung und der Belästigungsreaktion.

Im Rahmen des ersten Modells (Abbildung 47) zeigt sich ein signifikanter Einfluss der Wahrnehmungshäufigkeit auf die Belästigungsreaktion der Anwohner.

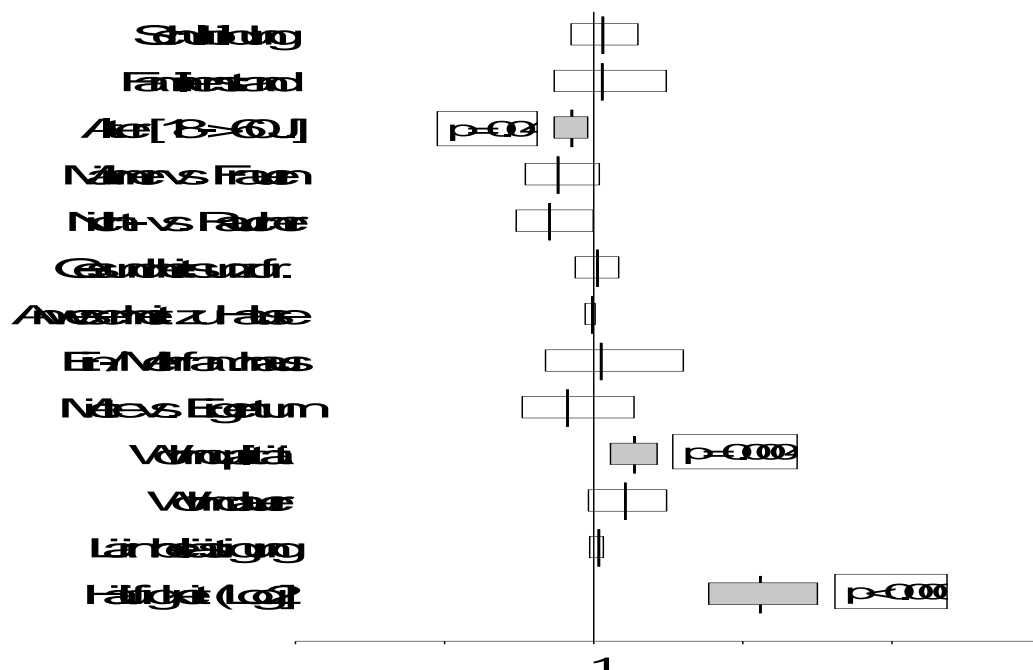


Abb. 47: Ergebnisdarstellung der logistischen Regressionsanalyse zum Einfluss der Wahrnehmungshäufigkeit der „unangenehmen“ Anlagengerüche auf die Belästigungsreaktion der Anwohner (*Belästigte: Thermometerwerte>0*) unter Berücksichtigung von Störgrößen

Für die Effektgröße der Geruchsbelastung bedeutet dies, dass eine Verdopplung der Wahrnehmungshäufigkeit (% Geruchsstunden / Jahr) zu einer Verdopplung der Anzahl an Belästigten (Odds-Ratio = 2,12) führt. Zusätzlich ergibt sich ein statistisch bedeutsames Ergebnis für die Störgrößen „Wohnqualität“ ( $p = 0.0004$ ) und „Alter“ ( $p = 0.04$ ), d.h. jüngere Anwohner, die die Wohnqualität als schlecht beurteilen, fühlen sich bei gleicher Belastung stärker belästigt.

Auch im Rahmen des zweiten Modells (Abbildung 48) zeigt sich ein signifikanter Einfluss der Wahrnehmungshäufigkeit auf die Belästigungsreaktion der Anwohner. Für die Effektgröße der Geruchsbelastung bedeutet dies, dass eine Verdopplung der Wahrnehmungshäufigkeit (% Geruchsstunden / Jahr) zu einer Erhöhung der Anzahl an stark Belästigten um das 2,5-fache (Odds-Ratio = 2,50) führt. Zusätzlich ergibt sich ein statistisch bedeutsames Ergebnis für die Störgrößen „Lärmbelästigung“ ( $p = 0.002$ ), „Wohnqualität“ ( $p = 0.004$ ) und „Alter“ ( $p = 0.05$ ), d.h. jüngere Anwohner, die die Wohnqualität als schlecht beurteilen und sich durch Lärm belästigt fühlen, sind bei gleicher Belastung stärker belästigt.

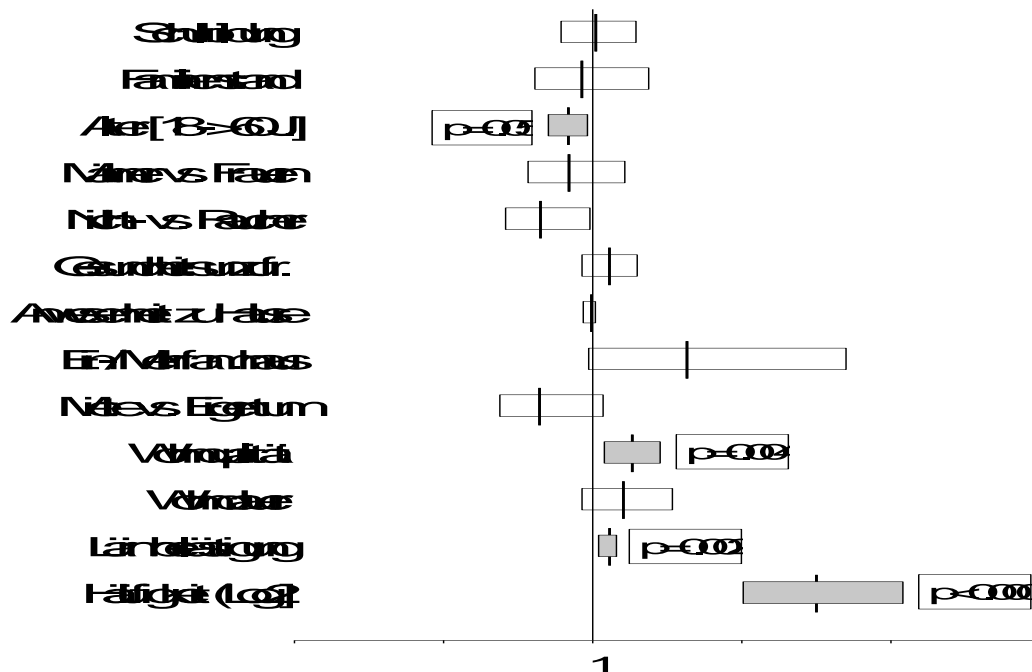


Abb. 48: Ergebnisdarstellung der logistischen Regressionsanalyse zum Einfluss der Wahrnehmungshäufigkeit der „unangenehmen“ Anlagengerüche auf die Belästigungsreaktion der Anwohner (*stark Belästigte: Thermometerwerte > 3*) unter Berücksichtigung von Störgrößen

Im Hinblick auf die Zahl der sogenannten „highly annoyed“ (Abbildung 49) zeigt sich ebenfalls ein signifikanter Einfluss der Häufigkeit auf die Belästigungsreaktion. Für die Effektgröße der Geruchsbelastung bedeutet dies, dass eine Verdopplung der Häufigkeit (% Geruchsstunden / Jahr) zu einer Erhöhung der Anzahl an sehr stark Belästigten um das 2,6-fache (Odds-Ratio = 2,59) führt. Zusätzlich ergibt sich ein statistisch bedeutsames Ergebnis für die Störgrößen „Lärmbelästigung“ ( $p = 0.004$ ) und „Wohnqualität“ ( $p < 0.000$ ), d.h. Anwohner, die die Wohnqualität als schlecht beurteilen und sich durch Lärm belästigt fühlen, sind bei gleicher Belastung stärker belästigt.

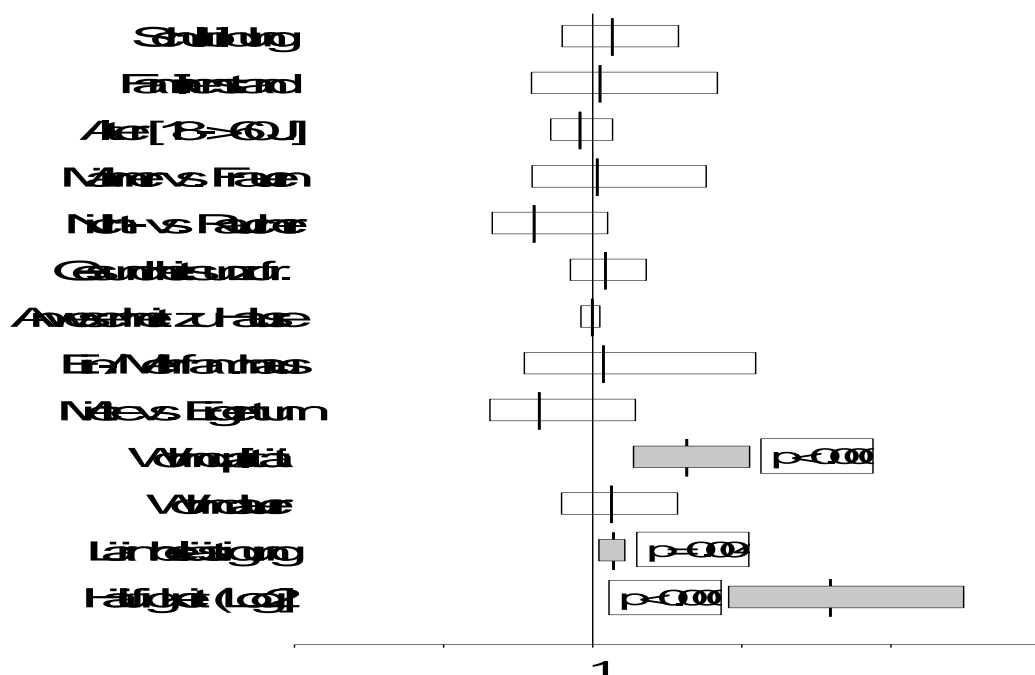


Abb. 49: Ergebnisdarstellung der logistischen Regressionsanalyse zum Einfluss der Wahrnehmungshäufigkeit der „unangenehmen“ Anlagengerüche auf die Belästigungsreaktion der Anwohner (*sehr stark Belästigte: Thermometerwerte > 6*) unter Berücksichtigung von Störgrößen

Auch bei der Häufigkeit von Unzumutbarkeitsurteilen (Abbildung 50) zeigt sich ein signifikanter Einfluss der Geruchsbelastung. Für die Effektgröße bedeutet dies, dass eine Verdopplung der Häufigkeit (% Geruchsstunden / Jahr) zu einer Erhöhung der Anzahl an 'unzumutbar' Belästigten um das 2,4-fache (Odds-Ratio = 2,43) führt. Zusätzlich ergibt sich ein statistisch bedeutsames Ergebnis für die Störgrößen „Wohnqualität“ ( $p = 0.001$ ) und „Wohnverhältnisse-1 (Eigentum vs. Miete)“ ( $p = 0.04$ ), d.h.



Anwohner, die die Wohnqualität als schlecht beurteilen und im Eigentum wohnen, fühlen sich bei gleicher Belastung stärker belästigt.

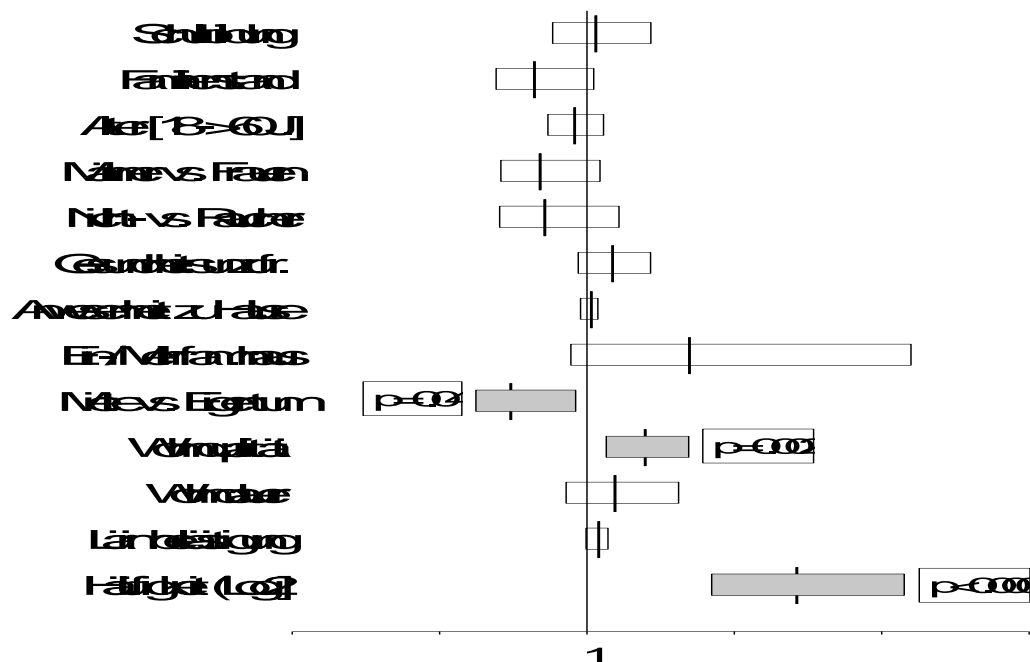


Abb. 50: Ergebnisdarstellung der logistischen Regressionsanalyse zum Einfluss der Wahrnehmungshäufigkeit der „unangenehmen“ Anlagengerüche auf die Belästigungsreaktion der Anwohner (*'unzumutbar' Belästigte: Unzumutbarkeit = 1*) unter Berücksichtigung von Störgrößen

In Abbildung 51 wird die mit Hilfe des logistischen Regressionsmodells für die vier signifikanten Belästigungsmaße errechnete Zunahme an Belästigten in Abhängigkeit von der Geruchsbelastung als Kurve dargestellt. Wie bereits weiter oben dargelegt, wurden hierbei die ermittelten Regressionskoeffizienten sowie die auf mittleren Störgrößeneinfluss standardisierten Störgrößen in die Formel eingesetzt und dann der Anteil an Belästigten für jede Belastungsstufe berechnet.

Man erkennt, dass der Anteil an Belästigten in Abhängigkeit von der Geruchsbelastung ansteigt. Bei einer Häufigkeit von 10% (Geruchsstunden/Jahr) geben 28% an, belästigt zu sein (Thermometerwerte: 1-10), 17% sagen, sie seien stark belästigt (Thermometerwerte: 4-10), 7% fühlen sich sehr stark belästigt (Thermometerwerte: 7-10) und 8% halten die Belästigung für unzumutbar (Unzumutbarkeit = 1).

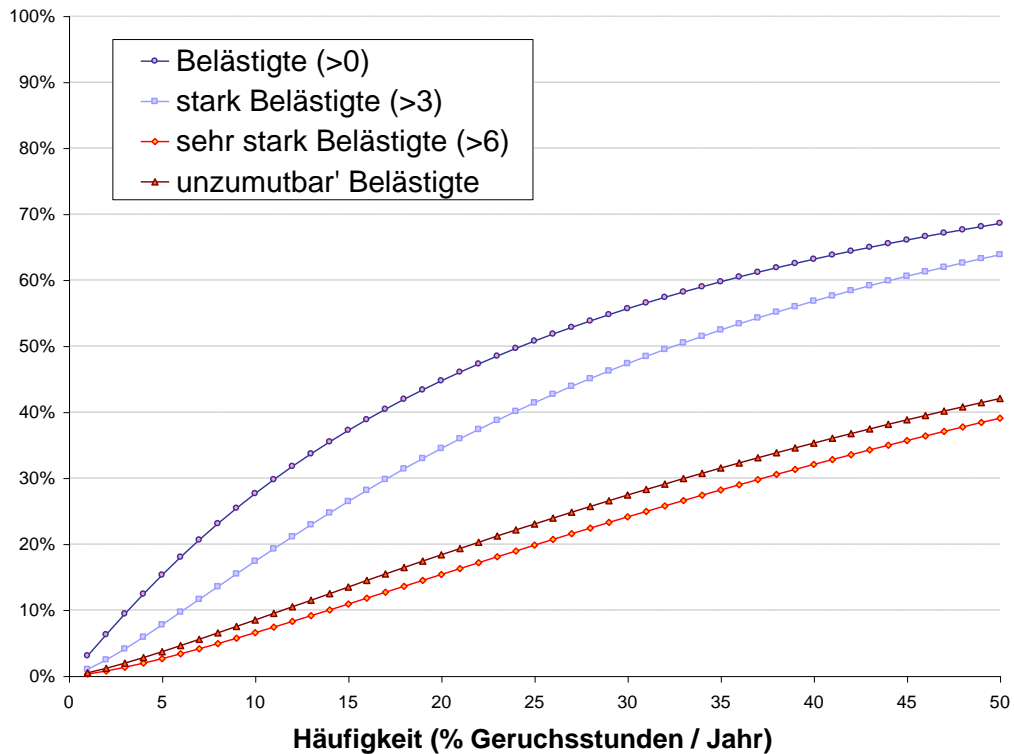


Abb. 50: Darstellung des prozentualen Anteils an Belästigten nach Adjustierung für die Störgrößen in Abhängigkeit von der Geruchsbelastung (Häufigkeit)

Geruchsbelästigung in Abhängigkeit von der Wahrnehmungshäufigkeit der „angenehmen“ Anlagengerüche

Da in dieser Teilgruppe insgesamt nur 5 Anwohner sehr stark belästigt waren und nur 1 Anwohner die Geruchsbelästigung als unzumutbar einstufte, beziehen sich die folgenden Regressionsmodelle ausschließlich auf das 1. und 2. Belästigungsmaß als Zielgröße.

Hier wird das Ergebnis der zwei logistischen Regressionsanalysen dargestellt, in denen jeweils eines der zwei Belästigungsmaße als abhängige Variable zusammen mit den Störgrößen und der Belastung als Wahrnehmungshäufigkeit (% Geruchsstunden / Jahr) eingingen. Die ausführliche tabellarische Darstellung der Ergebnisse dieser logistischen Regressionsanalysen ist im Anhang G zu sehen. In Tabelle 9 sind die Parameterschätzer für die Belastungsvariable mit der zugehörigen Irrtumswahrscheinlichkeit (p-Wert) dargestellt, sowie die 10% Erhöhung des Parameterschätzers, welches als Maß für die Verbesserung der nachfolgenden Regressionsmodelle, in denen alternative Belastungsmaße getestet werden, verwendet wird.

Tabelle 9: Ergebnisse der logistischen Regressionsanalysen zum Zusammenhang zwischen der Wahrnehmungshäufigkeit der Gerüche („angenehme“ Anlagengerüche) und der Belästigungsreaktion der Anwohner unter Berücksichtigung der Störgrößen

<b>Belästigung</b>	<b>Parameterschätzer der Belastung</b>	<b>p-Wert</b>	<b>10%-Erhöhung</b>
<b>Belästigte:</b> Thermometerwerte > 0	0,45	p = 0.02	0,49
<b>stark Belästigte:</b> Thermometerwerte > 3	0,99	p = 0.004	1,09

Beim zweiten Regressionsmodell zur Vorhersage der stark Belästigten (Thermometerwerte > 3) wurde die Störvariable „Wohnverhältnisse -2“ nicht miteinbezogen, da in der Gruppe der stark Belästigten kein Anwohner in einem Einfamilienhaus wohnte.

Wie man in den Abbildungen 52 und 53 mit Hilfe der Darstellung der „Odds-Ratios“ erkennen kann, findet man bei beiden Regressionsanalysen einen statistisch bedeutsamen Zusammenhang zwischen der Geruchsbelastung und der Belästigung.

Im Rahmen des ersten Modells (Abbildung 52) zeigt sich ein signifikanter Einfluss der Wahrnehmungshäufigkeit auf die Belästigungsreaktion der Anwohner. Für die Effektgröße der Geruchsbelastung bedeutet dies, dass eine Verdopplung der Wahrnehmungshäufigkeit (% Geruchsstunden / Jahr) zu einer Erhöhung der Anzahl an Belästigten um das 1,6-fache (Odds-Ratio = 1,57) führt. Zusätzlich ergibt sich ein statistisch bedeutsames Ergebnis für die Störgrößen „Wohndauer“ (p = 0.03), „Wohnverhältnisse-1 (Miete vs. Eigentum)“ (p = 0.01) und „Alter“ (p = 0.02), d.h. jüngere Anwohner, die im Eigentum wohnen und seit längerer Zeit in der Umgebung des „angenehmen“ Emittenten leben, fühlen sich bei gleicher Belastung stärker belästigt.

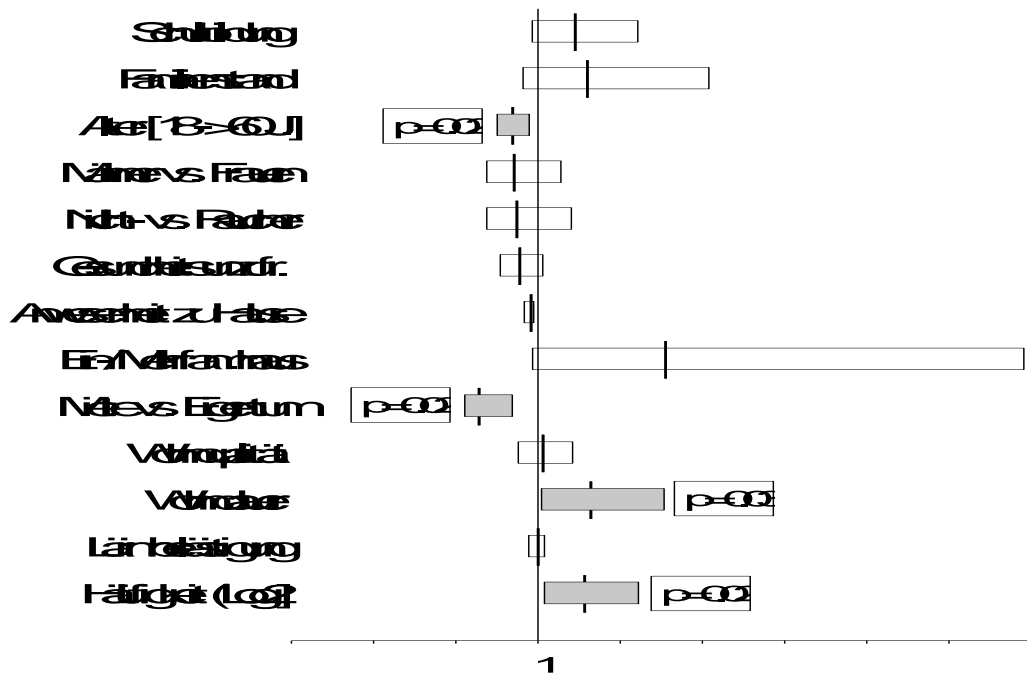


Abb. 52: Ergebnisdarstellung der logistischen Regressionsanalyse zum Einfluss der Wahrnehmungshäufigkeit der „angenehmen“ Anlagengerüche auf die Belästigungsreaktion der Anwohner (*Belästigte: Thermometerwerte > 0*) unter Berücksichtigung von Störgrößen

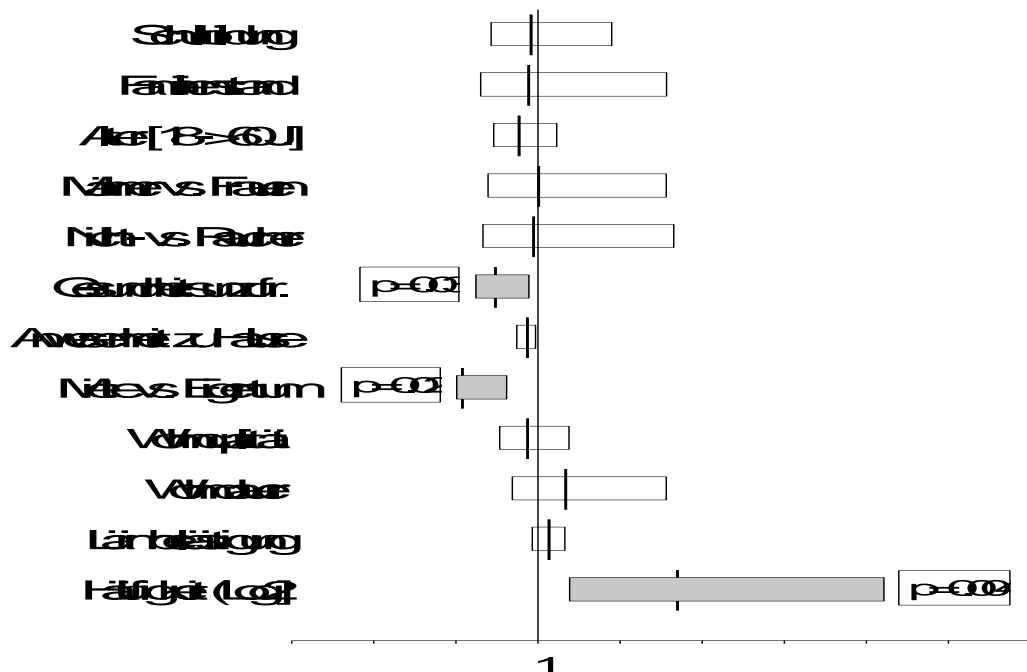


Abb. 53: Ergebnisdarstellung der logistischen Regressionsanalyse zum Einfluss der Wahrnehmungshäufigkeit der „angenehmen“ Anlagengerüche auf die Belästigungsreaktion der Anwohner (*stark Belästigte: Thermometerwerte > 3*) unter Berücksichtigung von Störgrößen

Auch im Rahmen des zweiten Modells (Abbildung 53) zeigt sich ein signifikanter Einfluss der Wahrnehmungshäufigkeit auf die Belästigungsreaktion der Anwohner. Für die Effektgröße der Geruchsbelastung bedeutet dies, dass eine Verdopplung der Wahrnehmungshäufigkeit (% Geruchsstunden / Jahr) zu einer Erhöhung der Anzahl an stark Belästigten um das 2,7-fache (Odds-Ratio = 2,70) führt. Zusätzlich ergibt sich ein statistisch bedeutsames Ergebnis für die Störgrößen „Wohnverhältnisse-1 (Miete vs. Eigentum“ ( $p = 0.02$ ) und „Gesundheitsunzufriedenheit“ ( $p = 0.03$ ), d.h. Anwohner, die im Eigentum wohnen und mit ihrer Gesundheit nicht zufrieden sind, fühlen sich bei gleicher Belastung stärker belästigt.

In Abbildung 54 wird die mit Hilfe des logistischen Regressionsmodells für die beiden signifikanten Belästigungsmaße errechnete Zunahme an Belästigten in Abhängigkeit von der Geruchsbelastung als Kurve dargestellt. Auch hierbei wurden die ermittelten Regressionskoeffizienten sowie die auf mittleren Störgrößeneinfluss standardisierten Störgrößen in die Formel eingesetzt und dann der Anteil an Belästigten für jede Belastungsstufe berechnet.

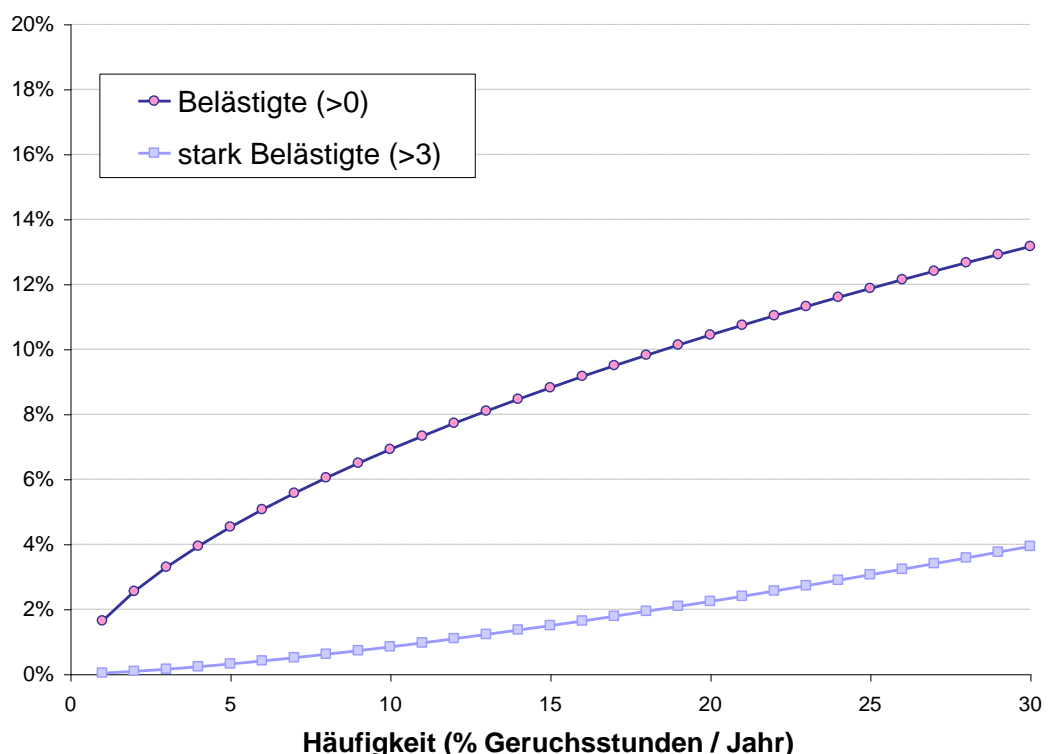


Abb. 54: Darstellung des prozentualen Anteils an Belästigten nach Adjustierung für die Störgrößen in Abhängigkeit von der Geruchsbelastung (Häufigkeit)

Man erkennt, dass der Anteil an Belästigten in Abhängigkeit von der Geruchsbelastung ansteigt. Bei einer Häufigkeit von 10% (Geruchsstunden/Jahr) geben 7% an, belästigt zu sein (Thermometerwerte: 1-10), 1% sagen, sie seien stark belästigt (Thermometerwerte: 4-10).

#### Geruchsbelästigung in Abhängigkeit anderer Belastungsmaße

Um zu prüfen, ob die Vorhersage der Belästigungsreaktion der Anwohner besser gelingt, wenn ein anderes Belastungsmaß verwendet wird, wurden zum einen andere Häufigkeitsmaße definiert, zum anderen die Intensität und die Hedonik als Maß für die Geruchsbelastung eingesetzt. Auch hier dient der Parameterschätzer der Belastungsvariablen als Prüfmaß für die Verbesserung des Regressionsmodells.

Als alternatives Maß für die Wahrnehmungshäufigkeit wurde einmal, in Anlehnung an das Geruchsstundenkonzept, die Definition der Geruchsstunde so gewählt, dass mindestens 1 Takt während der 10-minütigen Einzelmessung mit Geruch belegt sein musste (Geruchsstundenkonzept: > 0 Takte mit Geruch). Dann wurde die Anzahl der Takte mit Geruch (Minimum: 1, Maximum: 60) gezählt und durch die Anzahl der Takte, die während der halbjährlichen Rasterbegehung gemessen wurden (52 bzw.  $104 * 60$ ), geteilt (Prozent Takte mit Geruch). Beide Maße wurden als logarithmierte Werte ( $\log_2$ ) in die Regressionsmodelle aufgenommen.

Als nächstes wurde die Intensität als Belastungsmaß gewählt. Dabei wurden einmal bei der Berechnung der geometrisch gemittelten Flächenwerte nur die Beurteilungen miteinbezogen, wenn die Einzelmessung eine Geruchsstunde ergab (Intensität-1: Geruchsstunde), oder es wurden alle Beurteilungen berücksichtigt (Intensität-2: Takte). Als Intensitätsmaß ging sowohl die Bewertung des durchschnittlichen, als auch des stärksten Eindrucks in die Auswertung ein.

Zusätzlich wurden die Spitzenintensitäten mit Hilfe der beiden neu gebildeten Maße (Index-1 (deutlich) und Index-2 (stark); siehe Seite 13) berücksichtigt. Auch hier wurden einmal alle Takte oder aber nur die Takte, für die die Einzelmessung eine Geruchsstunde ergab, gezählt. Daraus ergeben sich vier Werte: Index-1-Geruchsstunde, Index-1-Takte, Index-2-Geruchsstunde, Index-2-Takte. Um als Belastungsmaß in der Regressionsanalyse Verwendung zu finden, wurden zwei Definitionen gewählt.

Um ein Maß dafür zu haben, wie häufig *intensive* Gerüche im Vergleich zur Wahrnehmbarkeit der Gerüche auftreten, wurde der Index durch die Zahl der Geruchsstunden ( $GS > 5$ ) bzw. durch die Zahl der Einzelmessungen mit Geruch ( $GS > 0$ ) geteilt. Um ein Maß für die Intensität zu haben, das vergleichbar ist mit dem Geruchsstundenkonzept, wurde der Index durch die Zahl der Begehungen (52 oder 104) bzw. durch die Anzahl der Takte (52 bzw.  $104 * 60$ ) geteilt.

Alle vier Maße gingen als logarithmierte Werte ( $\log_2$ ) in die Regressionsmodelle ein.

Auch die Hedonik wurde als Belastungsmaß geprüft. Dabei wurden einmal bei der Berechnung der geometrisch gemittelten Flächenwerte nur die Beurteilungen miteinbezogen, wenn die Einzelmessung eine Geruchsstunde ergab (Hedonik-1: Geruchsstunde), oder es wurden alle Beurteilungen berücksichtigt (Hedonik -2: Takte). Als Hedonikmaß ging sowohl die Bewertung des durchschnittlichen, als auch des angenehmsten und des unangenehmsten Eindrucks in die Auswertung ein.

Zusätzlich wurde auch noch die Kombination dieser Belastungsmaße, d.h. Häufigkeit & Intensität, Häufigkeit & Hedonik, Häufigkeit & Intensität & Hedonik, in den logistischen Regressionsmodellen berücksichtigt.

Die Tabelle 7 gibt einen Überblick über die verschiedenen Belastungsmaße, die in den Regressionsmodellen verwendet wurden.

#### Tabelle 7: Belastungsmaße

0. bisheriges Belastungsmaß: Wahrnehmungshäufigkeit nach dem Geruchsstundenkonzept:  $> 5$  Takte mit Geruch

#### Häufigkeit:

1. Geruchsstundenkonzept:  $> 0$  Takte mit Geruch
2. Prozent Takte mit Geruch

#### Intensität:

3. Intensität-1: Geruchsstunde (durchschnittlicher Eindruck)
4. Intensität-1: Geruchsstunde (stärkster Eindruck)
5. Intensität-2: Takte (durchschnittlicher Eindruck)
6. Intensität-2: Takte (stärkster Eindruck)
7. Index-1-Geruchsstunde (geteilt durch Anzahl Geruchsstunden, wenn  $GS > 5$ )

8. Index-1-Takte (geteilt durch Anzahl Geruchsstunden, wenn GS>0)
9. Index-2-Geruchsstunde (geteilt durch Anzahl Geruchsstunden, wenn GS>5)
10. Index-2-Takte (geteilt durch Anzahl Geruchsstunden, wenn GS>0)
  
11. Index-1-Geruchsstunde (geteilt durch 52 bzw. 104)
12. Index-1-Takte (geteilt durch 52 bzw. 104 mal 60)
13. Index-2-Geruchsstunde (geteilt durch 52 bzw. 104)
14. Index-2-Takte (geteilt durch 52 bzw. 104 mal 60)

Hedonik:

15. Hedonik-1: Geruchsstunde (durchschnittlicher Eindruck)
16. Hedonik-1: Geruchsstunde (angenehmster Eindruck)
17. Hedonik-1: Geruchsstunde (unangenehmster Eindruck)
18. Hedonik-2: Takte (durchschnittlicher Eindruck)
19. Hedonik-2: Takte (angenehmster Eindruck)
20. Hedonik-2: Takte (unangenehmster Eindruck)

Kombinationen:	Geruchsstunde	Takte
Häufigkeit & Intensität	0 + 3	1 + 5
	0 + 4	1 + 6
	0 + 7	1 + 8
	0 + 9	1 + 10
	0 + 11	0 + 12
	0 + 13	0 + 14
Häufigkeit & Hedonik	0 + 15	1 + 18
	0 + 16	1 + 19
	0 + 17	1 + 20
Häufigkeit & Intensität & Hedonik	0 + 3 + 15	1 + 5 + 18
	0 + 4 + 16	1 + 6 + 19
	0 + 4 + 17	1 + 6 + 20

Im Zusammenhang mit der Betrachtung der „unangenehmen“ Anlagengerüche zeigte sich, dass weder andere Häufigkeitsmaße, noch die verschiedenen Intensitäts- oder Hedonikmaße zu einer signifikanten Verbesserung des Zusammenhangs zwischen der Belastung und der Belästigungsreaktion der Anwohner führten.



Bei der Betrachtung der „angenehmen“ Anlagengerüche wurde zusätzlich zur Wahrnehmungshäufigkeit als Belastungsmaß die Intensität (stärkster Eindruck) und die Hedonik (angenehmster Eindruck) als geometrisch gemittelte Flächenwerte (Geruchsstundenkonzept) signifikant und führten zu einer Verbesserung des Zusammenhangs zwischen der Belastung und der Belästigungsreaktion der Anwohner. Dieses Ergebnis soll im folgenden dargestellt werden. Die ausführliche tabellarische Darstellung der Ergebnisse dieser logistischen Regressionsanalysen ist im Anhang G zu sehen. In Tabelle 10 sind die Parameterschätzer für die Belastungsvariablen mit der zugehörigen Irrtumswahrscheinlichkeit (p-Wert) dargestellt.

Tabelle 10: Ergebnisse der logistischen Regressionsanalysen zum Zusammenhang zwischen der Wahrnehmungshäufigkeit, Intensität und Hedonik der Gerüche („angenehme“ Anlagengerüche) und der Belästigungsreaktion der Anwohner unter Berücksichtigung der Störgrößen

<b>Belästigung</b>	<b>Parameterschätzer der Belastung</b>		
	Häufigkeit (% Geruchsstunden / Jahr)	Intensität (stärkster Eindruck)	Hedonik (angenehmster Eindruck)
<b>Belästigte:</b> Thermometer- werte > 0	0,51 p = 0.045	0,41 p = 0.005	-0,64 p = 0.02
<b>stark Belästigte:</b> Thermometer- werte > 3	1,63 p = 0.002	0,56 p = 0.03	-1,21 p = 0.02

Wie man in den Abbildungen 55 und 56 mit Hilfe der Darstellung der „Odds-Ratios“ erkennen kann, findet man bei beiden Regressionsanalysen einen statistisch bedeutsamen Zusammenhang zwischen der Geruchsbelastung (drei Belastungsmaße) und der Belästigungsreaktion.

Im Rahmen des ersten Modells (Abbildung 55) zeigt sich ein signifikanter Einfluss der Wahrnehmungshäufigkeit, der Intensität und der Hedonik auf die Belästigungsreaktion der Anwohner. Für die Effektgröße der Geruchsbelastung bedeutet dies, dass eine Verdopplung der Wahrnehmungshäufigkeit (% Geruchsstunden / Jahr) zu einer Erhöhung der Anzahl an Belästigten um das 1,7-fache (Odds-Ratio = 1,67) führt. Außerdem erkennt man, dass intensive Geruchsseindrücke (maximaler Eindruck) die Belästigungsreaktion der Anwohner fördert, wohingegen angenehme Geruchseindrücke die Belästigungsreaktion mindern.

Zusätzlich ergibt sich ein statistisch bedeutsames Ergebnis für die Störgrößen „Wohndauer“ ( $p = 0.02$ ), „Wohnverhältnisse-1 (Miete vs. Eigentum)“ ( $p = 0.0008$ ), „Wohnverhältnisse-2 (Ein- vs. Mehrfamilienhaus)“ ( $p = 0.03$ ) und „Alter“ ( $p = 0.04$ ), d.h. jüngere Anwohner, die in in einem Einfamilienhaus im Eigentum wohnen und seit längerer Zeit in der Umgebung des „angenehmen“ Emittenten leben, fühlen sich bei gleicher Belastung stärker belästigt.

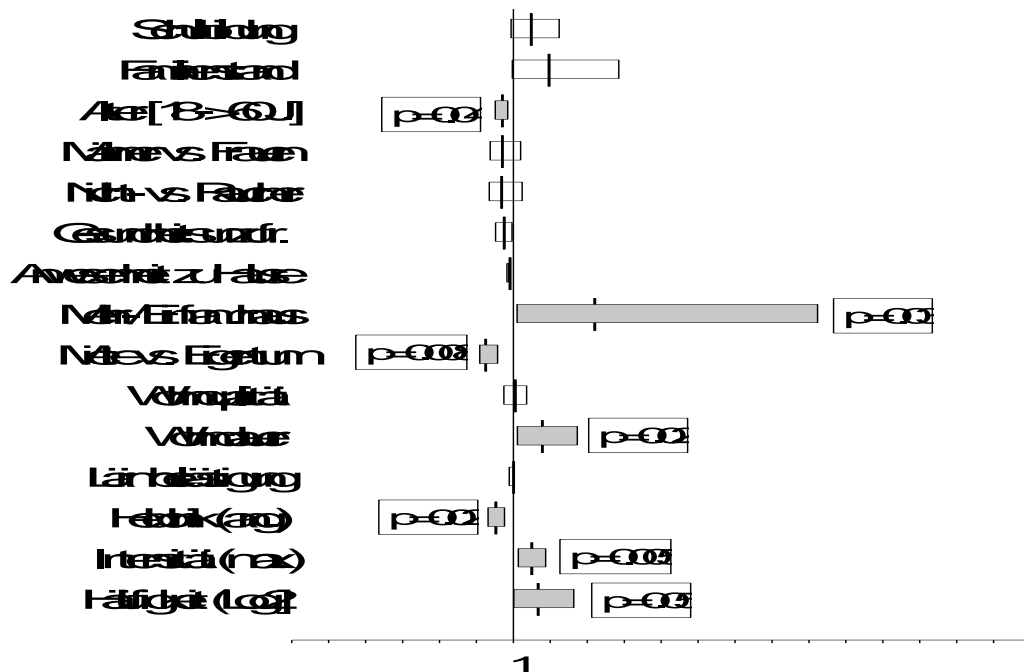


Abb. 52: Ergebnisdarstellung der logistischen Regressionsanalyse zum Einfluss der Wahrnehmungshäufigkeit der „angenehmen“ Anlagengerüche auf die Belästigungsreaktion der Anwohner (*Belästigte: Thermometerwerte > 0*) unter Berücksichtigung von Störgrößen

Auch im Rahmen des zweiten Modells (Abbildung 53) zeigt sich ein signifikanter Einfluss der Wahrnehmungshäufigkeit auf die Belästigungsreaktion der Anwohner. Für die Effektgröße der Geruchsbelastung bedeutet dies, dass eine Verdopplung der Wahrnehmungshäufigkeit (% Geruchsstunden / Jahr) zu einer Erhöhung der Anzahl an stark Belästigten um das 5-fache (Odds-Ratio = 5,13) führt. Auch hier wirken intensive Gerüche fördernd und angenehme Geruchseindrücke mindernd auf die Belästigungsreaktion.

Zusätzlich ergibt sich ein statistisch bedeutsames Ergebnis für die Störgrößen „Wohnverhältnisse-1 (Miete vs. Eigentum)“ ( $p = 0.02$ ) und „Gesundheitsunzufriedenheit“ ( $p = 0.02$ ), d.h. Anwohner, die im Eigentum wohnen und mit ihrer Gesundheit nicht zufrieden sind, fühlen sich bei gleicher Belastung stärker belästigt.

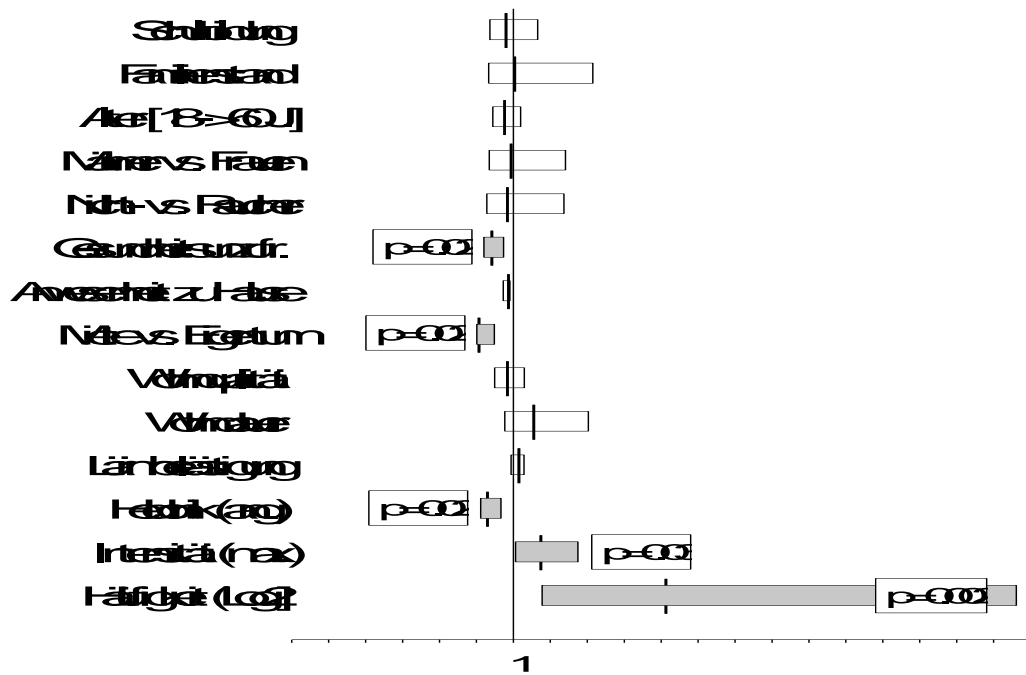


Abb. 53: Ergebnisdarstellung der logistischen Regressionsanalyse zum Einfluss der Wahrnehmungshäufigkeit der „angenehmen“ Anlagengerüche auf die Belästigungsreaktion der Anwohner (*stark Belästigte: Thermometerwerte > 3*) unter Berücksichtigung von Störgrößen

Durch die Berücksichtigung der Intensität und Hedonik in den logistischen Regressionsanalysen lässt sich zeigen, dass auch diese beiden Faktoren einen Einfluss auf die Belästigungsreaktion der Anwohner, die in der Umgebung eines „angenehmen“ Geruchsemittenten wohnen, haben.

Allerdings kann man aufgrund der stärkeren Streuung des Belastungsmaßes „Wahrnehmungshäufigkeit“, was man anhand des größeren Fehlerbalkens erkennen kann, zu dem Schluss kommen, dass dieses Modell nicht besser geeignet ist für die Prognose der Belästigungsreaktion der Anwohner, als die alleinige Verwendung der Wahrnehmungshäufigkeit nach dem Geruchsstundenkonzept.

## Zusammenfassung

Im Allgemeinen wird das Ergebnis von Geruchsbelästigungserhebungen im Zusammenhang mit unterschiedlichen Arten der Expositionserfassung in Form von Expositions-Wirkungs-Beziehungen dargestellt. In verschiedenen Studien konnte durchweg ein statistisch hoch gesicherter positiver Zusammenhang zwischen der Expositionshöhe (mittlere errechnete Geruchsstoffkonzentration oder Häufigkeit von Geruchseignissen in Prozent Jahresstunden mit Geruch) und entweder der Ausprägung der Belästigungsreaktion oder der Häufigkeit „stark“ belästigter Personen gefunden werden. Mit Hilfe von Zusatzkriterien (Symptome, Unzumutbarkeitsurteile, Vergleich mit Lärmwirkungen) wurde versucht, möglichst eindeutige Bewertungskriterien in Form von Immissionswerten abzuleiten. Im Fall der Geruchsbeurteilung wurde der Bereich zwischen 10% und 20% Jahresstunden mit Geruch als in diesem Sinne kritisch vorgeschlagen (STEINHEIDER & WINNEKE, 1992) und in der Geruchs-immissions-Richtlinie (GIRL) NRW berücksichtigt.

Mit den hier vorgestellten Untersuchungen sollte die Frage geprüft werden, ob und ggf. in welchem Maße die Intensität (Geruchsstärkeempfindung) und/oder die hedonische Geruchswirkung (angenehm-unangenehm-Qualität) bei gleicher Geruchshäufigkeit einen wirkungsmoderierenden Einfluss auf die Belästigungsreaktion der Anwohner hat. Um diese Frage zu klären, wurden vom Medizinischen Institut für Umwelthygiene an der HHU Düsseldorf (MIU) in enger Kooperation mit dem Landesumweltamt NRW und der Firma deBAKOM im Auftrag und mit Unterstützung des Ministeriums für Umwelt, Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz NRW (MUNLV), des Ministeriums für Umwelt und Verkehr des Landes BW (MUVBW), sowie des Verbandes der Chemischen Industrie (VCI) in den Jahren 1998 bis 2001 in fünf Städten in Nordrhein-Westfalen und in einer Stadt in Baden-Württemberg jeweils zwei „angenehm“ (Bonbon- und Zwiebackgeruch), zwei „unangenehm“ (Gießerei- und Fettgeruch) und zwei „neutral“ (Ölmühlen- und Textilgeruch) riechende industrielle Quellen untersucht.

Die Häufigkeit von Geruchsimmissionen wurde über Ausbreitungsrechnung aus Emissionsdaten und über flächenbezogene Probandenbegehungen nach einem Stichprobenkonzept ermittelt. Bei den Fahnen- bzw. Rasterbegehungen wurde mit Hilfe eines modifizierten Datenaufnahmebogens zusätzlich zur Wahrnehmungshäufigkeit (VDI 3940) auch die Intensität (VDI 3882 / Bl. 1) und die Hedonik (VDI 3882 / Bl. 2) der Anlagengerüche bewertet. Die Belästigung der Anwohner wurde mit Hilfe

eines Fragebogens erfasst, der in Anlehnung an den Musterfragebogen aus VDI 3883 Bl. 1 (1997) um die Aspekte der Wahrnehmung und Beurteilung der Intensität und der angenehm-unangenehm-Qualität der Anlagengerüche erweitert wurde. Die Belästigungsreaktion wird durch zwei Fragen erfasst: einer graphischen Skala mit elf Stufen, dem sogenannten Belästigungsthermometer (HANGARTNER, 1983, 1988), und einer siebenstufigen verbalen Belästigungsskala.

### Ankerreize

Um die Zuverlässigkeit der Hedonikbewertung im Rahmen der Immissionserfassung zu gewährleisten, wurde untersucht, ob das den Beurteilungen zugrundeliegende Bezugssystem der Probanden durch Ankerreizen zu stabilisieren ist. Laborversuche führten zu dem Ergebnis, dass die Ankerreize Menthon und Pyridin zuverlässig die angenehme bzw. unangenehme Seite der Hedonikskala repräsentieren und bei der Auswahl und Einweisung neuer Probanden eingesetzt werden könnten. Für den Einsatz in Felduntersuchungen sind sie jedoch nicht geeignet, da im Vergleich mit den nicht verankerten Urteilen die Urteilsstreuung vergrößert war; aus diesem Grunde wurde im Rahmen der Begehungen auf Ankerreize verzichtet. Bei der Einweisung der Probanden zu Beginn der Immissionsmessungen wurde erfolgreich das Polaritätenprofil von EYFERTH (VDI 3882 / Bl. 2, Seite 7) eingesetzt, um die Bewertung von Intensität und Hedonik vor Beginn der Begehungen zu stabilisieren.

### Regionale Unterschiede bei der Bewertung von Gerüchen

In einem Extraprojekt, das vom Landesamt für Umweltschutz Baden-Württemberg in Auftrag gegeben wurde und von der deBAKOM gemeinsam mit dem MIU bearbeitet wurde, sollt untersucht werden, ob es regionale Unterschiede bei der Bewertung von Gerüchen gibt. Dafür wurden mit zwei Probandenteams aus BW und NRW Fahnenbegehungen in der Umgebung einer „angenehmen“ (Emittent 3) und einer „unangenehmen“ (Emittent 1) Quelle durchgeführt. Unterschiede im Hinblick auf die Bewertung der Wahrnehmungshäufigkeit oder der Geruchsstärkeempfindung konnten nicht festgestellt werden. Die signifikanten, jedoch geringen Unterschiede bei der Beurteilung der hedonischen Geruchswirkung entsprechen etwa einer halben Skaleneinheit auf der Hedonikskala und lassen sich weniger auf die regionale Herkunft der Probanden zurückführen, als vielmehr auf den unterschiedlichen Erfahrungshintergrund der Probanden mit der Bewertung verschiedener Anlagengerüche.

### Zuverlässigkeit der Immissionserfassung

Um die Zuverlässigkeit der Datenerhebung mit dem modifizierten Datenaufnahmebogen zu überprüfen, wurde bei der ersten Anlage (Fett- und Waschmittelgerüche) eine doppelte Rasterbegehung durchgeführt. Die Probanden kamen bei der Bewertung der Häufigkeit, der Intensität und der Hedonik der Fettgerüche zu vergleichbaren Ergebnissen. Bei der Bewertung der Waschmittelgerüche war diese Übereinstimmung geringer. Eine Erklärung für diese Differenzen ergibt sich aus der Schwierigkeit der Unterscheidung von Anlagengerüchen und Waschmittelgerüchen aus Privathaushalten während einer Probandenbegehung.

Bei der Betrachtung des Zusammenhangs zwischen den zwei Intensitätsurteilen (durchschnittlicher und stärkster Eindruck) und den drei Hedonikurteilen (durchschnittlicher, angenehmster und unangenehmster Eindruck) kann man feststellen, dass die Probanden die Intensität und die Hedonik der Anlagengerüche mit den vorgegebenen Skalen zuverlässig beurteilen können. Die differenzierte Erfassung mit Hilfe der Fragen nach den extremen Geruchseindrücken sollte beibehalten werden. Zum einen unterstützen sie den Probanden bei der Urteilsfindung, zum anderen kann mit ihrer Hilfe die Varianz der Urteile und damit die Zuverlässigkeit der Urteilsfindung überprüft werden.

### Bewertung der Intensität und Hedonik durch die Probanden

Für die Ermittlung der Intensitäts- und Hedonikurteile in den Rasterflächen wurden die Rohwerte geometrisch gemittelt und nur dann in die Auswertung miteinbezogen, wenn für die Einzelmessung eine Geruchsstunde festgestellt wurde.

Der Zusammenhang zwischen der Häufigkeit und der Intensität ist nur bei den Zwieback-, Ölmühlen- und Fettgerüchen auf dem 1%-Niveau signifikant. Bei einer Häufigkeit von 10% (Geruchsstunden / Jahr) werden die Ölmühlengerüche als deutlich wahrnehmbar eingestuft, die Zwiebackgerüche dagegen nur als schwach wahrnehmbar und die Fettgerüche als sehr schwach bis schwach wahrnehmbar. Bei den übrigen drei Anlagengerüchen konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Auftretenshäufigkeit der Gerüche und der wahrgenommenen Geruchsstärke gefunden werden.

Der Zusammenhang zwischen der Häufigkeit und der Hedonik ist nur bei den Gießerei- und Fettgerüchen auf dem 1%-Niveau signifikant. Bei einer Häufigkeit von 10% (Geruchsstunden / Jahr) werden die Gießereigerüche als eher unangenehm bis unangenehm und die Fettgerüche als eher unangenehm bewertet. Bei den übrigen vier Anlagengerüchen konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Auftretenshäufigkeit der Gerüche und der wahrgenommenen hedonischen Geruchswirkung gefunden werden.

Der Zusammenhang zwischen der Intensitäts- und der Hedonikbeurteilung ist nur bei den Zwieback-, Gießerei-, Textil- und Fettgerüchen auf dem 1%-Niveau signifikant. Bei der Intensitätsstufe deutlich wahrnehmbar werden die Zwiebackgerüche als angenehm bewertet. Hier steigt mit zunehmender Geruchsstärke die positive Bewertung der hedonischen Qualität. Bei den Bonbongerüchen ist das Problem, dass Intensitäten von mehr als deutlich wahrnehmbar so gut wie nicht auftreten. Trotzdem ist klar zu erkennen, dass die Bewertung der hedonischen Qualität für die Intensitätsstufen sehr schwach bis deutlich wahrnehmbar im positiven Bereich bei eher angenehm liegt und nicht negativ wird. Bei den Gießerei-, Textil-, und Fettgerüchen ist eine Zunahme der negativen Beurteilung zu erkennen. Bei der Intensitätsstufe deutlich wahrnehmbar werden diese Gerüche als eher unangenehm bis unangenehm bewertet. Bei den Ölmühlengerüchen bestand das Problem, dass die Streuung der Hedonikurteile mit zunehmender Intensität größer wurde. Es gab Probanden, die diesen Geruch als „angenehm“, während andere ihn als „neutral“ oder „unangenehm“ bewerteten. Eine eindeutige Bewertung der Ölmühlengerüche als angenehm oder unangenehm ist so nicht möglich. Eine Differenzierung zwischen „neutralen“ und „unangenehmen“ Gerüchen ist bis zur Intensitätsstufe stark wahrnehmbar nicht möglich. Man kann festhalten, dass auf der Basis von Probandenurteilen „angenehme“ Anlagengerüche mit zunehmender Intensität positiver und „unangenehme“ auf der Hedonikskala negativer bewertet werden.

#### Zuverlässigkeit der Belästigungsbefragung

Um die Zuverlässigkeit (interne Konsistenz) der Anwohnerangaben hinsichtlich ihrer Belästigung zu überprüfen, wurden die Antworten auf der Thermometerskala und der Verbalskala verglichen. Insgesamt 48 Interviews zeigten eine zu starke Abweichung bei der Beantwortung der beiden Belästigungsskalen. Die individuelle Zuverlässigkeit der Angaben war damit in Frage zu stellen. Sieben weitere Interviews konnten

aufgrund fehlender Angaben zur Strasse und Hausnummer und der dadurch nicht möglichen Zuordnung zu einem Geruchsbelastungswert nicht berücksichtigt werden. Schließlich gingen insgesamt 1408 Interviews in die Auswertung ein. Die Höhe der auf dem 0.01%-Niveau signifikanten Korrelation ( $r^2 = 0.88$ ) zwischen beiden Skalen zeigt, dass sie inhaltlich denselben Sachverhalt beschreiben. Die Kategorie „schwach belästigt“ auf der verbalen Skala entspricht etwa der Kategorie „3“ auf der graphischen Skala, die Kategorie „stark belästigt“ entspricht etwa der Kategorie „7“.

#### Bewertung der Intensität und Hedonik durch die Anwohner

Die Wahrnehmbarkeit der im Fokus stehenden Anlagengerüche ist nicht in allen Untersuchungsgebieten gleich stark ausgeprägt. In der Umgebung der Ölmühle und der Fett- und Waschmittelgerüche emittierenden Anlage gibt es mit ca. 50% die meisten Geruchswahrnehmungen, die von den Anwohnern der industriellen Quelle zugeschrieben werden. Die Bonbongerüche werden in der Umgebung der Anlage nur von 37% der Anwohner wahrgenommen. Ein wesentlicher Anteil der in diesem Wohngebiet erkennbaren Gerüche werden einer Brauerei und einem Schlachthof zugeschrieben. Nur jeweils 20% der Anwohner nehmen bei den übrigen drei Anlagen den typischen Geruch nach Zwieback, Gießerei oder Textilien wahr.

Die Häufigkeit der Geruchswahrnehmungen im Urteil der Anwohner wurde mit einer Skala von „1-einmal im Monat“ bis „6-mehrmals“ am Tag erfasst. Die Mehrheit der Anwohner, die den typischen Anlagengeruch wahrnehmen könnten, gibt an, dass die Gerüche eher selten (mehrmals im Monat) auftreten. Eine Ausnahme zeigt sich bei den Textilgerüchen, die von ca. 40% der Anwohner mehrmals wöchentlich und von ca. 20% der Anwohner sogar mehrmals täglich wahrgenommen werden.

Anders als im Urteil der Probanden zur Intensität und Hedonik werden alle Anlagen-gerüchen mit steigender Intensität als zunehmend unangenehmer beurteilt. Bei allen Gerüchen, bis auf den Zwiebackgeruch, ist der negative Zusammenhang zwischen der Geruchsstärkeempfindung und der Bewertung der hedonischen Qualität auf dem 5%-Niveau signifikant. Bei der Intensitätsstufe deutlich wahrnehmbar werden die Bonbongerüche als „neutral“ (weder angenehm noch unangenehm) eingestuft und die „neutralen“ und „unangenehmen“ Anlagengerüche werden als eher unangenehm bis sehr unangenehm bewertet.



Die starke Streuung der Urteile ist jedoch ein Hinweis darauf, dass die Angaben der Anwohner zur Beurteilung der Intensität und Hedonik weniger zuverlässig sind. Ein Grund hierfür kann darin liegen, dass die Anwohner weniger geübt sind im Umgang mit der Intensitäts- und Hedonikskala und der Bewertung von Gerüchen. Ein anderer, plausiblerer Grund ist darin zu sehen, dass die Anwohner die Anlagengerüche aus der Erinnerung heraus beurteilen mussten, da sie nicht, wie die Probanden während einer 10-minütigen Geruchsmessung, einen aktuellen Geruchsreiz bewerten konnten. Durch das Urteilen aus der Erinnerung heraus eröffnet sich die Möglichkeit kognitiver „Verzerrungen“ durch z.B. allgemeine Wertmaßstäbe. Einer dieser Wertemaßstäbe könnte zum Beispiel sein: „Je intensiver ein Geruch wird, desto unangenehmer ist er auch“. Dies lässt sich mit Hilfe der Korrelation der Anwohnerangaben zur Beurteilung der Wahrnehmung der Gerüche und der Belästigungsreaktion überprüfen. So lässt sich zeigen, dass die Anwohner nicht, wie die Probanden, in der Lage sind, ein objektives Urteil zur Einschätzung der Intensität und Hedonik von Anlagengerüchen abzugeben.

#### Belästigungswirkung der Anlagengerüche

Da eine gute Übereinstimmung der beiden Belästigungsskalen gegeben ist, wurde bei der Auswertung nur das Belästigungsthermometer berücksichtigt. Die Korrelationen zwischen den nicht logarithmierten Belastungsmaßen (Häufigkeit in % Geruchsstunden / Jahr) und dem Belästigungsthermometer liegen zwischen  $r = 0.12$  ( $r^2 = 0.01$ ) und  $r = 0.45$  ( $r^2 = 0.20$ ) und sind auf dem 1%-Niveau signifikant. Bei den Zwiebackgerüchen ist der Zusammenhang auf dem 10%-Niveau gesichert. Für die logarithmierten Maße sind die Verhältnisse ähnlich.

Zwischen den „angenehmen“ und „unangenehmen“ Anlagengerüchen ist ein deutlicher Unterschied im Hinblick auf die Belästigungswirkung zu sehen. Bei den „unangenehmen“ Gerüchen, besonders deutlich bei der Ölmühle und dem Fett- / Waschmittelgeruch, steigt die Belästigung zunächst mit zunehmender Belastung steil an und erreicht dann ein Plateau. Die Zunahme der Belästigung erfolgt bei den Ölmühlengerüchen wesentlich schneller, als bei den übrigen Anlagengerüchen. Bei den „angenehmen“ Anlagengerüchen ist kein Anstieg der Belästigung mit zunehmender Belastung zu erkennen. Die Belästigungsurteile liegen hier in der Regel nicht höher als "1" auf der Thermometerskala. Daraus folgt, dass die hedonische Geruchsqualität eine stark belästigungsmodifizierende Wirkung hat.

Um den Zusammenhang zwischen der Geruchsbelastung und der Belästigungsreaktion der Anwohner nicht nur zu beschreiben, sondern auch statistisch zu prüfen und den Einfluss von möglichen Störgrößen zu berücksichtigen, wird die logistische Regressionsanalyse angewendet. Dafür werden vier binäre Belästigungsmaße mit Hilfe der Unzumutbarkeitsurteile der Anwohner gebildet.

In einem ersten Schritt konnte gezeigt werden, dass es einen deutlichen Unterschied in der Belästigungswirkung bei den „angenehmen“ und den übrigen vier Anlagengerüchen gibt, aber dass eine Unterscheidung zwischen „unangenehmen“ und „neutralen“ Geruchsquellen nicht sinnvoll ist.

In einem zweiten Schritt konnte für die Gruppe der „unangenehmen“ und „neutralen“ Anlagen gezeigt werden, dass es einen statistisch bedeutsamen Zusammenhang zwischen der Geruchsbelastung (Häufigkeit in % Geruchsstunden / Jahr) und der Belästigungsreaktion der Anwohner gibt: Der Anteil an Belästigten nimmt mit der Geruchsbelastung zu. Bei einer Häufigkeit von 10% (Geruchsstunden / Jahr) geben 28% an, belästigt zu sein (Thermometerwerte: 1-10), 17% sagen, sie seien stark belästigt (Thermometerwerte: 4-10), 7% fühlen sich sehr stark belästigt (Thermometerwerte: 7-10) und 8% halten die Belästigung für unzumutbar (Unzumutbarkeit = 1). Zusätzlich ergeben sich statistisch bedeutsame Ergebnisse für die Störgrößen: „Lärmbelästigung“, „Wohnqualität“ „Wohnverhältnisse-1 (Eigentum vs. Miete)“ und „Alter“. Jüngere Anwohner, die sich durch Lärm belästigt fühlen, die Wohnqualität als schlecht beurteilen und im Eigentum wohnen, fühlen sich bei gleicher Belastung stärker belästigt.

Mit diesen Modellen lässt sich orientierend der Beginn einer „erheblichen“ Belästigung abschätzen. Wenn man beispielsweise in der Umgebung des Emittenten eine sehr starke Belästigung (Thermometerwerte > 6 („highly annoyed“) bzw. eine „unzumutbare“ Belästigung von maximal 10% der Anwohner toleriert, so liegt der Bereich, in dem eine „erheblichen“ Belästigung beginnt, zwischen 12% und 14% Geruchshäufigkeit (% Geruchsstunden / Jahr).

Auch für die Gruppe der „angenehmen“ Anlagen fand sich ein zwar deutlich schwächerer aber immer noch statistisch erkennbarer Zusammenhang zwischen der

Geruchsbelastung (Häufigkeit in % Geruchsstunden/Jahr) und der Belästigungsreaktion der Anwohner. In Abhängigkeit von der Geruchsbelastung steigt der Anteil an Belästigten. Allerdings gab es in dieser Teilgruppe insgesamt nur 6 Anwohner, die sich sehr stark oder „unzumutbar“ belästigt fühlten, so dass bei den Regressionsanalysen nur das 1. und 2. Belästigungsmaß als Zielgröße einbezogen werden konnte. Bei einer Häufigkeit von 10% (Geruchsstunden/Jahr) geben nur 7% an, belästigt zu sein (Thermometerwerte: 1-10), und nur 1% sagen, sie seien stark belästigt (Thermometerwerte: 4-10). Zusätzlich ergeben sich statistisch bedeutsame Ergebnisse für die Störgrößen: „Wohndauer“ „Wohnverhältnisse-1 (Eigentum vs. Miete)“, „Gesundheitsunzufriedenheit“ und „Alter“. Jüngere Anwohner, die seit längerer Zeit in der Wohngegend leben, im Eigentum wohnen und mit ihrer Gesundheit nicht zufrieden sind, fühlen sich bei gleicher Belastung stärker belästigt. Der Beginn einer „erheblichen“ Belästigung lässt sich jedoch mit diesen Modellen nicht abschätzen.

Um zu prüfen, ob die Vorhersage der Belästigungsreaktion der Anwohner besser gelingt, wenn ein anderes Belastungsmaß als die Geruchshäufigkeit nach dem Geruchsstundenkonzept verwendet wird, wurden zum einen andere Häufigkeitsmaße definiert, zum anderen zusätzlich zur Wahrnehmungshäufigkeit die Intensität und die Hedonik als weitere Maße für die Geruchsbelastung eingesetzt. Insgesamt zeigt sich, dass nur im Falle der als „angenehm“ vorklassifizierten Anlagengerüche die zusätzliche Berücksichtigung von Hedonik und Intensität eine statistisch erkennbare Verbesserung der Belästigungsvorhersage erbringt, dass aber der damit verbundene erheblich größere Konfidenzbereich diesen Vorteil aufzehrt.

Ich versichere hiermit den Abschlußbericht unparteiisch und nach besten Wissen und Gewissen frei von Ergebnisweisungen erstellt zu haben.

Düsseldorf, den 27. Mai 2002

Prof. Dr. rer. nat. Gerhard Winneke

## Literatur

- Cavalini PM, Koeter-Kemmerling LG and Pulles MPJ. Coping with odour annoyance and odour concentrations: three field studies. *J Environ Psychol* 11, 1991, 123-142
- Geruchsimmissions-Richtlinie. Feststellung und Bewertung von Geruchsimmissionen.-Länderausschuß für Immissionsschutz. LAI-Schriftenreihe No. 5. - *Berlin: Erich Schmidt-Verlag, 1994*
- Guski, R. Lärm - Wirkungen unerwünschter Geräusche.-*Bern: Huber, 1987*
- Hangartner M und Wuest J. Geruchshäufigkeiten als Maß für die Geruchsbelästigung. *Staub-Reinhalt. Luft* 54, 1994, 45-49
- Hangartner M, Wuest J und Tunesi F. Die Häufigkeit von Geruchsereignissen als Maß für die Geruchsbelästigung. In: KRdL im VDI und DIN (Hrsg.) Gerüche in der Umwelt. Innenraum und Außenluft. VDI-Berichte 1373. - *Düsseldorf: VDI-Verlag, 1998, 537-540*
- Junker A. Belästigung als Funktion der Intensität, Hedonie und Häufigkeit des Auftretens von Gerüche. In: KRdL im VDI und DIN (Hrsg.) Gerüche in der Umwelt. Innenraum und Außenluft. VDI-Berichte 1373. - *Düsseldorf: VDI-Verlag, 1998, 373-384*
- Kastka J. Untersuchungen zur Belästigungswirkung der Umweltbedingungen Verkehrslärm und Industriergerüche. In Kaminski G (Hrsg.) Umweltpsychologie: Perspektiven, Probleme, Praxis. - *Stuttgart: Klett, 1976, 187-223*
- Koelega HS. Environmental annoyance: characterisation, measurement and control. - *Amsterdam: Elsevier, 1992, 1-7*
- Miedema HME. Response functions for environmental odour in residential areas. - TNO-report. NIPG Publication-Number 92.006. *Leiden: TNO, 1992*
-

- Miedema HME, Ham JM, De Jong, RG and Don JA. Odour annoyance in the living environment. In: Verein Deutscher Ingenieure (Hrsg.) VDI-Berichte, Band 561. *Düsseldorf: VDI-Verlag, 1986, 241-254*
- Plattig KH. Spürnasen und Feinschmecker. Die chemischen Sinne des Menschen. - *Berlin u.s.: Springer, 1995*
- Punter PH and Blaauwbroek J. Measurement of odour annoyance: Comparison of two different methods. In: Brassier WJ & Mulder EC (eds.) Man and his Ecosystem. *Amsterdam: Elsevier, 1989, 117-122*
- Steinheider B. Die Wirkungen von Industrieriechen als Umweltstressoren. - *Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag, 1997*
- Steinheider B and Winneke G. Industrial odours as environmental stressors: Exposure-annoyance associations and their modification by coping, age and perceived health. *J Environ Psychol 13, 1993, 353-363*
- Steinheider B und Winneke G. Materialienband zur Geruchsmissionsrichtlinie in Nordrhein-Westfalen - Psychophysiologische und epidemiologische Grundlagen der Wahrnehmung und Bewertung von Geruchsmissionen. Interner Bericht im Auftrag des Ministers für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf, 1992
- Steinheider B, Winneke, G and Schlipkötter H-W. Somatische und psychische Wirkungen intensiver Geruchsmissionen: Eine Fallstudie aus der Substratherstellung für die Champignonzucht. *Staub-Reinhalt. Luft 53, 1993, 425-431*
- Steinheider B, Both R und Winneke G. Die Erfassung der Belästigungswirkung von Tierstallmissionen bei Anwohnern: Ein wirkungsbezogener Vergleich der Expositionserfassung durch Ausbreitungsrechnung und Rasterbegehung. *Gefahrstoffe - Reinhalt. Luft 58, 1998, 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. *J Psychophysiol* 12, Suppl. 1, 1998, 64-79

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) 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*

Winneke G and 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 and Neuf M. Psychological response to sensory stimulation by environmental stressors: trait or state? *Appl Psychol.* 41, 1992, 257-267

Winneke G und Steinheider B. Expositions-Wirkungs-Zusammenhänge für Geruchsbelästigungen und Beschwerden: Eine Übersicht. In: KRdL im VDI und DIN (Hrsg.) Gerüche in der Umwelt. Innenraum und Außenluft. VDI-Berichte 1373. - *Düsseldorf: VDI-Verlag, 1998, 361-372*

---

## **ANHANG**

- A:** Kriterienkatalog zur Auswahl geeigneter Anlagen
  
- B:** Polaritätenprofil
  
- C 1:** Datenaufnahmebogen für Geruchshäufigkeiten
- C 2:** Datenaufnahmebogen für Geruchsintensität und Hedonik
  
- D:** Fragebogen zur Belästigungsbefragung - 1ste Version (AMR)
  
- E:** Fragebogen zur Belästigungsbefragung - 2te Version (BIFAK)
  
- F:** Vergleich der Messteams vom LUA und von der deBAKOM:
  - 1** Häufigkeit (% Geruchsstunden/Jahr/Fläche) – Gesamtgerüche
  - 2** Häufigkeit (% Geruchsstunden/Jahr/Fläche) – Fettgerüche
  - 3** Häufigkeit (% Geruchsstunden/Jahr/Fläche) – Waschmittelgerüche
  - 4** Häufigkeit (% Geruchsstunden/Jahr/Fläche) – andere Anlagengerüche
  
  - 5** Intensität (durchschnittlicher Eindruck) – Fettgerüche
  - 6** Intensität (stärkster Eindruck) – Fettgerüche
  - 7** Intensität (durchschnittlicher Eindruck) – Waschmittelgerüche
  - 8** Intensität (stärkster Eindruck) – Waschmittelgerüche
  
  - 9** Hedonik (durchschnittlicher Eindruck) – Fettgerüche
  - 10** Hedonik (angenehmster Eindruck) – Fettgerüche
  - 11** Hedonik (unangenehmster Eindruck) – Fettgerüche
  - 12** Hedonik (durchschnittlicher Eindruck) – Waschmittelgerüche
  - 13** Hedonik (angenehmster Eindruck) – Waschmittelgerüche
  - 14** Hedonik (unangenehmster Eindruck) – Waschmittelgerüche
  
- G:** Ausführliche Darstellung der multiplen Regressionsanalysen



**H:** Darstellung der korrelativen Zusammenhänge zwischen möglichen Störgrößen und der Belastung (Häufigkeit in % Geruchsstunden/ Jahr) sowie der Belästigung (binäre Maße)

- 1 Großbäckerei (Zwieback)
- 2 Ölmühle
- 3 Eisengießerei
- 4 Bonbon
- 5 Textilfirma
- 6 Fettaufbereitung und Waschmittelherstellung

# **Anhang A**

Kriterienkatalog zur Auswahl  
geeigneter Anlagen

# Anhang B

Polaritätenprofil

# Anhang C

1. Datenaufnahmebogen  
für Geruchshäufigkeiten

2. Datenaufnahmebogen für  
Geruchsintensität und Hedonik

# Anhang D

Fragebogen zur Belästigungsbefragung  
1ste Version (AMR)

# Anhang E

Fragebogen zur Belästigungsbefragung  
2te Version (BIFAK)

# Anhang F

Vergleich der Messteams  
vom LUA und von der deBAKOM

# Anhang G

Ausführliche Darstellung der  
multiplen Regressionsanalysen



# Anhang H

Darstellung der korrelativen Zusammenhänge  
zwischen möglichen Störgrößen  
und der Belastung sowie der Belästigung