

Technische Grundlage

für die Beurteilung von Einwirkungen,
die beim Betrieb von Koch-,
Selch-, Brat- und Backanlagen auf-
treten können und Abhilfemaß-
nahmen (Technische Grundlage
Gerüche) - 2009



Inhalt

Vorwort	1
1 Einleitung	2
2 Begriffsbestimmungen	3
3 Grundlegende Sachverhalte	6
3.1 Geruch	6
3.1.1 Geruchsstoffe, Geruchsqualitäten	6
3.1.2 Geruchsschwellen	7
3.1.3 Geruchsbelastung	7
3.1.4 Geruchswahrnehmung.....	9
4 Emissionen	10
4.1 Bäckereien	10
4.1.1 Spezifische Begriffe.....	10
4.1.2 Typische Produkte und Backwaren	11
4.1.3 Arbeitsablauf Bäckerei	12
4.1.3.1 Auswahl und Vorbereitung der Rohstoffe	12
4.1.3.2 Abmischen und Führen des Teiges.....	12
4.1.3.3 Kneten des Teiges.....	12
4.1.3.4 Vorbereitung für den Backprozess	13
4.1.3.5 Backprozess.....	13
4.1.4 Bau- und Beheizungsart von Backöfen	14
4.1.5 Emissionen	15
4.2 Fischverwertung.....	16
4.2.1 Kochen, Dämpfen	16
4.2.2 Braten, Frittieren	16
4.2.3 Selchen (Räuchern).....	17
4.2.3.1 Heißräuchern	17
4.2.3.2 Kalträuchern	17
4.3 Fleischhauerei.....	18
4.3.1 Brühen.....	18
4.3.2 Kochen.....	19
4.3.3 Braten.....	19
4.3.4 Selchen (Räuchern).....	20
4.3.4.1 Technologie des Räucherns	20

4.3.4.2 Heißräuchern	22
4.3.4.3 Kalträuchern	22
4.3.4.4 Warmräuchern	23
4.3.4.5 SchwarZRäuchern	23
4.4 Gaststätten und Großküchen.....	23
4.4.1 Verfahren zur Zubereitung von Speisen (Stofflockerung durch Garen)	23
4.4.2 Geruchsintensive Stoffe in der Abluft	24
4.4.3 Messergebnisse von Geruchsstoffen in der Küchenabluft.....	25
4.5 Kartoffelverwertung.....	29
4.5.1 Typische Produkte	29
4.5.2 Verarbeitung.....	29
4.5.3 Emissionen	31
4.6 Kleinbrauereien und Kleinbrennereien	32
4.6.1 Kleinbrauereien	32
4.6.1.1 Technologie der Bierherstellung	32
4.6.1.2 Emissionen	33
4.6.2 Kleinbrennereien	34
4.6.2.1 Technologie des Brennens.....	34
4.6.2.2 Emissionen	36
4.7 Knochen-, Blut- und Fettverwertung	37
4.8 Konservenfabriken	38
4.9 Kaffeeverarbeitende und -bearbeitende Industrie	38
4.9.1 Technologie	38
4.9.2 Emissionsquellen und Emissionen.....	42
4.10 Kakao- und Schokoladenindustrie.....	43
4.10.1 Technologie der Kakao- und Schokoladenherstellung	43
4.10.2 Emissionsquellen und Emissionen.....	46
4.10.2.1Verarbeitung von Rohkakao.....	46
4.10.2.2 Verarbeitung von Kakaomasse	47
4.10.2.3 Herstellung von Schokolade.....	47
5 Minderungsmaßnahmen	48
5.1 Primärmaßnahmen	48
5.2 Abluftreinigungsmaßnahmen.....	49
5.2.1 Physikalische Abgasreinigungsverfahren.....	49
5.2.2 Chemische Abgasreinigungsverfahren	53

5.2.3	Biologische Abgasreinigung	56
5.3	Ableitung von Abluft und Abgasen	58
5.4	Spezifische Emissionsminderungsmaßnahmen	58
5.4.1	Emissionsminderungsmaßnahmen bei Bäckereien.....	58
5.4.2	Emissionsminderungsmaßnahmen bei der Fischverwertung.....	59
5.4.3	Emissionsminderungsmaßnahmen bei Fleischhauereien.....	60
5.4.4	Emissionsminderung bei Gaststätten und Großküchen.....	60
5.4.4.1	Lüftungstechnische Anforderungen an Gaststätten und Großküchen	60
5.4.4.2	Lagerung von Küchenabfällen	67
5.4.5	Emissionsminderungsmaßnahmen bei der Kartoffelverwertung.....	67
5.4.5.1	Bauliche und organisatorische Maßnahmen	67
5.4.5.2	Ablufterfassung und Ableitung	67
5.4.5.3	Abluftreinigungsverfahren	68
5.4.6	Emissionsminderungsmaßnahmen bei Kleinbrauereien und Kleinbrennereien	69
5.4.7	Emissionsminderungsmaßnahmen bei der Knochen-, Blut- und Fettverwertung.....	69
5.4.8	Emissionsminderungsmaßnahmen bei Konservenfabriken	70
5.4.9	Emissionsminderungsmaßnahmen bei der kaffeeverarbeitenden und kaffeebearbeitenden Industrie	70
5.4.10	Emissionsminderungsmaßnahmen bei der Kakao- und Schokoladenindustrie	71
5.5	Emissionsbegrenzung	71
5.5.1	Emissionsbegrenzung bei Bäckereien.....	71
5.5.2	Emissionsbegrenzung bei der Fischverwertung.....	71
5.5.3	Emissionsbegrenzung bei Fleischhauereien.....	72
5.5.4	Emissionsbegrenzung bei Gaststätten und Großküchen	72
5.5.5	Emissionsbegrenzung bei der Kartoffelverwertung.....	72
5.5.6	Emissionsbegrenzung bei Kleinbrauereien und Kleinbrennereien	73
5.5.7	Emissionsbegrenzung bei der Knochen-, Blut- und Fettverwertung.....	73
5.5.8	Emissionsbegrenzung bei Konservenfabriken	73
5.5.9	Emissionsbegrenzung bei der kaffeeverarbeitenden und - bearbeitenden Industrie.....	73
5.5.10	Emissionsbegrenzung bei der Kakao- und Schokoladenindustrie	74
5.6	Schutzabstände zu Wohnbereichen	74

6	Emissionsmesstechnik	77
6.1	Messung organischer Kohlenstoffverbindungen	77
6.1.1	FID - Flammenionisationsdetektor	78
6.1.2	Kieselgelverfahren	79
6.1.3	Vergleich der beiden Messverfahren (Kieselgelverfahren – FID)	81
6.2	Olfaktometrie	82
6.2.1	Bestimmung der Geruchsemission	82
6.2.2	Qualität und Vergleichbarkeit olfaktometrischer Messungen (Erfahrungen mit eigenen Messungen)	84
6.2.3	Elektronische Nasen – elektronische Olfaktometer	85
7	Immissionsbetrachtung	89
7.1	Allgemeines zur Immissionsabschätzung und –beurteilung	89
7.2	Meteorologische Modelle.....	93
7.2.1	Faustformeln.....	93
7.2.2	Einfache Berechnungsverfahren	94
7.2.2.1	Holland-Modell.....	94
7.2.2.2	Modifizierte Gauß-Modelle	97
7.2.3	Komplexe Ausbreitungsmodelle	98
7.2.3.1	Windfeldmodell nach VDI-Richtlinie 3783 Blatt 10 (Dezember 2001) „Umweltmeteorologie: Diagnostische mikroskalige Windfeldmodelle – Gebäude und Hindernisumströmung“	98
7.2.3.2	Eulersche Modelle (z. B. MISKAM)	100
7.2.3.3	Lagrange.....	100
7.3	Ermittlung der Häufigkeit von Geruchsstunden	101
7.4	Abschätzung der Maximalimmissionskonzentration von Geruch im Nahbereich von Gebäuden	105
7.4.1	Allgemeine Vorgangsweise	105
7.4.2	Adaptierung von Berechnungsverfahren für Geruchsstoffe und deren Wahrnehmung durch den Menschen	107
7.4.3	Bestimmung der Referenzlänge L	109
7.4.4	Vereinfachtes Verfahren zur Bestimmung der Maximalwerte der Geruchskonzentration.....	110
7.4.5	Erweitertes Verfahren zur Bestimmung der Maximalwerte der Geruchskonzentration nach Meroney	110
7.5	Sondereffekte	113
7.6	Geruchsbegehungen	113

8	Literatur	116
9	Anhänge	122
9.1	Anhang A: Anleitung für die Umrechnung von relativen Häufigkeiten von Windrichtungsverteilungen mit unterschiedlichen Sektorengrößen sowie für die Berücksichtigung von Calmen.....	122
9.1.1	Änderung der Klassenbreite einer Häufigkeitsverteilung der Windrichtung.....	122
9.1.2	Zuordnung der Calmen zu den einzelnen Windrichtungen	126
9.2	Anhang B: Bestimmung der effektiven Quellhöhe nach ÖNORM M 9440	130
9.3	Anhang C: Fallbeispiel zum Kapitel 7.4	131

Vorwort

Diese Technische Grundlage wurde im Auftrag der 30. Tagung der Technischen Amtssachverständigen im gewerbebehördlichen Genehmigungsverfahren (BMWA, 1999) erstellt und bei der 35. Tagung (BMWA, 2004) verabschiedet.

Mit der Ausgabe 2009 wurden die Abschnitte 5.4.4 und 8 aktualisiert sowie eine Fehlerberichtigung in Abschnitt 7.3 vorgenommen.

Die vorliegende Technische Grundlage wurde von den Technischen Amtssachverständigen auf Grund ihrer Erfahrungen in gewerbebehördlichen Genehmigungsverfahren erarbeitet. Wo es als zweckdienlich erschien, wurden auch externe Experten gehört bzw. mit Detailfragen befasst.

Die Technische Grundlage bietet eine Zusammenfassung des für die Beurteilung des Sachgebietes notwendigen Basiswissens und gibt eine Übersicht über etwaig auftretende Gefahren, Emissionen oder Beeinträchtigungen und zeigt mögliche Abhilfemaßnahmen auf. Sie reflektiert die vielfältigen Erfahrungen einer langjährigen Verwaltungspraxis und dient dem Schutz von Personen und dem Schutz der Umwelt.

Die Technische Grundlage stellt die zu manchen Fragen zum Teil auch unterschiedlichen Auffassungen der Technischen Amtssachverständigen auf eine gemeinsame Basis und ist grundsätzlich als Maximalbetrachtung des gestellten Themas zu sehen. Die in der Technischen Grundlage enthaltenen Inhalte sind daher nicht unbedingt in jeden Fall gegeben und vorgeschlagene Abhilfemaßnahmen sind nicht überall im gesamten Umfang notwendig. Andererseits können im Einzelfall vorliegende Umstände andere als in der Technischen Grundlage vorgesehene bzw. zusätzliche Maßnahmen rechtfertigen. Es obliegt daher dem Technischen Amtssachverständigen im gewerbebehördlichen Genehmigungsverfahren, den jeweils konkret vorliegenden Sachverhalt nach den Erfordernissen des Einzelfalles zu beurteilen.

Der Technischen Grundlage kommt kein verbindlicher Charakter zu. Der Inhalt der Technischen Grundlage basiert auf dem zum Zeitpunkt ihrer Veröffentlichung im Arbeitskreis verfügbaren Wissen.

1 Einleitung

Bei der Verarbeitung bzw. Aufbereitung von Nahrungsmitteln können in Abhängigkeit vom angewandten Verfahren und von der Art des verarbeiteten Produktes erhebliche Emissionen – insbesondere an Geruchsstoffen – auftreten und zu teilweise erheblichen Belästigungen der Nachbarschaft führen. Die besonderen Schwierigkeiten der Behandlung solcher Immissionen liegen sowohl in der Messtechnik als auch in der Beurteilung der Wirkung. Die messtechnische Problematik ergibt sich daraus, dass eine wirkungsadäquate Erfassung geruchsintensiver Stoffe sowohl emissions- als auch immissionsseitig nur begrenzt möglich ist.

Die vorliegende Technische Grundlage soll Hilfestellung bei der Beurteilung der Immissionsbeiträge aus den häufigsten Betriebssparten der Nahrungsmittelbranche bieten, wobei die Geruchsstoffbelastung im Vordergrund steht. Nicht Gegenstand des Papiers sind brennstoffbedingte Emissionen aus Feuerungsanlagen oder KFZ und Lärmemissionen. Auch erhebt die Technische Grundlage keinen Anspruch auf Vollständigkeit bezüglich der behandelten Betriebstypen, sondern beschränkt sich überwiegend auf jene Fälle, die erfahrungsgemäß im gewerbebehördlichen Betriebsanlagengenehmigungsverfahren mit höherer Häufigkeit auftreten.

2 Begriffsbestimmungen

BACKEN: Das Überführen von Getreidemehlen in leichter verdauliche und geschmacklich entsprechendere Lebensmittel unter Zuhilfenahme von Flüssigkeit, Lockerungsmittel usw. und Hitze.

BLANCHIEREN: Kurzzeitiges (wenige Minuten dauerndes) Eintauchen von Lebensmitteln (vor allem Gemüse) in kochendes Wasser und danach Abschrecken in eiskaltem Wasser. Dadurch werden Enzyme inaktiviert, die ansonsten beispielsweise Gemüse weich und unansehnlich werden lassen und die Vitamine und Aromastoffe verändern würden. Weiters werden dadurch Mikroorganismen abgetötet, Schmutzteilchen entfernt, die Konsistenz verändert, Luft aus pflanzlichem Gewebe verdrängt (Verlangsamung von Oxidationsprozessen) und ev. der Geschmack verbessert (Beseitigung von bitteren Geschmackstoffen).

BRATEN: Das Garen von Fleisch, Fisch usw. in heißem Fett oder Öl in Pfannen oder anderen Gefäßen.

BRÜDEN: Bei technischen Prozessen aus Trocknern, Verdampfern, Maschinen usw. entweichender Abdampf, der neben Wasserdampf auch feste, flüssige und/oder gasförmige Bestandteile enthalten kann.

BRÜHEN: Hitzebehandlung von Lebensmitteln mit heißen Flüssigkeiten oder Dampf.

DÄMPFEN: Garen von Lebensmitteln durch Wasserdampf bei Atmosphären- oder Überdruck in geschlossenen Gefäßen, wobei das Gut durch einen Siebeinsatz vor der direkten Berührung mit dem Wasser geschützt ist.

DÜNSTEN: Erhitzen und Garmachen von Lebensmitteln in einem geschlossenen Gefäß im eigenen Saft, eventuell unter Hinzufügen von wenig Fett und Wasser.

ERKENNUNGSSCHWELLE: Beim Geruch entspricht die Erkennungsschwelle derjenigen Geruchsstoffkonzentration, die in 50 % der Reizdarbietungen zum Erkennen der Qualität des Geruchsreizes führt ("es riecht nach"). Die Erkennungsschwelle liegt in der Regel 1 bis 4 GE/m³ höher als die Geruchsschwelle. Die Erkennungsschwelle kann jeweils als individuelle oder kollektive Schwelle bestimmt werden - also a) für ein Individuum oder b) für eine Gruppe.

FRITTIEREN: Garen von Lebensmitteln durch Eintauchen oder schwimmen lassen in heißem Fett.

GAREN: Allgemein: Lebensmittel durch Wärmebehandlung (z.B. Backen, Braten, Brühen, Dämpfen, Dünsten, Grillen, Kochen, Rösten, Schmoren) genießbar machen. In engerem Sinn: pochieren – Speisen in siedender Flüssigkeit (Brühe, Milch, Essig oder Salzwasser) garziehen lassen, z.B. pochierte Eier.

GERUCHSBELÄSTIGUNG: Die Geruchsbelästigung beruht auf der Wahrnehmung unerwünschter Gerüche, die eine Störung des Wohlbefindens auslösen.

GERUCHSEINHEIT: 1 Geruchseinheit (GE) ist diejenige Menge (Teilchenzahl) Geruchsträger, die - verteilt in 1 m³ Neutralluft - entsprechend der Definition der Geruchsschwelle gerade eine Geruchsempfindung auslöst.

GERUCHSSCHWELLE: Die Konzentration von Geruchsträgern an der Geruchsschwelle führt bei 50 % der Probanden zu einer Geruchsempfindung.

GERUCHSSTOFFIMMISSION: Die Geruchsstoffimmissionen sind Einwirkungen von Geruchsstoffen auf den Menschen. Sie können beschrieben werden durch die Häufigkeit, Dauer, Qualität, Intensität und hedonische (= subjektive Bewertung der Geruchswahrnehmung zwischen den Extremen angenehm und unangenehm) Wirkung von Konzentrationen von Geruchsstoffen oberhalb der Geruchsschwelle.

GERUCHSSTUNDE: Unter einer Geruchsstunde wird eine positiv bewertete Einzelmessung verstanden. Eine Einzelmessung ist dann positiv zu bewerten, wenn der ermittelte Zeitanteil mit eindeutig erkennbarem Geruch einen bestimmten vorher festzulegenden Prozentsatz überschreitet. Im Allgemeinen und insbesondere nach der Immissionsrichtlinie des Landes Nordrhein-Westfalen wird dann von einer Geruchsstunde gesprochen, wenn der wahrnehmbare Zeitanteil 10 % der Erhebungszeit erreicht bzw. übersteigt.

GERUCHSZEITANTEIL: Während eines Messzeitintervalls bestimmen Probanden durch eine Aufzeichnung die Summe der Zeitabschnitte mit Geruchserkennung. Der Anteil dieser Zeitabschnitte am gesamten Messzeitintervall ist der Geruchszeitanteil.

GRILLEN: Rösten von Lebensmitteln meist tierischer Herkunft wie Fleisch, Fisch, Geflügel auf einem Gitterrost, Grillplatte oder am Spieß. Die Beheizung kann durch Holzkohle, Gas oder Infrarotstrahlung erfolgen.

KENNGRÖSSE DER GERUCHSSTOFFIMMISSION: Die Kenngröße der Geruchsstoffimmission ist der Quotient aus positiven Erhebungen, sogenannten Geruchsstunden, in denen der Zeitanteil von eindeutig erkennbaren Gerüchen einen festzulegenden Prozentsatz überschreitet und dem gesamten Erhebungsumfang. Sie entspricht - auf der mathematischen Grundlage der für das Jahr repräsentativen Erhebung - dem prozentuellen Anteil der Stunden eines Jahres, in denen Gerüche eindeutig erkennbar sind.

KOCHEN: Das Garen von Lebensmitteln in siedendem Wasser.

LEBENSMITTEL, NAHRUNGSMITTEL: Zusammenfassende Bezeichnung für Stoffe, die dazu bestimmt sind, in unverändertem, zubereitetem oder verarbeitetem Zustand von Menschen gegessen oder getrunken zu werden.

RÖSTEN: Erhitzen vor allem von Lebensmitteln pflanzlicher Herkunft (z.B. Kaffee, Kakao, Getreide, Malz, Hülsenfrüchte) ohne Wasserzusatz bis etwa 350 °C.

SCHMOREN: Langsames Dünsten von Fleisch, dessen Poren durch scharfes Anbraten geschlossen wurden.

SELCHEN (RÄUCHERN): Verfahren zur Konservierung von Fleisch, Wurstwaren und Fisch, das auf Einwirkung von Rauch aus schwelenden Laubhölzern (Eiche, Buche, Erle) zum Teil unter Zugabe von würzenden Bestandteilen, wie harzhaltigen Brennstoffen, Wacholderbeeren oder Heidekraut, beruht.

WRASEN (Wrasen niederdt. für Brodem = Qualm, Dampf, Dunst): Aus kleinen Wassertröpfchen bestehender Nebel, der bei der Abkühlung des unsichtbaren Wasserdampfes entsteht.

3 Grundlegende Sachverhalte

3.1 Geruch

3.1.1 Geruchsstoffe, Geruchsqualitäten

Gerüche werden durch in der Luft enthaltene Geruchsstoffe ausgelöst, die je nach Quelltyp oft als komplexes Gemisch verschiedener Einzelstoffe in sehr geringen Konzentrationen vorliegen.

Die Geruchswahrnehmung ist ein äußerst komplexer Vorgang.

Rieschwellen erfordern um den Faktor 10^{-4} bis 10^{-9} geringere Reizmolekülzahlen als Geschmacksschwellen. Man schätzt, dass der Mensch etwa 10.000 verschiedene Gerüche unterscheiden kann (im Gegensatz dazu kann der Mensch nur 4 bzw. 5 Qualitäten beim Geschmack unterscheiden.)

Die Qualitätseinteilung bzw. Beschreibung eines Geruches ist subjektiv und daher sehr schwierig. Chemische Kriterien scheiden für die Bestimmung von Geruchskategorien, -klassen und -komponenten ebenso wie beim Geschmack mancher Substanzen aus: so wie D-Aminosäuren häufig süß, ihre L-Stereoisomere aber bitter oder geschmacklos empfunden werden, riecht Carvon in der linksdrehenden Form nach Kümmel, rechtsdrehend aber nach Minze. Um eine gewisse Übersicht in die so zahlreichen Geruchskategorien zu bringen, zieht man die Amoore'schen Primärgerüche bzw. -düfte heran [VDI-Handbuch "Gerüche in der Außenluft"]. Die 7 bzw. 8 Geruchsklassen nach Amoore können heute jedoch nur der Groborientierung in der Vielfalt der Gerüche dienen. Tabelle 1: Geruchsklassen nach Amoore gibt an, welche Substanzen mit welchen Schwellenkonzentrationen diese Primärgerüche auslösen; ihre Abgrenzung wird mit olfaktometrischen "Kreuzhabituationen- bzw. Kreuzadaptationsversuchen" gestützt: zu einem Primärgeruch gehörige Stoffe beeinflussen sich gegenseitig in der Gewohnheit bzw. Anpassung.

Tabelle 1: Geruchsklassen nach Amoore				
Geruchs-klasse	Primär-geruch	charakteristischer Auslöser	Alltagsgeruch	Schwelle (Moleküle/ml)
1.	ätherisch	Dichlorethan	Fleckwasser	10^{14}
2.	kampferartig	Kampfer, 1,8-Cineol	Mottenpulver	10^{15}

3.	mo- schus- artig	Ringketone mit 15-17 C-Atomen (Zibeton, Muskon)	Angelika- Wurzelöl	10^{13} - 10^{15}
4.	blumig	α -Ionon, β -Phenylethanol	Rose, Nelke	10^{14}
5.	minzig	L-Menthol	Pfefferminz	10^{15}
6.	ste- chend	organ. Säuren (Ameisen-, Essig- säure)	Essig	10^{15}
7.	faulig	H ₂ S, Ethylmerkaptan	faule Eier	10^7 - 10^{10}
8.	schwei- ßig	Buttersäure, Isovaleriansäure	ranzige Butter	10^9 - 10^{11}

3.1.2 Geruchsschwellen

Allgemein gilt als Schwelle (Schwellenintensität) die minimale Reizquantität, die gerade noch eine biologische Reizantwort hervorrufen kann. Da biologische Systeme in ihrer Reizbeantwortung stark variieren können, bestimmt man Schwellen im Allgemeinen durch sogenannte "Grenzmethode": man beginnt mit einem schwachen Reiz, der unterschwellig, also noch nicht wahrnehmbar ist, und wiederholt die Reizdarbietung mit zunehmend stärkeren Reizen solange, bis eine Empfindung merkbar ist, oder man beginnt mit einem sicher überschwelligen Reiz, der schrittweise vermindert wird, bis keine Empfindung mehr merkbar ist.

Gerade bei chemischen Sinnen ist zwischen Wahrnehmungs- (Geruchs-) und Erkennungsschwelle gut zu unterscheiden. Die Geruchsschwelle entspricht derjenigen Reizintensität, die in 50 % der Reizdarbietungen zu der Empfindung führt, ohne dass die Reizqualität erkannt werden kann. Die Erkennungsschwelle liegt in der Regel um den Faktor 2 bis 5 höher als die Geruchsschwelle; sie entspricht derjenigen Reizintensität, die in 50 % der Reizdarbietungen zum Erkennen der Reizqualität führt.

3.1.3 Geruchsbelastung

Geruchsbelastungen sind sehr subjektiv. Die Beurteilung einer Geruchsbelastung hängt stark vom "sozial Erlernten" ab: für den Erwachsenen sind menschliche Exkrememente eklig und stinken; ein Kleinkind in der "anal Phase" ekelt sich vor (seinem eigenen und auch fremdem) Kot aber überhaupt nicht.

Sinnhaftigkeit oder "Unsinn" einer Geruchsbelastung spielen eine sehr große Rolle für die Motivation, sie mehr oder weniger positiv zu empfinden. Düngt ein Bauer seine Felder oder Wiesen, dann riecht die Gülle sicherlich auch für ihn nicht nach Rosen. Jedoch kann die Einsicht in die Notwendigkeit und das

Wissen um die zeitliche Begrenzung dieses Gestankes und dessen künftige Nützlichkeit diese Geruchsbelästigung erträglich machen. Hingegen können im Alltag als angenehm empfundene Gerüche sogar als ekelierend empfunden werden, wenn man dem Geruch (etwa aus einer Schokoladen- oder Lebkuchenproduktion) ohne beruflichen Bezug zu dessen Ursache hilflos ausgesetzt ist.

Schließlich wirken Substanzen stärker belästigend, deren Ursache man nicht kennt bzw. die man als aus einer chemischen Fabrik entwichenen Gefahrstoff fürchten zu müssen glaubt (z.B.: Kunstharzfabrik = Chemie = Gift). Dass ein Geruch Aversion (Angst!) oder Attraktion auslöst, ist eine seiner ursprünglich wichtigen und zuweilen sogar lebensrettenden oder lebenserhaltenden Funktionen (Warnfunktion vor Giften in der Umgebung und in der Nahrung).

Gerüche sind sehr erinnerungsintensiv: eine Geruchsempfindung kann eine sehr komplexe Situation aus der Vergangenheit heraufbeschwören und - wenn sie dramatisch war - den alten Schrecken unmittelbar wieder aufleben lassen. Bei manchen Menschen gibt es zunächst unerklärliche Depressionen bzw. Aggressionen, die sich bei genauer Analyse als Ausdruck einer z.B. durch Geruch angeregten, aber rational nicht erfassbaren unterbewussten Erinnerung herausstellen. In abgeschwächter Form ist das eine vielen Menschen bekannte Erfahrung: das Befinden kann sich schlagartig bei einem bestimmten Geruch negativ oder positiv verändern.

Beschwerden, die bei Geruchsbelastung und -belästigung auftreten können (Kopfschmerzen, Atembeschwerden, Heiserkeit, Augenflimmern, Übelkeit usw.) werden primär über das vegetative Nervensystem vermittelt und enthalten oft psychosomatische Anteile: je hilfloser sich jemand einer Geruchsbelästigung ausgesetzt fühlt und je weniger er sich in der Lage sieht, dagegen mit Erfolg etwas unternehmen zu können, desto schwerer wird dieser psychosomatische Anteil wiegen. Das kann dazu führen, dass der geruchsbelastete Mensch als querulantisch angesehen wird. Umgekehrt führt ein Ernstnehmen von Protesten gegen Geruchsbelastung zu einer "psychohygienisch" wertvollen Regulation; werden die Beschwerden ernstgenommen, bessert sich das subjektive Empfinden meistens sehr rasch.

3.1.4 Geruchswahrnehmung

Bei Dauerexposition gegenüber einem – sogar äußerst unangenehmen – Geruch lässt die Geruchsempfindung nach und hört schließlich auf; dies ist die Folge der ziemlich raschen Adaption des olfaktorischen Systems. Die Adaption ist auf den gerade wahrgenommenen Geruch beschränkt, während die Schwelle für andere Gerüche unverändert bleibt [BRAUER]. Da der Vorgang reversibel ist, ist dieses Adaptionsphänomen für die Immissionsituation in der Nachbarschaft geruchsstoffemittierender Betriebe mit stark schwankenden Immissionskonzentrationen jedoch nur von sekundärer Bedeutung. Wohl aber ist der Adaptionseffekt bei der Vornahme olfaktometrischer Messungen zu beachten [VDI 3940].

Mathematisch wird die Beziehung zwischen der psychisch erlebten Geruchsempfindung und dem auslösenden Reiz als physikalische Größe durch das Weber-Fechnersche Gesetz beschrieben, das für alle Sinnesorgane gilt:

$$L - L_0 = k * \lg (r/r_0)$$

r, r_0	Reizstärken
L, L_0	Sinneseindrücke
k	Proportionalitätsfaktor

Der Zusammenhang zwischen Geruchsstoffkonzentration und Geruchsstärke-Empfinden ist somit nicht linear sondern logarithmisch, d.h. eine Geruchsemissionsminderung um 90 % ergibt nur eine Halbierung des Geruchsempfindens. Im logarithmischen Maßstab kann das Geruchsempfinden als Geruchspegel als dB_{od} wie folgt dargestellt werden:

$$dB_{od} = 10 * \lg (c/c_0)$$

dB_{od}	Dezibel Geruch
c	Konzentration der Geruchsstoffe in der Probe
c_0	Konzentration an der Geruchsschwelle

Die menschliche Nase kann bezüglich der empfundenen Geruchsintensität etwa 3 dB sicher unterscheiden, also bei doppelter oder halber Geruchsstoffkonzentration (Mannebeck 2001).

4 Emissionen

4.1 Bäckereien

Nähere Einzelheiten zu den nachfolgenden Ausführungen können den im Literaturteil angeführten Quellen entnommen werden [DOOSE, SCHILD 1999].

4.1.1 Spezifische Begriffe

Anfrischen:

Unter Anfrischen ist die Vorbereitung der notwendigen Menge von Mikroorganismen für die Brotherstellung durch Beigabe von Roggenmehl und Wasser zu den Milchsäurebakterien (in Reinzucht) in fester oder flüssiger Form und durch Lagerung bei einer gewissen Temperatur definiert. Das Produkt, dass dabei entsteht, nennt man den Sauerteig.

Backmittel:

Backmittel sind Stoffe, die in genau dosierten, geringen Mengen dem Teig zugegeben werden, um damit die notwendige Qualität und eine leichtere Verarbeitung zu erreichen.

Sie tragen zur Lockerung des Teiges, besseren, rascheren Gärung, Verbesserung der Frischhaltung und des Geschmacks, Verhütung von Brotkrankheiten und zum optimalen Säureanteil bei.

Bei Roggenbrot werden als Backmittel im Wesentlichen Säuren, Quellmehle und Sauerteigextrakte, bei Weißbrot Fett- und Zuckerstoffe, Malzmehl, diverse organische Säuren, Emulgatoren und Lecithin dazugegeben.

Kleber:

Kleber sind im Getreide vorhandene Eiweißstoffe (Gluteline und Gliadine), sie sind die Voraussetzung für die Backfähigkeit des Getreides; sie verkleben unter Zugabe von Wasser zum sog. Klebergewebe und gerinnen während des Backvorganges unter Wasserabgabe zu festen verdaulichen Eiweißkomponenten.

Mikroorganismen:

Bei der Broterzeugung sind Säurebildner (z.B. Milchsäurebakterien) oder Hefen (Sprosspilze), welche die Umwandlung von Zucker zu Gasen und Säure bzw. zu Alkohol, d.h. die Gärung des Teiges bewirken, von Bedeutung. Auch bakterielle Sauerteigschädlinge gehören zu den relevanten Mikroorganismen.

Verkleistern:

Verkleistern ist die Umwandlung der im Getreide vorhandenen Stärke ab Temperaturen von ca. 55 °C zu makromolekularen Stoffen (Kleister), welche die Festigkeit des Brotes ergeben.

4.1.2 Typische Produkte und Backwaren

1. Roggenbrote, Roggenmischbrote:

Roggen- oder Roggenmischbrote haben einen Roggenmehlanteil von mehr als 30 %. Zur Erreichung der Backfähigkeit des Roggenmehls, für die Lockerung des Teiges und gleichzeitig auch für die Geschmacksausbildung des Roggenbrotes wird die sog. Sauerteigführung angewendet, wobei neben der Hefe auch Milchsäurebakterien als Säure- und Aromabildner aktiv sind.

2. Weizenbrote (Weißbrot, Semmel):

Bei Weißbroten wird ausschließlich Weizenmehl verwendet, die Teigaufbereitung und Teiglockerung erfolgt durch Hefebakterien (Hefeteigführung).

3. Feine Backwaren:

Feine Backwaren unterscheiden sich von Weizenbroten (einschl. Kleingebäck) dadurch, dass der Gehalt an zugesetzten Fett- und/oder Zuckerarten mindestens 10 %, bezogen auf die Mehlmasse, beträgt. Das Angebot an sogenannten "Feinen Backwaren" ist vielfältig, so können die Zusätze entweder direkt in den Teig eingemischt werden (z.B. Blätterteig, Mürbteig, Biskuitmassen, Lebkuchen, Milchbackwaren) oder vor dem Backvorgang in den fertigen Teig gefüllt werden (z.B. Topfenkuchen, Apfelstrudel).

Von der Teigführung her ist zunächst hervorzuheben, dass die Teigruhe bzw. Aufbereitung des Teiges im Vergleich zu Teigen ohne Zucker und Fett verlängert werden muss.

4.1.3 Arbeitsablauf Bäckerei

4.1.3.1 Auswahl und Vorbereitung der Rohstoffe

Von der Auswahl der geeigneten Rohstoffe und Zutaten hängt die Güte des Backgutes entscheidend ab. Als Rohstoffe kommen grundsätzlich Mehl, Wasser, Hefe (bei Roggenbrot Sauerteig), Backmittel und Kochsalz zum Einsatz, bei Feingebäck wird auch Margarine, Milch, Zucker, Marmeladen, Käse usw. zugesetzt. Aus 1 kg Mehl gewinnt man ca. 1,66 kg Teig. Zu 1.000 g Mehl gibt man 600 g Wasser, 20 g Hefe, 25 g Backmittel und 15 g Kochsalz zu.

Das Mehl soll vorher gesiebt, eventuell gemischt und temperiert werden, Wasser wird prinzipiell auf ca. 30 °C erwärmt.

4.1.3.2 Abmischen und Führen des Teiges

Bei der Herstellung von Roggenbrot wird zuerst ein sogenannter Sauerteig erzeugt, der nach der Beigabe ins Mehl-Wassergemisch die Grund- und danach die Vollsauerführung einleitet (Gesamtführungszeit ca. 12 Stunden).

Bei vielen Weizenhefeteigenen wie z.B. Feingebäck wird aus den vorbereiteten Rohstoffen und Zutaten sofort der Teig bereitet (direkte Teigführung). In zunehmendem Maße gehen die Bäcker jedoch dazu über, zunächst einen Vorteig bzw. einen Ansatz zu bereiten (indirekte Teigführung). Erst nach einer gewissen Abstezeit von 2 – 8 Stunden werden Backmittel und ein erhöhter Hefeanteil für die endgültige Teigbereitung zugesetzt. Die indirekte Teigbereitung ist zwar zeitlich aufwendiger, sie zeichnet sich jedoch durch wesentliche Vorteile wie besseren Geschmack, längere Frischhaltung und bessere Lockerung und Krumenbeschaffenheit aus.

4.1.3.3 Kneten des Teiges

Die erforderliche Dauer des Knetvorganges hängt von sehr vielen Faktoren wie Knetgeschwindigkeit, Größe der Reibungsfläche, Art und Größe des Teiges, Teigtemperatur, Führungsart (indirekt, direkt) und Mehlqualität ab. Sie beträgt 3 bis 30 Minuten.

4.1.3.4 Vorbereitung für den Backprozess

Wichtig für die Qualität der Gebäcke ist nach dem Knetvorgang auch eine gewisse Ruhezeit, die man als Teigreifung oder als Teigentwicklung vor dem Backvorgang bezeichnet. Die Teigruhe nach dem Kneten soll vor allem die Nachquellung des Klebers, die Entspannung der Teigoberfläche und die Gasbildung durch Hefe bzw. die Enzymtätigkeit ermöglichen. Während des Gärvorganges und der Teigruhe entsteht (als Gärgas) CO_2 , das die Auflockerung und die Blasen im Teig verursacht.

4.1.3.5 Backprozess

Der Teig ist kein Werkstoff in dem Sinne, dass er von Anfang an alle zur Verarbeitung erforderlichen Materialeigenschaften besitzt und diese auf die Dauer des Verarbeitungsprozesses auch behält, vielmehr ist der Teig ein hochempfindliches Material, in welchem während der gesamten Zeit der Aufarbeitung, d.h. auch vor allem während des Backvorganges, innerstoffliche Vorgänge ablaufen. Das kann man am Trieb bzw. an der Volumenveränderung sowie am Stand der Teiglinge beobachten. Dabei verändern sich auch die mechanischen Eigenschaften des Teiges bzw. die verarbeitungstechnische Beschaffenheit der Teigoberfläche. In der ersten Phase des Backvorganges treten Kohlendioxid und Wasserdampf aus dem Teigling aus.

Im Verlauf des Backprozesses wird der Teig in Gebäck umgewandelt; durch die Ofenhitze ändern sich die Festigkeit, Haltbarkeit, der Geschmack und die Verdaulichkeit des Produktes, wobei folgende Ursachen für die Veränderung verantwortlich sind:

- die Gerinnung der Klebereiweiße und die Verkleisterung der Stärke führen zu erhöhter Festigkeit
- die Enzyme werden zerstört, Mikroorganismen abgetötet, der Wassergehalt sinkt infolge Verdampfung, das Produkt wird haltbarer
- es werden zusätzliche Aromastoffe und Röstprodukte gebildet, die dem Gebäck den üblichen ureigenen Geschmack geben
- die Verkleisterung des Stärkeanteiles macht das Gebäck erst richtig verdaulich.

Als wesentliche Vorgänge, die hintereinander bei verschiedenen hohen Temperaturen ablaufen, sind die Krumenbildung bis zu einer Temperatur von ca.

100 °C und die Krustenbildung im Außenbereich der Teiglinge bis zu einer Temperatur von ca. 200 °C.

Während der Krumenbildung laufen folgende wesentliche Vorgänge ab:

- Intensive Gärung der Hefe (Ofengare) bis ca. 60 °C
- Verstärkte Enzymtätigkeit bis 80 °C
- Absterben der Hefepilze und Säurebakterien bei ca. 50 – 60 °C
- Stärkeverkleisterung ab 55 °C
- Gerinnung der Klebereiweiße von 55 –70 °C
- Abtötung der Schimmelpilze bei 80 °C
- Verdampfung von Alkoholen und Wasser von ca. 80 – 100 °C
- Entstehung von Geschmackstoffen

Durch verstärkte Enzymtätigkeit entstehen bis ca. 100 °C Dextrine, Zucker und lösliche Eiweiße; durch erhitzte Säuren wird aus Stärke Zucker abgespalten. Durch Reaktion erhitzter Säuren mit Alkohol entstehen Geschmackstoffe wie Ester.

Die Krustenbildung führt vorwiegend zu

- Verhärtung durch Austrocknung
- Verhärtung durch Karamelisierung des Zuckers
- Entstehung von Geschmackstoffen
- Braunfärbung infolge chemischer Umwandlungsvorgänge.

4.1.4 Bau- und Beheizungsart von Backöfen

Backöfen unterscheiden sich nach der Beheizungsart, dem System der Wärmeübertragung, der Bauweise, Brennstoffart und Beschickungsart:

Beheizungsart, Brennstoffe:

Backöfen werden neuerdings auch direkt entweder mit Heißluft aus Gasbrennern oder mit Heißluft und Strahlung aus elektrischer Energie beheizt, meist wird die heiße Luft umgewälzt, dabei mehrmals mit einer Temperatur von ca. 220 °C durch den Ofen geführt, mit Wasserdampf angereichert und dann ins Freie geblasen. Heizöl kommt bei Bäckereien aus hygienischen Gründen nur mehr als Brennstoff bei indirekt befeuerten Öfen d. h. mit Wärmetauschern zum Einsatz.

Indirekt beheizte Systeme benötigen einen Wärmetauscher, über ihn wird Frischluft erhitzt und in den Ofen geführt, wobei das Abgas aus den Verbrennungsanlagen mit dem Gebäck nicht in Berührung kommt.

Bauweise, Beschickungsarten:

Als Material für den Ofen selbst kommen Speichersteine oder Stahlteile bzw. Kombinationen beider zum Einsatz. Nach der Beschickungsart spricht man von Einschießofen, Auszugsofen, Etagenofen, Backschrank, Durchlaufofen usw.

4.1.5 Emissionen

Abluftemissionen in Form von Geruchsstoffen sind in relevantem Ausmaß ausschließlich durch den Backvorgang gegeben, die vorhergehenden Arbeitsabläufe sind als ausgesprochen emissionsarm einzustufen.

Durch die hohen Temperaturen in der Kruste laufen chemische Reaktionen ab, bei denen besonders zahlreiche Geschmackstoffe in erster Linie Melanoidine (Verbindungen aus Zuckern mit Aminosäuren), Furfurole, Zuckercouleur, Aldehyde und Ester gebildet werden. Bekannt sind noch über 70 weitere Stoffe, die in der Kruste entstehen können und die den Geschmack beeinflussen.

Diese Aromastoffe entweichen durch die hohen Temperaturen im Backofen mit der Abluft, sie hinterlassen einen eher angenehmen Geruchseindruck.

Die Geruchsstoffe aus Backöfen entweichen nur zum Teil direkt über eventuell vorhandene Schwadenabsaugungen im Ofen bzw. im Bereich des Einlaufes und Auslaufes, ein wesentlicher Teil der Geruchsstoffe verbreitet sich meist im Umgebungsbereich des Ofens und wird über vorhandene Fenster bzw. Hallenabluftsysteme ins Freie geführt. Eine ausreichend genaue, emissionstechnische Erfassung der gesamten Geruchsfreisetzung ist somit nicht möglich.

Geruchserhebungen bzw. Geruchsbegehungen im Bereich von Bäckereien und die Rückrechnung der ermittelten Immissionswerte auf die Verursacher ergeben eine spezifische, abgeschätzte Gesamtemission aus dem Ofen von 800 – 1600 Geruchseinheiten pro Kilogramm fertiger Backware, wobei dieser Wert von verschiedenen Faktoren (Produkt, Ofentemperatur, Backverfahren usw.) abhängt.

4.2 Fischverwertung

Zur Verwertung von Fisch kommen im Rahmen der Lebensmittelindustrie folgende Behandlungsverfahren in Betracht:

Kochen oder Dämpfen,
Braten oder Frittieren,
Selchen.

Bei der Fischverwertung (Fischverarbeitung) treten geruchsintensive Stoffe auf, die einerseits vom Fisch selbst, vom Behandlungsmedium (z.B. Frittieröl, Selchrauch) oder von den Verarbeitungszutaten (z.B. Gewürzen) herrühren.

Frischer Fisch enthält in Spuren Substanzen wie niedrigmolekulare organische Carbonylverbindungen (Aldehyde und Ketone) sowie Spuren von Pyridin und Trimethylamin, die den Seefischen den typischen Geruch verleihen. Bei frischer Ware ist die Geruchsintensität vergleichsweise gering. Bei der Zersetzung der im Fisch enthaltenen Proteine, der anderen stickstoffhaltigen Verbindungen und der polyungesättigten Fettsäuren entstehen – insbesondere bei der Erhitzung - Substanzen, die bereits in sehr geringer Konzentration stark riechen (Karbonsäuren, Mercaptane, Ammoniak).

4.2.1 Kochen, Dämpfen

Frische oder aufgetaute Fische werden gereinigt, in Wasser gekocht oder gedämpft, anschließend in Portionspackungen gegeben und nach Bedarf garniert. Die Portionspackungen werden verschlossen und gekühlt gelagert.

Typische Produkte: Hering in Gelee oder Aspik, Fische in Konserven

Emissionen: Wasserdampf und begleitende Geruchsstoffe, sowie Geruchsstoffe aus der Herstellung von Zutaten (z.B. Aspik).

4.2.2 Braten, Frittieren

Frische oder aufgetaute Fische werden nach der Reinigung und dem nachfolgenden Panieren im Ölbad bei 155 bis 165 °C gebraten bzw. frittiert.

Fischstäbchen werden aus gefrorenen Platten von Fischfilets herausgesägt, paniert und im Ölbad angebraten (wobei der Kern gefroren bleibt), an der Luft abgekühlt, wieder eingefroren und verpackt.

Typische Produkte: Fischstäbchen, Brathering

Emissionen: Wasserdampf- und Fettaerosole und die diesen Aerosolen anhaftenden Gerüche. Die aus Frittierbädern freigesetzten Geruchsstoffe enthalten NH_3 , Amine, Aldehyde und freie Fettsäuren.

4.2.3 Selchen (Räuchern)

Je nach der Prozesstemperatur (Kammertemperatur) unterscheidet man beim Selchen von Fisch zwischen Heißräuchern und Kalträuchern. Zur Technologie des Räucherns siehe auch Abschnitt 4.3.4.1.

Emissionen: Phenol, Acrolein, Formaldehyd, polyzyklische Aromaten, kurzkettige organische Säuren, Teerstoffe usw. mit einer Emissionskonzentration (angegeben als C_{ges}) bis etwa 5000 mg/m^3 . Die Geruchsintensität liegt im Bereich von 10^3 bis 10^5 GE/m^3 .

4.2.3.1 Heißräuchern

Heißräuchern ist eine Rauchbehandlung, bei der infolge der hohen Kammertemperaturen gleichzeitig ein Gar- und Trocknungsprozess stattfindet. Räucheranlagen können mit Einrichtungen zur Regelung von Temperatur und rel. Luftfeuchtigkeit ausgestattet sein.

Kammertemperatur: 30 °C bis 100 °C

rel. Luftfeuchtigkeit: 50 – 90 %

Räucherzeit: 5 - 250 Minuten.

Räuchermittelverbrauch: <20 – 400 g/kg Produkt

Abgasvolumenstrom: je nach Räucheranlage zwischen $0,2 - 9 \text{ m}^3/\text{kg}$ Produkt

Typische Produkte: Bückling, Makrele, Aal, Sprotte, Forelle, Schillerlocke.

4.2.3.2 Kalträuchern

Kalträuchern erfolgt im Langzeitverfahren mit frischentwickeltem Rauch

Kammertemperatur: 15 – 30 °C

rel. Luftfeuchtigkeit: 60 – 85 %

Räucherzeit:	3 - 24 Stunden, mitunter wird in gemauerten Räucheröfen mehrtägig mit Rauch geringerer Konzentration geselcht
Räuchermittelverbrauch:	30 - 280 g/kg Produkt
Abgasvolumenstrom:	je nach Räucheranlage zwischen 0,2 - 9 m ³ /kg Produkt
Typische Produkte:	Lachs, Heringsfilet oder filetierter Heilbutt.

4.3 Fleischhauerei

Im Rahmen der Fleischverarbeitung in Fleischhauereien kommen folgende Wärmebehandlungsverfahren in Betracht:

Brühen
Kochen
Braten
Selchen

Beim Erhitzen von Fleisch werden folgende Aromastoffe gebildet und tragen entscheidend zur Entstehung von Gerüchen bei:

Durch die Oxidation von ungesättigten Fettsäuren werden ungesättigte Carbonylverbindungen gebildet. Weiters entstehen flüchtige Produkte der Maillard-Reaktion, bei der stickstoffhaltige Verbindungen (z.B. Aminosäuren) mit Zucker reagieren. Es gilt als wahrscheinlich, dass schwefelhaltige Verbindungen maßgeblich am Zustandekommen des typischen Fleischgeruches (beim Erhitzen) beteiligt sind. Weiters wird diskutiert, dass Schwefelwasserstoff und Ammoniak, die beim Erhitzen von Fleisch in Spuren gebildet werden, zusammen mit Carbonylverbindungen instabile Zwischenprodukte bilden, die bestimmte Aromawirkungen entfalten.

4.3.1 Brühen

Brühwürste sind durch Brühen behandelte Wurstwaren aus Rind- und Schweinefleisch. Das Fleisch zum Herstellen der Brühwurst wird entweder gleich nach dem Schlachten verarbeitet oder es wird gefrorenes Fleisch verwendet. Das Fleisch zum Herstellen der Brühwurst wird vor dem Abfüllen in Därme nicht gekocht. Brühwurst wird nach dem Füllen in geeigneten Hüllen (Natur- oder Kunstdarm) heißgeräuchert und gebrüht oder nur gebrüht.

Nach dem Brühen wird die Ware schnell abgekühlt (an der Luft oder mittels Wasserdusche).

Schinken wird meist nur gebrüht, aber man kann ihn auch vorher (Bein-schinken) oder nachher (z.B. Prager Schinken) selchen.

Brühtemperatur: 72 - 78 °C, wobei eine Kerntemperatur in der Wurst von 72 °C angestrebt wird.

Brühdauer: je nach Kaliber (Querschnitt der Ware) 1 – 10 Stunden (z.B. Kaliber 90 - Wurst (Krakauer) mit 9 cm Durchmesser: 3,5 Stunden)

Typische Produkte: Frankfurter Würstel, Pariser, Extrawurst, Bein- oder Press-Schinken, Mortadella

Emission: Wasserdampf (Brüden) und Geruch (Fettaerosole). Werden für die Wurst wasserdampfundurchlässige Hüllen (Kunstdärme) verwendet, entstehen keine spezifischen von der Wurst herrührenden Geruchsemissionen.

4.3.2 Kochen

Das Kennzeichen von Kochwürsten (im Gegensatz zu Brühwürsten) liegt darin, dass das für die Wurstherstellung verwendete Fleisch zunächst gekocht, zerkleinert, gewürzt und dann in Därme (Kunst- oder Naturdärme) gefüllt wird. Nach dem Füllen in Därme werden die Würste gebrüht und je nach Produkt geselcht. Für die Herstellung von Kochwürsten wird hauptsächlich Schweinefleisch verwendet.

Temperatur: 85 - 100 °C, wobei auf eine Kerntemperatur bis 75 °C erhitzt wird.

Kochdauer: bis 3 Stunden

Typische Produkte: Blutwurst, Leberwurst, Presswurst

Emission: Brüden und Gerüche nach Fleischwaren und einzelnen Rezepturbestandteilen.

4.3.3 Braten

Unter Braten versteht man das Wärmebehandeln von Fleisch oder Wurst in trockener Hitze im Bratschrank bzw. in der Koch- oder Selchkammer.

Temperatur:	bis ca. 180 °C, wobei auf eine Kerntemperatur von 72 - 75 °C geachtet wird
Gardauer:	2,5 bis 3,5 Stunden
Typische Produkte:	Leberkäse, Kümmelbraten
Emission:	Bratendämpfe, Gerüche nach Fleischwaren und einzelnen Rezepturbestandteilen

4.3.4 Selchen (Räuchern)

4.3.4.1 Technologie des Räucherns

Räuchern ist eine Methode zur Behandlung bestimmter Lebensmittel, besonders von Fleisch oder Fisch, bei der Rauch (d.h. ein Gemisch aus Gasen, Aerosolen und Dämpfen unvollständig verbrannter bzw. pyrolytisch zersetzter Räuchermittel) auf das Räuchergut einwirkt. In speziellen Fällen enthält der Rauch Rußpartikel (Schwarzrauch). Selchrauch wirkt konservierend und verbessert die Haltbarkeit, den Geschmack, den Geruch und das Aussehen des Produktes. Gleichzeitig wird die Oberfläche des Produktes verfestigt.

Zur Raucherzeugung werden Hölzer, Zweige, Heidekraut, Nadelholzsaamenstände und ggf. Gewürze verwendet. Das Holz wird in Form von Sägemehl, Hackspänen oder Holzstäben eingesetzt.

Bei allen Raucherzeugungsverfahren wird die Temperatur des Räuchermittels (Pyrolysetemperatur) in einem Bereich gehalten, in dem die für die Räucherung gewünschten Rauchinhaltsstoffe (Aromastoffe, färbende und konservierende Stoffe) freigesetzt werden.

Räucheranlagen bestehen im allgemeinen aus dem externen oder internen Raucherzeuger, der Räucherammer, der Luftbehandlungsanlage (Regelung von Temperatur und Luftfeuchtigkeit, Luftumwälzung) und der Abluftanlage. In manchen Räucheranlagen ist es möglich, gleichzeitig mit oder nach dem Räuchern weitere Behandlungen des Produktes durchzuführen (z.B. Erhitzen, Brühen, Duschen, Trocknen).

Raucherzeuger liefern entweder Glimmrauch, Reibrauch oder Dampfrauch.

Glimmrauch wird durch die Verschwelung von Sägespänen, Baumrinden, Zweigen oder anderen Räuchermitteln erzeugt.

Für die Herstellung von Reibrauch wird ein Holzstab gegen ein rotierendes Reibrad (aufgeraute Stahlwalze) gepresst, wodurch der Holzstab an der Reibstelle auf 350 – 400 °C erhitzt wird, was örtlich zu einem Schwelprozess führt. Reibraucherzeuger können auch intermittierend arbeiten.

Bei Dampfrauch wirkt überhitzter Wasserdampf oder Wasserdampf-Luft-Gemisch (Temperatur 360 - 400 °C) auf gehackte Holzspäne. Die Rauch- und Aromastoffe, die bei der Durchleitung des Dampfes durch die Späne durch Pyrolyse und partielle Oxidation entstehen, werden vom Dampf mitgeführt. Ein Teil des so gewonnenen Dampfrauches kondensiert an der Produktoberfläche und überträgt Farb- und Aromastoffe auf das Räuchergut. Der nicht kondensierte Dampf kann in einem nachgeschalteten Kondensator niedergeschlagen werden.

Als Räucherammern dienen gemauerte oder aus Metall gefertigte ein- oder mehrgeschossige Räume bzw. Kammern. Das Räuchermaterial verschwelt entweder innerhalb der Kammer oder wird aus externen Raucherzeugern zugeführt.

Je nach Prozesstemperatur (Kammertemperatur) unterscheidet man zwischen Kalträuchern, Warmräuchern und Heißräuchern. Als spezielles Räucherverfahren gilt das "Schwarzräuchern". Das Selchen erfolgt vorwiegend nach dem Verfahren des Heißräucherns oder Kalträucherns, seltener nach dem Verfahren des Warmräucherns oder des Schwarzräucherns.

Moderne Räucherammern können zusätzlich beheizt werden. Die Beheizung erfolgt entweder elektrisch oder durch einen Gasbrenner bzw. erfolgt indirekt mittels Wärmeträger (Wärmeträgeröl oder Heißwasser).

Räucherammern arbeiten entweder im Durchzugs- oder im Umluftbetrieb. Im Durchzugsprinzip entsteht die Rauchströmung durch den thermischen Auftrieb bzw. durch einen Saugzugventilator. Beim Umluftprinzip wird der Selchrauch zwischen Raucherzeuger und Selchkammer im Kreislauf geführt, wobei ein gewisser Frischluftanteil für den Abtransport der Produktfeuchte sorgt.

Von dem erzeugten Rauch schlägt sich ein Teil an der Oberfläche des Produktes, den Kammerwänden, in den Kanälen der Ablufteinrichtungen oder in nachgeschalteten Luftbehandlungseinrichtungen nieder. Der Rest wird emittiert.

4.3.4.2 Heißräuchern

Beim Heißräuchern findet in der Räucherammer bei den hohen Behandlungstemperaturen gleichzeitig ein Garprozess statt. Beim Selchvorgang wird die Kammertemperatur stetig gesteigert (von etwa 50 °C zu Beginn bis auf 78 °C). Die Luftfeuchte in der Kammer kann geregelt werden.

Kammertemperatur:	50 - 78 °C bei 35 - 100 % relativer Luftfeuchte.
Räucherzeit:	15 - 150 Minuten (z.B. Frankfurter: 15 - 25 min, Extrawurst: 24 - 40 min, Dürre: 150 min)
Räuchermittelverbrauch:	3 - 12 g/kg Produkt
Abgasvolumenstrom:	für eine Selchwageneinheit (2 m ³ Inhalt) etwa 600 m ³ /h.
Typische Produkte:	Brühwürste (z.B. Frankfurter Würstel, Extrawurst, Knacker), Dauerwürste (Wiener, Polnische) oder Selchfleisch.
Emission:	Rauchabgas als komplexes Stoffgemisch, von dem nur ein relativ kleiner Teil der Komponenten qualitativ bekannt ist. In relevanten Mengen enthält die Gasphase des Selchrauches u.a. Kohlenstoffmonoxid, Phenole, Acrolein und kurzkettige organische Säuren; die Aerosolphase enthält u.a. länger-kettige organische Säuren, Teerstoffe und in geringen Mengen Formaldehyd und polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe.

4.3.4.3 Kalträuchern

Das Kalträuchern erfolgt mit frisch entwickeltem Rauch. Man unterscheidet ferner zwischen "Langzeiträuchern" im sog. "Naturrauch", d.h. wochenlange Zugabe von Rauch in geringer Konzentration und "Kurzzeiträuchern" im sog. "Natur- oder Klimarauch", d.h. kurzzeitige Zugabe von Rauch hoher Konzentration.

Temperatur:	15 - 25 °C bei relativer Luftfeuchte von 75 - 94 %
Räucherzeit:	bis zu 6 Wochen.
Räuchermittelverbrauch:	bis 150 g/kg Produkt
Abgasvolumenstrom:	für eine Selchwageneinheit (2 m ³ Inhalt) bis 350 m ³ /h.

Typische Produkte: Kantwurst, Landjäger, Schinkenspeck, Bauchspeck, Kochwurst
 Emission: Zusammensetzung des Rauchgases entspricht etwa jenem des Heißräucherns.

4.3.4.4 Warmräuchern

Beim Warmräuchern wird das Selchgut bei mittlerer Temperatur einige Stunden behandelt.

Temperatur: 25 - 60 °C bei einer rel. Luftfeuchte von 50 - 85 %
 Räucherzeit: 2 - 24 Stunden
 Räuchermittelverbrauch: 3 - 12 g/kg Produkt
 Abgasvolumenstrom: bis 600 m³/h je Selchwageneinheit (2 m³ Inhalt)
 Emission: Zusammensetzung des Rauchgases entspricht etwa jenem des Heißräucherns
 Typische Produkte: Kaiserfleisch (Schweinebauch)

4.3.4.5 SchwarZRäuchern

Das SchwarZRäuchern ist ein spezielles Räucherverfahren, welches als Räuchermittel Nadelholzspäne, Reisig von Nadel- und Weichhölzern, harzhaltiges Sägemehl oder Hartholzspäne einsetzt.

Typische Produkte: "Landschinken" oder "Schwarzwälder Schinken".
 Emission: Zusammensetzung des Rauchgases entspricht etwa jenem des Heißräucherns

4.4 Gaststätten und Großküchen

4.4.1 Verfahren zur Zubereitung von Speisen (Stofflockerung durch Garen)

Tabelle 2: Grundverfahren zur Zubereitung von Speisen			
Grundverfahren	Beschreibung	Arbeitsmittel	Beispiel
Dämpfen	Garen in Wasserdampf bei einer Temperatur um 100 °C und mehr	Kochkessel unter Verwendung von Einsätzen, Herd	Dämpfen von Kartoffeln, Gemüse

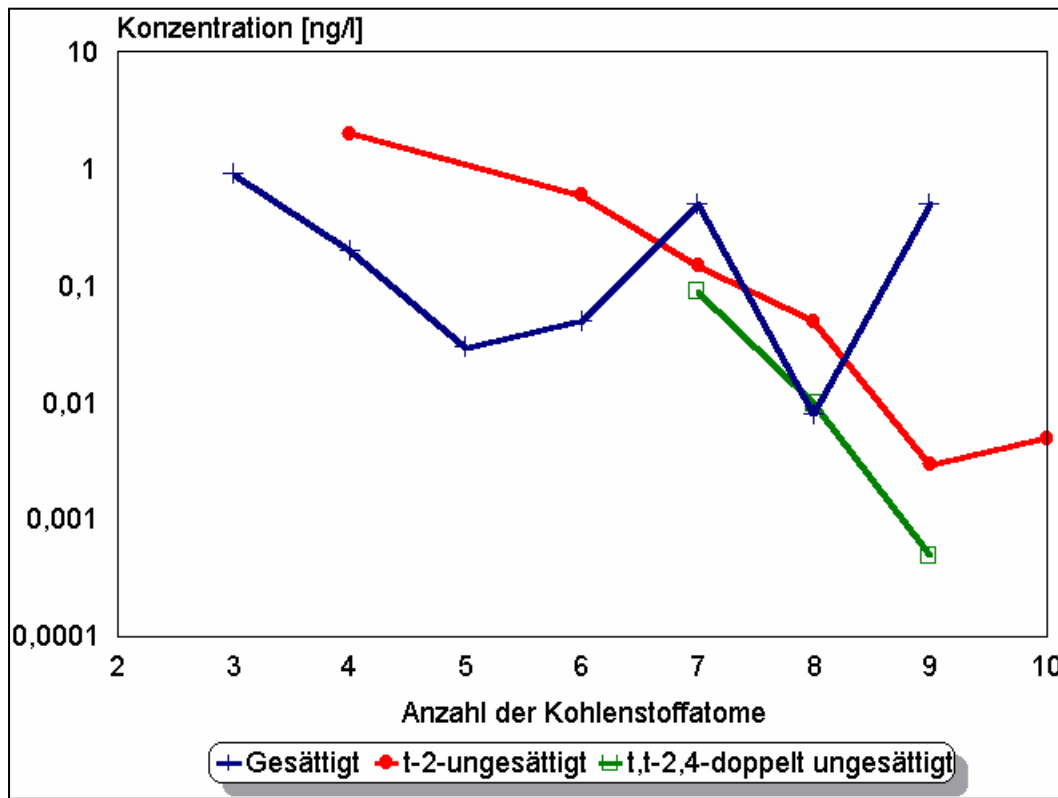
Garziehen	Garen in Wasser oder Wasserdampf bei Temperaturen von 75 bis 100 °C	Herd, Hockerkocher, Luftkochschrank, Kochkessel	Garziehen von Kartoffeln, Gemüse
Dünsten	Garen in Stoffmischungen aus Wasser, Fett und Wasserdampf bei Temperaturen um 100 °C	Herd, Hockerkocher, Kippbratpfanne, Kochkessel	Dünsten von Gemüse, Fisch und Fleisch
Kochen	Garen in Wasser von 100 °C	Herd, Hockerkocher, Kochkessel	Kochen von Kartoffeln, Teigwaren, Eiern und Fleisch
Braten	Garen in einem Fettfilm bei einer Temperatur um 200 °C	Etagenbratofen, Bratröhre, Kippbratpfanne, Bratenplatte	Braten von Fleischportionsstücken, Anbraten von Großfleischstücken
Schmoren	Garen in einem Stoffgemisch bei Temperaturen um 120 °C nach vorherigem Braten	Kippbratpfanne, Herd mit Kasserolle, Etagenbackofen	Schmoren von Fleisch (Gulasch, Roulade, Braten)
Frittieren im Fettbad	Garen in einem Fettbad mit Temperaturen von 160 bis 200 °C	Friteuse	Frittieren von Pommes Frites, Fisch, Kurzbratfleisch
Backen	Garen in Luft bei einer Temperatur von 200 bis 250 °C	Etagenbackofen, Backrohr	Backen von Backwaren, Geflügel, Bratfleischstücken
Grillen	Garen bei Temperaturen von 300 °C durch Leitung und Strahlung	Grillplatte, Infrarotgrill	Grillen von Geflügel, Portionsfleischstücken und Würsten
Rösten	Garen bei Temperaturen um 350 °C durch Leitung, Konvektion und Strahlung	Rostgrill	Rösten von Geflügel, Portionsfleischstücken und Würsten

4.4.2 Geruchsintensive Stoffe in der Abluft

Stoffe, die für den Geruch und den Geschmack von Lebensmitteln verantwortlich sind, sind im allgemeinen Substanzen, die Heteroatome (Stickstoff, Schwefel, Sauerstoff) oder konjugierte Doppelbindungssysteme enthalten. Beispiele für Substanzgruppen mit Heteroatomen sind Furane, Furanone, Thiophene, Pyrazine, Thiazole. Viele dieser Verbindungen entstehen erst bei der thermischen Behandlung der Lebensmittel. In Nahrungsmitteln, die Kohlehydrate und Aminosäuren enthalten, bilden sich bei Erhitzen Reaktionsprodukte, die für die Bräunung und die Ausbildung von Aromen und Geruchsstoffen verantwortlich sind (Maillard-Produkte) [IKAN 1996]. Beim Erhitzen von Fetten entstehen geruchsintensive Oxidationsprodukte z.B. durch oxidative Spaltung von Doppelbindungen der Fettsäureketten. Es entstehen dabei Aldehyde – sie sind überwiegend für den Geruch verantwortlich - Ke-

tone, Hydroxikarbonsäuren und ähnliche Substanzklassen. Viele dieser Stoffe besitzen sehr niedrige Geruchsschwellen [GUNSTONE et al, 1983].

Abbildung 1: Geruchsschwellen von gesättigten und ungesättigten Aldehyden in der Gasphase [HALL 1983]



4.4.3 Messergebnisse von Geruchsstoffen in der Küchenabluft

In der folgenden Tabelle 3 sind anonymisierte Analysenergebnisse über Messungen von Geruchszahlen aus der Abluft von Küchen dargestellt. Diese stammen zum Großteil aus Gutachten, die im Zuge von Genehmigungsverfahren zu erstellen waren. Zu erkennen ist neben den Geruchszahlen im Rohgas auch der Wirkungsgrad der eingesetzten Geruchsminderungsmaßnahmen, die Geruchszahlen können dabei in einem weiten Bereich schwanken. In problematischen Fällen wird daher eine Messung zur Erfassung der Emissionssituation erforderlich sein, auch wenn klar ist, dass das Emissionsverhalten entscheidend von den Betriebsbedingungen und vom Wartungszustand der Fett- und Geruchsabscheider abhängt. Das Ableiten von "Emissionsfaktoren" erscheint derzeit nicht zielführend. Das angesprochene "Westrand-Verfahren" arbeitet mit einem Mittel zur "Geruchsneutralisation",

das in den Abluftstrom eingedüst wird. Die Praxistauglichkeit konnte bei diesen Versuchen nicht nachgewiesen werden.

Tabelle 3: Zusammenstellung von Geruchsmessungen aus der Abluft von Küchen

	Datum	untersuchte Abluft	Abluftreinigung	Abluftvolumen [Nm ³ /h]	Rohgas [GE/m ³]	Rohgas [GE/h]	Reingas [GE/m ³]	Reingas [GE/h]	Wirkungsgrad
1a	31.01.92	Gastraum	Aktivkohle	1500			24	3,60 · 10 ⁴	
1b		WC	Aktivkohle	360			26	9,36 · 10 ³	
2	04.09.93	Küchenabluft	Fettabscheider, Aktivkohle	250			4,71	1,18 · 10 ³	
3	16.07.97	Küchenabluft	Fettabscheider, Aktivkohle	4930			31	1,53 · 10 ⁵	
4a	26.07.97	Küchenabluft	Fettabscheider, Aktivkohle	1475	610	9,00 · 10 ⁵	480	7,08 · 10 ⁵	21 %
4b			+ Westrand	1475	610	9,00 · 10 ⁵	510	7,52 · 10 ⁵	16 %
4c			Fettabscheider, Aktivkohle	1475	360	5,31 · 10 ⁵	260	3,84 · 10 ⁵	28 %
4d			+ Westrand	1475	360	5,31 · 10 ⁵	220	3,25 · 10 ⁵	39 %
5	21.11.97	Küchenabluft	Fettabscheider, Aktivkohle	1475	530	7,82 · 10 ⁵	130	1,92 · 10 ⁵	75 %
6a	16.06.98	Hauptküche	Aerosolabscheider, Aktivkohle	29350	275	8,07 · 10 ⁶	101	2,96 · 10 ⁶	63 %
6b		Küche 2.OG	Aerosolabscheider, Aktivkohle	7400	55	4,07 · 10 ⁵	31	2,29 · 10 ⁵	44 %
6c		Geschirrspülraum	Aktivkohle	3900			16	6,24 · 10 ⁴	
7a	08.07.99	Hauptküche	Aerosolabscheider, Aktivkohle	27500	45	1,24 · 10 ⁶	15	4,13 · 10 ⁵	67 %
7b		Küche 2.OG	Aerosolabscheider, Aktivkohle	7986	28	2,24 · 10 ⁵	10	7,99 · 10 ⁴	64 %
7c		Geschirrspülraum	Aktivkohle	3900	18	7,02 · 10 ⁴	13	5,07 · 10 ⁴	28 %
8	12.11.96	Küchenabluft	Aerosolabscheider, Aktivkohle	6080			17	1,03 · 10 ⁵	
9	22.1.98	Küchenabluft	Fettfilter, Aktivkohle	1126	59	6,64 · 10 ⁴	16	1,80 · 10 ⁴	73 %
10a	30.1.98	Küchenabluft + Reinigungsmittel	Fettfilter, Aktivkohle	1680	100	1,68 · 10 ⁵	35	5,88 · 10 ⁴	65 %
10b		Nachmessung (ohne Fremdgeruch)	Fettfilter, Aktivkohle	1680			16	2,69 · 10 ⁴	

11	23.9.98	Küchen- abluft	Vorfil- ter(?), Aktivkohle	3926	54	$2,12 \cdot 10^5$	10	$3,93 \cdot 10^4$	81 %
12	01.4.99	Küchen- abluft	Vorfilter, Feinstaub- filter, Aktiv- kohle	3185			13	$4,14 \cdot 10^4$	
13a	23.9.00	Küchen- abluft	k.A.	3400			60	$2,04 \cdot 10^5$	
13b		Gastraum		3400			20	$6,80 \cdot 10^4$	
14a	25.8.00	Küchen- abluft	Vorfilter, Abluft- taschen- vorfilter, Aktivkohle	6350	79	$5,02 \cdot 10^5$	31	$1,97 \cdot 10^5$	61 %
14b		Küchen- abluft	-'''-	6350	97	$6,16 \cdot 10^5$	32	$2,03 \cdot 10^5$	67 %
14c		Küchen- abluft	-'''-	6350	167	$1,06 \cdot 10^5$	54	$3,43 \cdot 10^5$	68 %
14d		Küchen- abluft	-'''-	6350	108	$6,86 \cdot 10^5$	52	$3,30 \cdot 10^5$	52 %
14e		Küchen- abluft	-'''-	6350	52	$3,30 \cdot 10^5$	29	$1,84 \cdot 10^5$	44 %
14f		Küchen- abluft	-'''-	6350	98	$6,22 \cdot 10^5$	45	$2,86 \cdot 10^5$	54 %
14g		Küchen- abluft	-'''-	6350	79	$5,02 \cdot 10^5$	36	$2,29 \cdot 10^5$	54 %
15a	31.07.02	Küchen- abluft	-'''-	2117	316	$6,69 \cdot 10^5$	203	$4,30 \cdot 10^5$	36 %
15b		Küchen- abluft	-'''-	2117	316	$6,69 \cdot 10^5$	165	$3,49 \cdot 10^5$	48 %
16a	17.05.02	Küchen- abluft	-'''-	2117	1154	$2,44 \cdot 10^6$	112	$2,37 \cdot 10^5$	90 %
16b		Küchen- abluft	-'''-	2117	1154	$2,44 \cdot 10^6$	119	$2,52 \cdot 10^5$	90 %
17a	11.07.02	Küchen- abluft	-'''-	2117	2900	$6,14 \cdot 10^6$	1300	$2,75 \cdot 10^6$	55 %
17b		Küchen- abluft	-'''-	2117	2900	$6,14 \cdot 10^6$	1400	$2,96 \cdot 10^6$	52 %

Abbildung 2: Geruchsstoffkonzentration in Küchenabluft

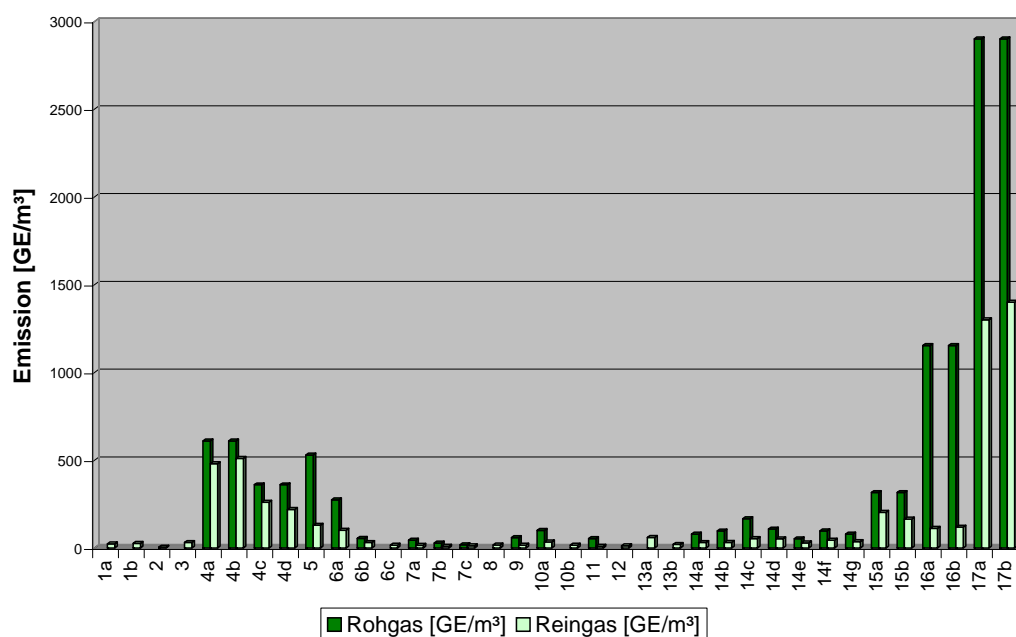


Abbildung 3: Geruchstoffmassenströme in Küchenabluft

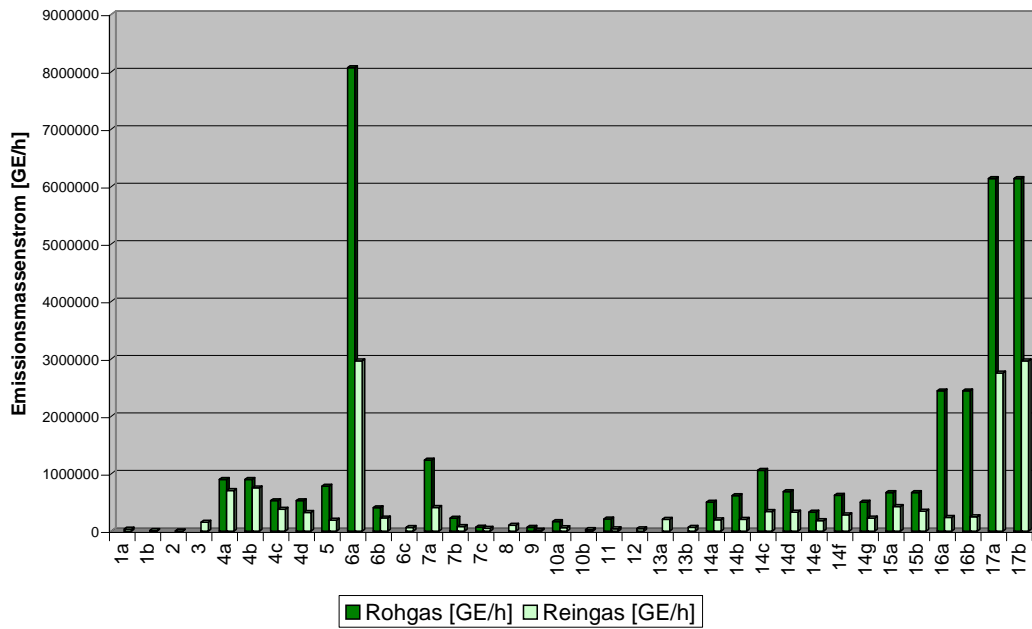
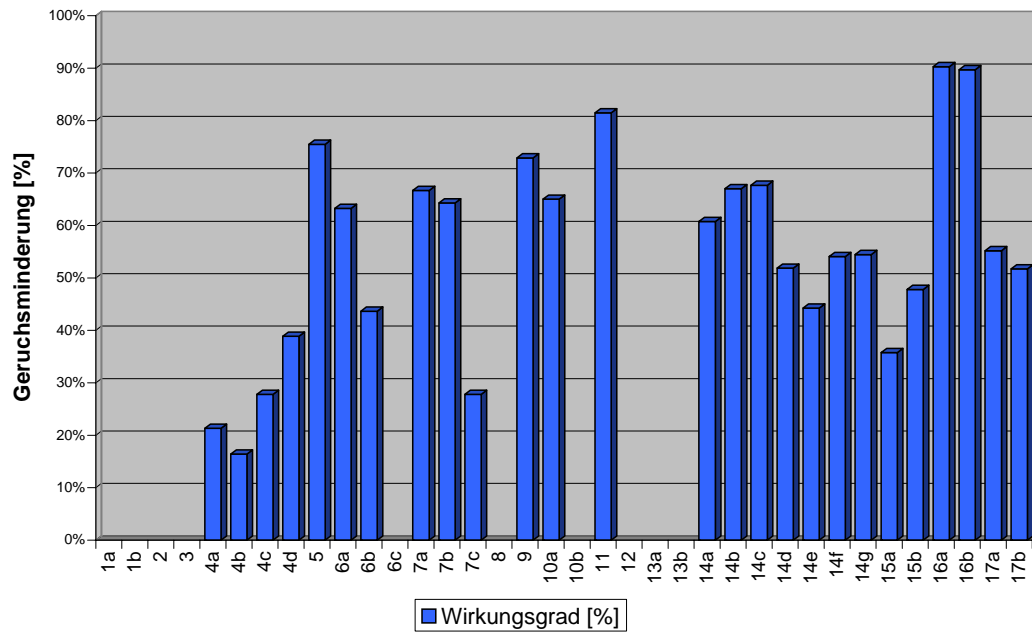


Abbildung 4: Wirkungsgrade von Abluftreinigungsanlagen in Küchenabluft



4.5 Kartoffelverwertung

Zu diesem Themenbereich existiert eine VDI-Richtlinie (VDI 3895 Blatt 2 vom Oktober 1997). Diese VDI-Richtlinie befasst sich mit Emissionen beim Wärmebehandeln von Kartoffeln im industriellen Bereich (Verarbeitungsmenge von mehr als 1 t je Tag).

Die zit. Richtlinie befasst sich auch mit Anlagen zum Sterilisieren der Kartoffeln (Sterilprodukte) in geschlossenen Behältnissen, nicht jedoch mit der Alkohol- und Stärkegewinnung. Bezüglich weiterer Vertiefung des Themas wird auf die zit. VDI-Richtlinie verwiesen.

4.5.1 Typische Produkte

Aus dem Rohstoff Kartoffel wird durch verschiedene Verfahren eine große Anzahl von Produkten erzeugt. Beispielhaft seien nachstehende Produkte bzw. Produktgruppen angeführt:

Getrocknete Produkte: Püree, Kartoffelpuffer, Suppen etc.

Gebratene Produkte: Pommes frites (tiefgekühlt), Kartoffelpuffer, Snacks, etc.

Frischprodukte: geschälte Kartoffeln, Kartoffelsalat, etc.

Alkohol: Methanol, Ethanol

Stärke: Stärke und modifizierte Stärke, Stärkederivate

4.5.2 Verarbeitung

Schälen:

Vor der eigentlichen Verarbeitung der Kartoffeln werden diese in den Verarbeitungsbetrieben eingelagert, wobei entsprechende Raumklimabedingungen geschaffen werden müssen. Der nächste Verfahrensschritt ist das Waschen der Kartoffeln um diese von anhaftendem Schmutz, Steinen etc. zu befreien. Dies geschieht in eigenen Waschmaschinen.

Anschließend werden die Kartoffeln geschält. Dabei werden im wesentlichen zwei Schälverfahren verwendet. Zum einen das mechanische Schälverfahren und zum anderen das Dampfschälverfahren. Das mechanische Verfahren verursacht Schälverluste von bis zu 25 %. Beim Dampfschälverfahren werden die Kartoffeln für kurze Zeit Dampf ausgesetzt und dadurch die Randschichten angekocht. Im weiteren Verlauf wird durch verschiedene

Verfahren die Schale und eventuell anhaftende weitere Substanz abgetrennt. Diese Schälreste werden z.B. als Viehfutter verwendet. Bei diesem Verfahren ist mit Verlusten bis zu 15 % zu rechnen. Erforderlichenfalls werden die Kartoffeln einer Nachputzung unterzogen.

Produktherstellung:

Herstellung von Trockenprodukten:

Die vorbehandelten und geschälten Kartoffeln werden entsprechend dem weiteren Verwendungszweck geschnitten. Nach dem Schneiden erfolgt ein weiterer Waschvorgang und anschließend das Einbringen in das Blanchierbad. Nach dem Blanchieren werden die Kartoffeln in Trocknungsanlagen getrocknet, wobei Temperatur und Verweilzeit entsprechend dem Feuchtigkeitsgehalt des Gutes gewählt werden.

Bei der Herstellung von Kartoffelpüree werden die vorbehandelten und geschälten Kartoffeln ebenfalls Wärmebehandlungen unterzogen und nach diesen Wärmebehandlungsschritten zerkleinert und gegebenenfalls gewürzt. Im Anschluss daran erfolgt die Trocknung zu einem verkaufsfertigen Produkt.

Weiters werden Reibseln, das sind rohe geriebene Kartoffelteilchen, erzeugt. Bei der Herstellung derartiger Produkte entfällt die Wärmebehandlung zum Garen. Diese Produkte werden lediglich getrocknet.

Pommes Frites – Herstellung:

Nach dem Vorbehandeln, Schneiden und Sortieren des Rohmaterials werden die geschnittenen Kartoffelstücke mehrstufig blanchiert und wieder abgekühlt und gegebenenfalls getrocknet. Im Anschluss daran erfolgt das Frittieren meist mit Pflanzenfetten bei Temperaturen zwischen 160 und 185 °C. Die beim Sortieren vor den Wärmebehandlungs- und Frittierschritten abgetrennten Kleinteile etc. werden zu Kartoffelpuffern und anderen Produkten weiterverarbeitet.

Snack Produkte:

Darunter versteht man frittierte Knabberprodukte wie z.B. Chips etc. Hier werden die vorbehandelten und geschnittenen Kartoffeln nach dem Entfernen des Haftwassers in einem Fettbad frittiert. Das heiße Öl bewirkt eine schnelle Verdampfung des Wassers und gleichzeitig wird vom Produkt Frittieröl aufgenommen. Diese Produkte weisen Fettgehalte bis zu 40 % auf.

Frischprodukte:

Es handelt sich hierbei im wesentlichen um Kartoffelsalat und um Teig für Kartoffelknödel. Bei der Salatherstellung werden die Kartoffeln gekocht, abgekühlt und anschließend geschnitten und mit den weiteren Zutaten wie z.B. Mayonnaise, Salz, Gewürze etc. vermischt und für den Verkauf verpackt.

4.5.3 Emissionen

Allgemeines:

Bei der Herstellung von Kartoffelerzeugnissen ist bei einigen Verfahrensschritten mit dem Entstehen von Geruchsemissionen zu rechnen. Diese Emissionen sind aus dem Rohmaterial selbst, aber hauptsächlich aus dem Frittieröl zu erwarten. Weiters können staubförmige Emissionen bei Trockenprodukten auftreten.

Emissionsarme Verfahrensschritte:

Bei den Verfahrensschritten Waschen, Verlesen, Schneiden, Sieben, Kühlen, Abfüllen, Sterilisieren und Tiefgefrieren sind keine Geruchsemissionen zu erwarten. Auch beim mechanischen Schälen treten keine Geruchsemissionen auf.

Beim Dampfschälen sind die Geruchsemissionen gering, da üblicherweise die Vorgänge in geschlossenen Behältern stattfinden und eventuell nicht kondensierte Brüden über Entspannungsbehälter etc. geleitet werden und daher die mögliche Emission von Geruchsstoffen als gering anzusehen ist. Ähnlich ist die Situation beim Blanchieren. Auch hier ist nur mit geringen Geruchsemissionen zu rechnen. Gleiches gilt für das Kochen.

Beim Trocknen wird zwischen Kontaktrocknern und Trocknern, bei denen die Kartoffeln durch Luft getrocknet werden, unterschieden. Bei den Kontaktrocknern verdunstet das in den Kartoffeln enthaltene Wasser und gelangt mit Luft über Absaugeinrichtungen ins Freie. Die enthaltenen Geruchsstoffe werden durch den thermischen Auftrieb in der Atmosphäre üblicherweise so verteilt, dass Geruchsemissionen nicht zu erwarten sind. Bei den Indirektrocknern wird die Trocknungsluft im Kreislauf gefahren und die Abwärme über Wärmetauscher zurückgewonnen. Das in der Abluft enthaltene Wasser kondensiert aus und damit auch der größte Teil der im Abluftstrom enthaltenen Geruchsstoffe.

Verfahrensschritte mit erheblichen Geruchsemissionen:

Beim Braten und Frittieren werden Fetttröpfchen von dem beim Garvorgang verdampfenden Wasser aus den Kartoffeln mitgerissen. Weiters entstehen Geruchsstoffe durch das Erhitzen und die Zersetzung der Frittierfette. Im wesentlichen sind Aldehyde und freie Fettsäuren zu nennen, welche miteinander und mit dem Sauerstoff der Umgebungsluft reagieren können. Dies ist insbesondere für die Immissionsbeurteilung von Bedeutung, da durch die chemischen Reaktionsvorgänge mit dem Luftsauerstoff immissionsseitig andere Geruchskomponenten auftreten können als im eigentlichen Abluftstrom.

4.6 Kleinbrauereien und Kleinbrennereien

4.6.1 Kleinbrauereien

4.6.1.1 Technologie der Bierherstellung

Bier ist allgemein die Sammelbezeichnung für aus stärkehaltigen Substanzen durch alkoholische Gärung gewonnene Getränke und wird vorwiegend aus Gerstenmalz, Hopfen, Hefe und Wasser hergestellt. Die Bierbereitung unterteilt sich in drei Hauptphasen.

Es sind dies:

- die Malzbereitung,
- die Würzebereitung und
- die Gärung.

Die Malzbereitung dient der "Verzuckerung" der nicht direkt vergärbaren stärkehaltigen Rohstoffe und umfasst die Keimung eingeweicher Gerstenkörner, deren Trocknung zunächst an der Luft und dann bei allmählich steigender Temperatur auf Darren und Horden (Darrmalz) und das Putzen von Staub, Hülsen und den Wurzelkeimen.

Bei den in der vorliegenden Technischen Grundlage behandelten Gasthaus- und Kleinstbrauereien entfällt dieser Schritt, da das Malz fertig bezogen und lediglich in Mühlen zerkleinert wird.

Bei der Würzebereitung wird das geschrotete Malz mit Wasser angerührt ("gemaischt") und bei Temperaturen im Bereich von 50 – 70 °C die im Malz

enthaltene restliche Stärke durch die arteigenen Amylasen in Zucker und Dextrin umgewandelt und damit in eine lösliche Form gebracht. Die von den Trebern durch Absetzenlassen oder Filtration klar abgeläuterte Lösung (Würze) kocht man zu ihrer Konzentrierung, Keimfreimachung, Koagulation der löslichen Eiweißstoffe sowie zur Aromatisierung und Konservierung mit Hopfen. Die gekochte Würze wird abgelassen und filtriert ("abläutern").

Nach dem Kühlen der Würze leitet man die Gärung durch die sog. Anstellhefe ein. Man unterscheidet Unterhefen, die bei 6 – 8 °C unter Abscheiden als Bodensatz innerhalb von 8 – 10 Tagen eine langsame, und Oberhefen, die bei 15 – 20 °C unter Aufsteigen in 4 – 6 Tagen eine stürmische Gärung bewirken; im ersteren Fall erhält man untergäriges und im zweiten obergäriges Bier. Bei untergärigen Bieren wird das noch nicht konsumreife Jungbier 1 – 4 Monate in Fässern oder Tanks bei – 1,5 bis +2 °C gelagert, um eine Anreicherung mit Kohlensäure, eine weitgehende Vergärung des restlichen Zuckers und eine Klärung sowie Reifung des Bieres zu erzielen.

4.6.1.2 Emissionen

Neben den hier nicht näher behandelten Abgasen von Feuerungsanlagen können Emissionen an

- Staub beim Zerkleinern des Malzes
- Geruchsstoffen beim Würzekochen und im Zuge der Manipulation mit den Trebern sowie
- Kohlendioxid bei der Gärung

auftreten.

Bei Gasthausbrauereien sind die Staubemissionen der geschlossenen Malzmühlen meist sehr gering.

Die Phase des Kochvorganges ist bei Kleinanlagen - bezogen auf den Jahresstundenanteil - zeitlich beschränkt. Auch können Geruchsstoffemissionen in diesen Fällen durch Absaugen der Schwaden, Kondensation über ein Venturi-Rohr mit Wassereindüsung und Verwendung der Abluft als Zuluft für den Brenner des Kochkessels auf vernachlässigbare Größen minimiert werden. Chemisch wurden als Komponenten von Sudhausbrüden das 3-Methylbutanal eruiert, das einen schokoladeartigen, malzartigen Geruch besitzt und auf Grund seiner hohen Konzentration und seines niedrigen Geruchsschwellenwertes zu den wichtigsten Aromakomponenten des Malzes

zählt, sowie Dimethylsulfid, das einen faulig-stechenden Geruch aufweist und ebenfalls aus dem Malz stammt. Hauptkomponente der flüchtigen Hopfeninhaltsstoffe in den Brüden bildet das metallisch-hopfig riechende Myrcen [BEHRE, 1998]. Die Emissionskonzentrationen unterliegen bei der Würzekochung starken Schwankungen, wobei die höchsten Geruchsstoffkonzentrationen zu Kochbeginn aus den Malzkomponenten und kurz nach der Hopfenzugabe aus den flüchtigen Hopfeninhaltsstoffen resultieren. Die Malzzusammensetzung und die Prozessführung stellen wesentliche Faktoren für die Geruchsstoffkonzentration dar.

Da die Treber bei Gasthausbrauereien in der Regel unverzüglich entsorgt werden, sind die wegen der Zersetzung des in den Trebern enthaltenen Eiweißes bei längerer Lagerung und warmer Witterung möglichen Gerüche in diesem Fall nur von geringer Relevanz.

Bei der Gärung entsteht pro Mol Alkohol ein Mol Kohlendioxid ($C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2 C_2H_5OH + 2 CO_2$), das einer entsprechenden Abführung bzw. Gärraumbe-
lüftung bedarf. Für eine Maximalabschätzung der CO_2 -Bildung kann von folgender Überlegung ausgegangen werden: Bei einer Ausgangskonzentration von etwa 11 – 13 % Stammwürze wird in der Phase der Hauptgärung bei untergärigem Bier etwa 2,5 % Extrakt pro Tag (näherungsweise mit Zucker gleichzusetzen), bei obergärigem Weizenbier etwa 3 % Extrakt pro Tag umgesetzt [KUNZE, 1994]. Pro kg Zucker entstehen nach der obigen Gleichung annähernd 0,5 kg Alkohol und 0,5 kg CO_2 . Das Molekulargewicht von CO_2 beträgt 44,01, die Dichte bei 0 °C 1,977 g/l.

4.6.2 Kleinbrennereien

4.6.2.1 Technologie des Brennens

Unter einer Brennerei im Sinne dieser Grundlage wird die Herstellung eines Brandes aus Obst und stärkehaltigen Produkten verstanden. Im Folgenden wird der gesamte Betriebsablauf einer kleinen gewerblichen Obstbrennerei von der Obstanlieferung bis zur Abfüllung mit besonderen Hinweisen auf diejenigen Schritte, die mit Geruchsentwicklung verbunden seien könnten, beschrieben:

Obstanlieferung

Zwischenlagerung:

Eventuell erfolgt eine kurze Zwischenlagerung zur Nachreifung; eine längere Lagerung schadet dem Obst. Keine wesentliche Geruchsentwicklung, weil nur frisches Obst gelagert wird.

Entkernen:

Steinobst (z.B. Kirschen, Marillen, Zwetschken) wird entkernt (Kirschen werden für den typischen Geschmack eventuell nur teilweise entkernt.); Kernobst (z.B. Birne, Apfel, Quitte) und Beerenobst (z.B. Himbeere, Vogelbeere, Holunder) wird nicht entkernt. Die Kerne werden in einen (geschlossenen) Container gefüllt und zur Entsorgung bereitgestellt.

Zerkleinern:

Kernobst wird in der Obstmühle zerkleinert. Steinobst, das noch Kerne enthält, darf wegen einer späteren Blausäurebildung nicht zerkleinert werden.

Gärung:

Der Obstbrei wird in die Gärtanks gepumpt und mit Hefe versetzt. Innerhalb von 3-4 Wochen bildet sich aus dem Zucker Alkohol und Kohlendioxid. Das Kohlendioxid entweicht oben aus den Gärtanks und im Weiteren durch bodennahe Öffnungen aus dem Gebäude. Im Kohlendioxidstrom werden Geruchsstoffe nur in geringem Ausmaß mitgeführt.

Nach der Gärung wird die Maische langsam gerührt, um aufschwimmende Festanteile mit der Flüssigkeit zu vermischen, und dann in die Rohbrandblase gepumpt.

Rohbrand:

Der Rohbrand erfolgt in der Rohbrandblase, die mit einem Dampfmantel indirekt beheizt wird. Bei 95 °C kommt die Maische zum Sieden (3-4 h), der Rohbrand (ca. 25 % Alkohol) destilliert über und wird am Kühler kondensiert. In der Rohbrandblase verbleibt die Schlempe, die als Abfall in eine Sammelzisterne gepumpt wird.

Feinbrand:

In der auch mit einem Dampfmantel beheizten Feinbrennblase wird die zweite Destillation vorgenommen, bei der am Kühler der 60-72%ige Brand kondensiert. Hiervon wird nur der Mittelbrand verwertet; Vor- und Nachlauf

enthalten unerwünschte Stoffe und werden als Abfall in die Sammelzisterne geleitet. Über eine Messuhr (zur Bestimmung des steuerpflichtigen Alkohols) werden Edelstahl- oder Glasbehälter oder Holzfässer befüllt und im Keller eingelagert.

Bei Verwendung von Holzfässern ist mit einem Verlust durch die Fasswand von ca. 4 %/Jahr zu rechnen, der auch als Geruch und Alkoholgehalt in der Kellerluft bemerkt werden kann.

(Die Schritte Rohbrand und Feinbrand können unter Verwendung eines Verstärkers – Glockenbodenkolonne - zusammengefasst sein.)

Abfüllvorgang:

Die Brände werden mit demineralisiertem Wasser auf Trinkstärke (39-50 %) herabgesetzt, gefiltert und abgefüllt.

Beim Einsatz von stärkehaltigen Ausgangsstoffen (Getreide, Reis, Kartoffeln oder Maniok) sind für die Maischebereitung folgende Arbeitsschritte erforderlich:

- Schroten = mechanisches Zerreißen der Zellwände,
- Stärkeaufschluss = Freisetzung der Stärke,
- Stärkeverzuckerung = Umwandlung der Stärke in Zucker.

Im Maischbottich wird das Schrot mit etwa der dreifachen Menge Wasser zwölf Stunden kalt eingeteigt. Dabei kommt es zum Aufquellen des Schrottes. Danach wird die entstandene Maische erhitzt. Anschließend erhöht man die Temperatur auf etwa 65 °C zu einer etwa einstündigen Aufschluss- und Verflüssigungsrast, setzt während des Kühlens das Malz und Hefe (welche die Gärung einleiten soll) zu. Mit dem Abkühlen ist der Maischprozess beendet. Nach insgesamt 24 Stunden entsteht so die verzuckerte Maische, auch Süßmaische genannt.

Die Süßmaische wird in den Gärtank umgepumpt und die weiteren Vorgänge und Arbeitsschritte erfolgen analog der Herstellung eines Obstbrandes.

4.6.2.2 Emissionen

Moderne Brennereien stellen ein weitgehend geschlossenes System dar, in dem die Stoffe Rohrleitungen und Behälter nicht verlassen und mit Pumpen gefördert werden. Daher treten in der Produktion kaum Emissionen auf.

Kritisch zu betrachten ist der Sammel-tank (z.B. unterirdische, flüssigkeitsdichte Sammelzisterne aus Beton) für Schlempe und alkoholische Abfälle, weil die Schlempe zur Bildung übler Gerüche neigt. Dieser Sammel-tank muss wegen der Gasbildung mit einer Entlüftung ausgestattet sein. Im Regelfall ist eine Abluftführung über Dach ausreichend, da die Abluftmenge nur gering ist.

Bei der Gärung entsteht pro Mol Alkohol ein Mol Kohlendioxid ($C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2 C_2H_5OH + 2 CO_2$), das einer entsprechenden Abführung bzw. Gärraum-belüftung bedarf. Für eine Maximalabschätzung der CO_2 -Bildung kann von folgender Überlegung ausgegangen werden: Bei einer Ausgangskonzentration von etwa 18 % Extraktgehalt bei Kartoffelmais- und 16 % Extrakt bei Weizenmais- werden in der Phase der Hauptgärung etwa 5 % Extrakt pro Tag (näherungsweise mit Zucker gleichzusetzen) umgesetzt [HANDBUCH DER GETRÄNKETECHNOLOGIE]. Die Vergärung von Obstmais- dauert etwas länger. Pro kg Zucker entstehen nach der obigen Gleichung annähernd 0,5 kg Alkohol und 0,5 kg CO_2 . Das Molekulargewicht von CO_2 beträgt 44,01, die Dichte bei 0 °C 1,977 g/l.

4.7 Knochen-, Blut- und Fettverwertung

Bei der biologischen und thermischen Zersetzung von Abfällen tierischer Herkunft, insbesondere von eiweißhaltigen Stoffen, entstehen geruchsintensive Zwischenprodukte wie Ammoniak und Amine, Schwefelverbindungen wie Schwefelwasserstoff, Mercaptane und Sulfide, gesättigte und ungesättigte niedere Fettsäuren, Aldehyde, Ketone und andere organische Verbindungen. Durch die synergetische Wirkung der Komponenten kann sich die Geruchsintensität des Gemisches im Vergleich zu der der Einzelkomponenten verstärken und den typischen unangenehmen Geruch hervorrufen, der bei Tierkörperbeseitigungsanlagen besonders markant auftritt, aber auch andere Betriebe begleitet, die nur Teilkomponenten von Tierkörpern – wie Knochen, Blut und Fett - verarbeiten. Technologisch weisen die Verarbeitungsprozesse eine Reihe von Gemeinsamkeiten auf:

Knochen werden mit Brechern zerkleinert, getrocknet, mechanisch über Schneckenpressen entfettet und zu Knochenmehl gemahlen.

Blut wird nach einer Koagulation über Dekanter entwässert, getrocknet und zu Blutmehl gemahlen.

Fettgewebe wird in Fleischwölfen zerkleinert, im Nass-Schmelzverfahren unter direkter Beaufschlagung mit Hochdruckdampf oder im Trocken-Schmelzverfahren unter Druck oder Vakuum im Schmelzkessel geschmolzen und das Fett über Dekanter von den Grieben (Grammeln) getrennt. Die Grieben werden getrocknet und gepresst.

Geruchsemissionen entstehen bereits bei der Anlieferung und Lagerung, da die Ausgangsmaterialien einer schnellen biologischen Zersetzung unterliegen, die durch Wärme – z. B. in den Sommermonaten – gefördert wird. Weitere Emissionsquellen sind Zerkleinerungs-, Mahl- und Trocknungsanlagen, Schmelzkessel, Abluftstutzen von Vakuumpumpen, Pressen, Dekanter, Materialtransport, Austragungsstellen, Lüftungsöffnungen von Lagerbehältern, die Hallenentlüftung selbst und schließlich Abwasserbehandlungsanlagen (z. B. Fettabscheider) und Kanalsysteme. Zu Nachbarschaftsproblemen führt bisweilen auch die Fliegenplage, die bei unzureichender Hygiene auftreten kann. Bekannt ist etwa der Fall einer Fettschmelze, bei der sich massiv Fliegenmaden in Fettablagerungen in den Ritzen der Kopfsteinpflasterung des Betriebshofes entwickelten.

4.8 Konservenfabriken

Die Arbeitsprozesse bestehen im Wesentlichen aus Koch-, Selch- und Bratvorgängen. Die Koch-, Brat- und Dämpfvorgänge sind mit Großküchen vergleichbar. Diesbezüglich wird auf die voranstehenden Absätze verwiesen.

4.9 Kaffeeverarbeitende und –bearbeitende Industrie

4.9.1 Technologie

Die technologischen Schritte in der kaffeeverarbeitenden und -bearbeitenden Industrie bestehen im Wesentlichen aus:

- Rohkaffee-Transport und Anlieferung
- Rohkaffee-Aufbereitung
- Röstverfahren
- Röstkaffee-Aufbereitung

□ Röstkaffee-Verarbeitung

Der Rohkaffee (in Sisal- oder Jutesäcken) wird einer Rohkaffeeannahmestraße zugeführt, die im Wesentlichen aus einer Sackkontrollwaage, einer Sackzähleinrichtung sowie einer Sackentleerungsanlage besteht.

Zu den Verfahrensschritten der Aufbereitung zählen das Reinigen, Wiegen, das Befüllen von Silos, Entnahme und der Transport zur Röstmaschine.

Unter Rösten versteht man das trockene Erhitzen von Kaffeebohnen in der Regel unter atmosphärischem Druck. Der Röstvorgang beginnt bei einer Guttemperatur von 100 °C und endet bei 200 – 260 °C. Dabei gehen tiefgreifende Veränderungen vor sich, die rein äußerlich durch Volumenzunahme (50 – 80 %), Struktur- und Farbänderungen, Gewichtsminderung (sog. Einbrand, 13 – 20 %) und insbesondere durch Ausbildung eines typischen, der Rohbohne fehlenden Aromas (Röstgeruch und -geschmack) gekennzeichnet sind. Die im rohen Zustand hornartige, zähe und schwer zu zerkleinernde Bohne wird spröde und mürbe.

Die Kaffeeröstung kann im diskontinuierlichen oder kontinuierlichen Betrieb erfolgen, wobei die Rezirkulation der Röstgase Stand der Technik ist. Als Heizmittel dienen Gas, Heizöl oder in seltenen Fällen elektrischer Strom.

Die Röstwärme kann durch Kontakt und Konvektion, bzw. reine (oder überwiegende) Konvektion auf das Gut gebracht werden.

Im zunehmenden Maße wird von der Kontakt- auf die Konvektionsröstung übergegangen. Hierbei wird durch die Umspülung der Kaffeebohnen mit indirekt beheizter Luft die Wärmeübertragung auf das Röstgut verbessert. Die Röstzeiten liegen zwischen 1,5 und 10 min. Die Kühlzeit entspricht beim Chargenbetrieb maximal der Röstzeit.

Die gängigen Röstverfahren sind:

- Chargenröster
- Chargenröster mit Schalenbetrieb mit Wärmeübertragung durch Konvektion
- Chargenröster als Fließbett-Röster
- Kontinuierliche Röster

Chargenröster:

Dabei handelt es sich um Trommelröster mit Kontakt- und Konvektionsröstung sowie Rezirkulation und katalytische Nachverbrennung.

Der in einen Einfülltrichter geförderte Rohkaffee wird durch eine Einfüllklappe in die Rösttrommel gefüllt und nach dem Röstvorgang dem Kühler und dem Entsteiner (Beschreibung nach den Röstverfahren) zugeführt.

Die zum Rösten erforderliche Wärme wird in einem mit Erdgas- oder Heizölbrenner ausgestatteten Heizofen erzeugt, in dem Frischluft mit der rezirkulierten Luft vermischt wird. Die Röstluft wird über eine Klappe in die Rösttrommel geleitet und gelangt über ein Abluftrohr und den Ventilator in den Zyklon, in dem Staub und Kaffeehäutchen abgeschieden werden. Die Luft wird über einen Wärmeaustauscher dem Lufterhitzungssofen wieder zugeführt. Ein Teilstrom geht in die Abgasleitung und wird über die katalytische Abgasreinigung und einen Wärmeaustauscher ins Freie geführt.

Chargenröster mit Schalenbetrieb mit Wärmeübertragung durch Konvektion:

Der Rohkaffee wird in einen Fülltrichter geschüttet und gelangt über einen Auslauf in den Röstbehälter, in dem er während des Röstprozesses durch ein Rührwerk in Bewegung gehalten und von der heißen Röstluft umströmt wird. Nach Ablauf des Röstprozesses wird der Kaffee in den Kühlbehälter gefördert und hier im Wirbelbett gekühlt und verlässt über den Auslaufbehälter und den Entsteiner die Maschine.

Die heiße Röstluft kommt aus einer Mischkammer und tritt tangential in den Röstbehälter ein. Nach Durchströmen des Röstgutes wird sie von einem Ventilator in den Zyklon gefördert, in dem die staubförmigen Abluftbestandteile abgeschieden werden. Die Nachreinigung erfolgt in einer integrierten thermischen Nachverbrennungsanlage.

Chargenröster als Fließbett-Röster:

Die Hauptkomponenten dieser Röstanlage sind die Röstkammer und die identisch geformte, jedoch getrennt arbeitende Kühlkammer. Der Röster arbeitet im Umluftbetrieb (Rezirkulation). In einem Kanalbrenner wird das Röstgas auf die notwendige Temperatur gebracht. Der Rezirkulationsventilator drückt das Röstgas mit hoher Geschwindigkeit durch die perforierte Bodenplatte der Röstkammer. Hier erzeugt das Röstgas zusammen mit der Kaffeecharge eine rotierende Wirbelschicht.

Häutchen und Staub werden über einen Zyklon vor dem Wiedereintritt in den Kanalbrenner abgeschieden. Die Entleerung der Röstkammer erfolgt temperaturgesteuert und bei Erreichen der vorgewählten Kaffeetemperatur

wird die Charge in die Kühlkammer entleert. Die Kühlung des Kaffees erfolgt analog zur Röstung in einer rotierenden Wirbelschicht. Während der Befüllung der Kühlkammer kann Wasser zur Vorkühlung aufgegeben werden.

Während der Entleerung und der Beschickung der Röstkammer wird das Röstgas durch einen Bypass geführt.

Die Abluft aus dem Kühler wird ebenfalls durch einen Zyklon gereinigt. Das während der Röstung entstehende Abgas sowie der während der Vorkühlung entstehende Wasserdampf werden in einer katalytischen Verbrennung gereinigt.

Kontinuierliche Röster:

Die Röstgas- und Kühlluft-Führung ist im Wesentlichen jener der Chargenröster sehr ähnlich. Der Unterschied liegt in der Gestaltung von Röster und Kühler. Je nach Konstruktion werden Transport und Röstung des Kaffees u.A. in einer rotierenden Trommel mit innenliegenden Transportsystemen (z.B. Schnecken, Taschen, Fließbett) vorgenommen.

Die nachfolgende – ebenfalls kontinuierliche – Kühlung geschieht auf Fließbetten, Plattenbandkühlern oder ebenfalls in Schnecken wie in der Röstzone.

Nach dem Kühlen wird der Kaffee in einen Entsteiner gefördert. Dabei handelt es sich im Wesentlichen um einen Windsichter, in dem der leichtere Kaffee durch einen dosierten Luftstrom nach oben in einen Auffangbehälter gefördert wird und die schwereren Fremdkörper wie Steine und Eisenteile in den Entsteinerfuß fallen.

Je nach Verwendung des Röstkaffees kommen verschiedene Arten des Zwischenlagers in Betracht.

Der geröstete Kaffee wird als ganze Bohnen oder auch als Mahlkaffee verpackt. Eine moderne Mahlkaffeeanlage besteht aus einem Mühlenaggregat, Behältern zum Lagern und Entgasen, Fördereinrichtungen und Verpackungsmaschinen. Die Kaffeebohnen werden aus dem Vorratsbehälter in die Mühle weitergeleitet. Der dort erzeugte Mahlkaffee wird in einem Entgasungsbehälter zwischengelagert. Hier kann das im Kaffee verbliebene CO₂ austreten. Anschließend gelangt der Mahlkaffee in die Dosierstation der Packmaschine. Da der Mahlkaffee empfindlich gegenüber Oxidation ist, wird er bei Bedarf unter Zugabe von Schutzgas verpackt. Die Packungen werden je nach Maschinenart evakuiert oder mit Schutzgas gespült. Durch mög-

lichst gasdichte Ausführung der Anlage und die Vermeidung langer Förderwege können der Verbrauch an Schutzgas und die Emissionen minimiert werden.

4.9.2 Emissionsquellen und Emissionen

Folgende Emissionsquellen und Emissionen treten auf:

- Beim Rohkaffeetransport und der Anlieferung:
 - Rohkaffeestaub aus den Staubfilteranlagen
- Bei der Rohkaffeeaufbereitung:
 - Rohkaffeestaub aus den Staubfilteranlagen
- Bei der Röstung und Kühlung:
 - gasförmige organische Stoffe

Folgende gasförmige organische Stoffe wurden (im Rohgas) nachgewiesen:

- Aldehyde
- Alkohole und Phenole
- Karbonsäuren und Karbonsäureester
- Ketone
- stickstoff- und schwefelhaltige Verbindungen

Von besonderer Bedeutung für den Geruch bei Kaffeeröstereien sind die stickstoffhaltigen Verbindungen (Amine) und die schwefelhaltigen Verbindungen (Mercaptane). Im Rohgas sind Geruchszahlen bis 3×10^5 GE/m³ gemessen worden. Es ergeben sich Gesamt-C-Massenkonzentrationen bis zu 10.000 mg/m³. Die höchsten Geruchsstoffkonzentrationen in der Ab- bzw. Umluft treten daher während des Röstvorganges auf.

Stäube

- Je nach Kaffeesorte fallen beim Rösten 0,5 bis 1 kg Kaffeehäutchen pro 100 kg Rohkaffee an.

Beim Mahlen und Verpacken:

- Staub und Gerüche bei der Kaffeeförderung
- Gerüche aus der Überschussluft der schutzbegasteten Anlageteile
- Staub und Gerüche beim Absaugen der Packmaschinen
- Gerüche aus Vakuumpumpen

4.10 Kakao- und Schokoladenindustrie

4.10.1 Technologie der Kakao- und Schokoladenherstellung

Die Verfahrensgänge in der Kakao- und Schokoladenindustrie können sehr unterschiedlich sein. Im Wesentlichen lassen sich 4 Hauptgruppen unterteilen:

- Kakaomasseherstellung
- Kakaopulverherstellung
- Kakaobutterherstellung
- Schokoladeherstellung

Nach der Reinigung werden die fermentierten Kakaobohnen getrocknet und/oder geröstet. Beim Trocknen (Darren) beträgt die Temperatur des Trockengutes maximal 100 °C. Außer Feuchtigkeit werden bei entsprechend längerer Verweilzeit auch unangenehme Geschmacks- und Geruchsstoffe entfernt.

Beim Rösten liegen die Temperaturen des Röstgutes oberhalb 100 °C. Bei diesen Temperaturen werden zusätzliche Reaktionen erzielt, die hauptsächlich die Aromabildung bewirken. Darüber hinaus werden bei höheren Temperaturen und kurzen Verweilzeiten auch unangenehme Geschmacks- und Geruchsstoffe entfernt.

Folgende Behandlungsverfahren werden einzeln oder miteinander kombiniert angewandt:

- Konduktionserhitzung: Hierbei wird die Wärme hauptsächlich im Kontaktverfahren auf das Verarbeitungsgut übertragen.
- Konvektionserhitzung: Hierbei wird die Wärme hauptsächlich durch strömende Heißluft bzw. Verbrennungsgase auf das Verarbeitungsgut übertragen.
- Infrarotstrahlung
- Mikrowellenerhitzung

Die beiden letztgenannten Verfahren werden nur zum Trocknen eingesetzt. Bei der Konvektionserhitzung einschließlich der kombinierten Verfahren wird unterschieden zwischen Frischluft-, Umluft- und Mischbetrieb. Die Luft (in

der Regel Raumlufte) wird im Gleichstrom, Gegenstrom oder Querstrom geführt.

Im Anschluss an die thermische Behandlung werden die gekühlten Kakaobohnen gebrochen und die Kakaoschalen, teilweise auch noch die Keimlinge, möglichst vollständig von Kakaokernbruch abgetrennt (in einer Kakaobrech- und -sichtanlage). Wird der Kernbruch aus rohen Kakaobohnen hergestellt, wird dieser anschließend geröstet.

Der Kakaokernbruch kann entweder der thermischen Nachbehandlung – zur Herstellung von Kakaobutter und Kakaopulver – zugeführt oder zu Kakao­masse (für die Schokoladenerzeugung) vermahlen werden.

Zur Herstellung von Kakaopulver wird der Kakaokernbruch einer Präparation unterzogen. Beim Präparieren wird der Kakaokernbruch mit einer Alkalilösung (meist Kaliumcarbonat, Pottasche) unter Wärmeeinwirkung mehr oder weniger lange Zeit behandelt. Dadurch steigt der pH-Wert an und die Farbe vertieft sich. Ferner wird das Zellgewebe aufgeschlossen (aufgequollen), sodass sich das Abpressverhalten der Kakaomasse und bei der späteren Verwendung des alkalisierten Kakaopulvers die Extraktausbeute verbessern. Nach Ende der Reaktionszeit wird durch Erhitzen auf über 100 °C zunächst das überschüssige Wasser entfernt und anschließend – vielfach im gleichen Apparat – ein Röstprozess vorgenommen.

Der so behandelte Kakaokernbruch wird danach zu einer feinkörnigen Kakaomasse vermahlen. Üblicherweise wird zweistufig gearbeitet. Zum Vorzerkleinern werden Messer-, Schläger- oder Schlagleistenmühlen verwendet. Der vorzerkleinerte Kakaokernbruch ist in Folge der freigesetzten und durch die Vermahlung geschmolzenen Kakaobutter eine fließfähige Masse, die in einem Kakaowalzwerk, in Kugel-, Ring- oder Scheibenmühlen fein zerkleinert wird. Die so entstandene Kakaomasse wird auf 90 – 100 °C erwärmt und in meist hydraulischen, vorzugsweise horizontal bei einem Druck von 400 – 500 bar arbeitenden Topfpresen abgepresst. Der automatisch ausgestoßene Presskuchen (Fettgehalt 10 – 24 %) wird gewöhnlich in Stiftmühlen zu Kakaopulver vermahlen, das in Windsichtern in Grob- und Feingut aufgeteilt und anschließend verpackt wird.

Die abgepresste Kakaobutter wird desodoriert. Unter Desodorieren der Kakaobutter versteht man das Entfernen unerwünschter, flüchtiger, aromabil­dender Bestandteile (z.B. Fettsäuren, Ketone, Aldehyde) durch eine Was­serdampfbehandlung bei Unterdruck, bei 150 °C mit unterschiedlicher Be-

handlungszeit. Anschließend wird die Kakaobutter gekühlt und geformt. Die Weiterverarbeitung erfolgt hauptsächlich bei der Schokoladeherstellung.

Kakaokernbruch (ohne Präparation) wird zu Schokolade verarbeitet. Dabei wird die durch Vor- und Feinzerkleinern (technologische Beschreibung siehe oben) entstandene Kakaomasse entgast. Unter Entgasen (Dünnschicht – Veredelung) versteht man eine Wärmebehandlung von flüssiger, gerösteter Kakaomasse mit dem Ziel, den Säure- und Feuchtigkeitsgehalt herabzusetzen und das Kakaoaroma zu verfeinern. Die Entgasung erfolgt meist kontinuierlich in Anlagen, in denen die flüssige, geröstete Kakaomasse in dünner Schicht auf beheizte Flächen verteilt oder im Gegenluftstrom versprüht wird. Danach wird die entgaste Kakaomasse mit anderen Rohstoffen (Teile der Kakaobutter, Zucker, Milchpulver, Kakaopulver) in Knetmischern vermischt und so die Rohschokoladenmasse (24 – 28 % Fettgehalt) erzeugt, die anschließend in Fünfwalzwerken auf die Endfeinheit von <15 bis 20 µm vermahlen wird.

Der Endveredelungsprozess wird meist zweistufig (Zweiphasen-Prinzip) in Conchen (heizbare Plastifiziermaschine) durchgeführt. Das Walzgut wird darin bei 50 – 70 °C intensiv bearbeitet und geschert, um eine gleichmäßige Dispergierung der Fettstoffteilchen in der Kakaobutter sowie die endgültige Entwicklung des Schokoladenaromas zu erreichen. Chemische Vorgänge bewirken eine Aromaoptimierung, physikalische Vorgänge führen die typische Textur und den gewünschten Schmelz herbei. In der ersten Phase, dem Trockenconchieren, wird die vom Walzwerk kommende Schokoladenmasse bei steigenden Temperaturen bis 90 °C intensiv durchgeknetet, wobei wasserdampfgefährliche Stoffe wie Säuren, Aldehyde und Alkohole entfernt werden. Nach Zugabe der restlichen Kakaobutter wird die verflüssigte Schokoladenmasse weiter mechanisch bearbeitet. Zuletzt werden Emulgatoren wie Lecithin und Vanillin zugegeben.

Die vorkristallisierte Schokoladenschmelzmasse (die Schokoladenmasse wurde unter ständigem Rühren von 50 °C auf 18 °C abgekühlt und wieder auf 31 °C erwärmt) wird dann zur Ausformung in Kunststoff- oder Metallformen eindosiert, durch Rütteln auf Klopfbahnen luftblasenfrei verteilt, um dann auf Kühlbahnen auf etwa 10 °C gekühlt und verfestigt zu werden.

4.10.2 Emissionsquellen und Emissionen

4.10.2.1 Verarbeitung von Rohkakao

Reinigen

Die Kakaoreinigungsanlagen sind kontinuierlich arbeitende Einrichtungen zum Entfernen von Verunreinigungen aus dem Aufgabegut. Die Reinigung erfolgt durch Siebung, Fluidisierung und Sichtung.

Bis zu 3 % des Aufgabegutes fallen als Staub aus den Reinigungsanlagen an.

Trocknen (Darren), Rösten, Präparieren

- beim Trocknen: ca. 3 % Wasserdampf und Geruchsstoffe, speziell Essigsäure (bis zu 0,05 %) und Staub (bis zu 3 %).
- beim Rösten: bis zu 5 % Wasserdampf einschließlich bis zu 0,1 % Geruchsstoffe (z.B. organische Säuren, Aldehyde, Ester, Pyrazine), davon Essigsäure 0,01 – 0,08 %, Aerosole, einzelne Aromastoffe zwischen 0,1 und 10 ppm. Es können Geruchsstoffkonzentrationen bis zu 1.600.000 GE/m³ gemessen werden. Beim Bohnen-Rösten (einschließlich Trocknung) fallen bis zu 3 % Staub, bei der Nibs- (Kakaokernbruch) Röstung fällt kein Staub an.
- beim Präparieren: je nach eingesetzter Wassermenge werden bis zu 15 % Wasserdampf und Geruchsstoffe frei, bevor das Trocknen und Rösten einsetzt.

Kühlen

Geringe Mengen von Wasserdampf und Geruchsstoffen

Entschalen

In Entschalungsanlagen (Brech- und Reinigungsmaschinen) werden die Schalen von den getrockneten oder ungerösteten oder gerösteten Kakaobohnen entfernt. Die gebrochenen Kakaobohnen werden in den Kernbruch (Nibs) und Schalen getrennt. Dabei ist mit einem Staubanteil bis zu 1 % zu rechnen.

Zerkleinern

Die Vermahlungsanlage besteht aus einer oder mehreren Zerkleinerungsstufen bzw. -maschinen. Die Zerkleinerung kann unter Atmosphärendruck,

Über- oder Unterdruck erfolgen. Es werden dabei bis zu 1 % Wasserdampf, Geruchsstoffe und Aerosole emittiert.

Entgasen

Wasserdampf bis 2 %, Essigsäure bis ca. 0,05 %, saure Aromabegleitstoffe und Geruchsstoffe (Aldehyde, Ketone, Ester), Aerosole.

4.10.2.2 Verarbeitung von Kakaomasse

Abpressen der Kakaobutter

Geruchsstoffe

Desodorieren der Kakaobutter

Geruchsstoffe aus Kondensat- und Vakuumsystem

Gewinnung des Kakaopulvers

Vermahlung des Presskuchens zu Kakaopulver: Staub

4.10.2.3 Herstellung von Schokolade

Mischen und Kneten

Staub und Geruchsstoffe

Zerkleinern

Die Zerkleinerung des Knetgutes erfolgt in der Regel auf Walzwerken mit 5 Walzen. Dabei werden Staub und Geruchsstoffe emittiert

Veredeln

Wasserdampf, Essigsäure, leicht flüchtige aromatische Stoffe

5 Minderungsmaßnahmen

5.1 Primärmaßnahmen

Um die Emission von Geruchsstoffen erfolgreich mindern zu können, muss als erster Schritt die Bildung von Gerüchen bereits am Entstehungsort nach Möglichkeit verhindert werden. Diese betrieblichen Primärmaßnahmen können organisatorischer, verfahrenstechnischer oder baulicher Art sein:

Organisatorische Maßnahmen zielen erstens auf den Frischeerhalt der Ware durch kurze Zeiträume zwischen Anlieferung (gekühlt) und Verarbeitung ab. Das Reinhalten von Oberflächen ist nicht nur von hygienischer Bedeutung, sondern auch im Zusammenhang mit der Vermeidung der Entstehung von Gerüchen wesentlich. Da die anfallenden Abfälle zumeist leicht verderbliche Bestandteile enthalten, ist auf die nach Möglichkeit gekühlte und nur möglichst kurzzeitige Lagerung von Abfällen in geschlossenen Behältern und auf den belästigungsfreien Abtransport zu achten.

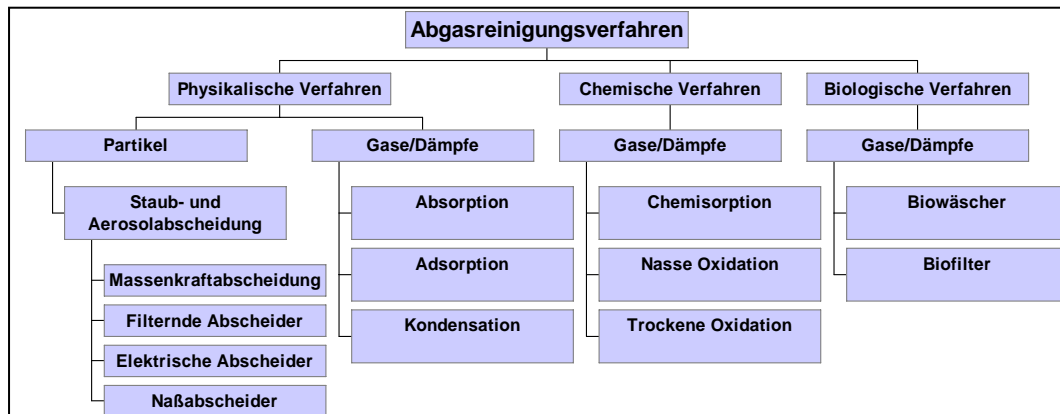
Verfahrenstechnische Maßnahmen streben die Verminderung der Emission z.B. durch Umluftbetrieb, Garverfahren in weitgehend geschlossenen Systemen (z.B. Druckkochkessel) oder durch Prozessüberwachung (z.B. Kontrolle der Ölqualität und der Ölbadtemperatur beim Frittieren) an.

Bauliche Maßnahmen sollen vor allem diffuse Emissionen gering halten. Prozesse, bei denen Geruchentwicklung zu erwarten ist, werden in geschlossenen Räumen durchgeführt, Außentüren werden mit Schleusen ausgestattet. Oberflächen von Arbeitsräumen, Arbeitsgeräten sowie von Abluft- oder Abwasserkanälen werden leicht abwaschbar ausgeführt. Die Böden in Arbeitsräumen müssen flüssigkeitsdicht und leicht zu reinigen sein (keine schwer erreichbaren Ecken). Durch gezielte Erfassung von Luftverunreinigungen am Ort der Freisetzung werden diffuse Emissionen und der Aufwand für die Nachbehandlung minimiert (Ablufthauben, Küchenlüftungsdecken). Weitere Hinweise auf die bauliche Ausgestaltung von Lüftungsanlagen sind in Kapitel 5.4.4.1 enthalten.

5.2 Abluftreinigungsmaßnahmen

Grundsätzlich stehen folgende **Verfahren zur Abgasreinigung** zur Verfügung [BAUM 1988]:

Abbildung 5: Abgasreinigungsverfahren



Bei der Herstellung, Verarbeitung und Zubereitung von Lebensmitteln sind in erster Linie Emissionen von Partikeln/Aerosolen sowie Geruchsstoffen von Bedeutung. Für die Abscheidung von Aerosolen und Geruchsstoffen bieten sich generell Verfahren an, die auch zur Abscheidung von (anderen) Luftschadstoffen erfolgreich eingesetzt werden und weit verbreitet sind. Zusätzlich kommen auch neue, auf Geruchsminderung spezialisierte Verfahren zum Einsatz [Achim van HUET et al., 2000].

5.2.1 Physikalische Abgasreinigungsverfahren

Partikel:

Staub- und Aerosolabscheidung

Wegen der zu erzielenden geringen Reingaskonzentrationen kommt in der Lebensmittelindustrie Massenkraftabscheidern (wie Zyklonen) wenig Bedeutung zu. Für die Partikelabscheidung finden Nassabscheider ebenfalls kaum Anwendung. Als **physikalische (mechanische) Abgasreinigungsverfahren** zum Zurückhalten von Partikeln und Aerosolen, die entweder durch Austrag bei Verarbeitungsprozessen (etwa Fettspritzer) oder durch Kondensation aus Abgasgemischen anfallen, werden vor allem **filternde Abscheider** oder **elektrische Abscheider** verwendet. Sie sind meist Einrichtungen vorgeschaltet, die zur Reduktion gasförmiger Geruchsstoffe dienen.

Abgeschiedene fetthaltige Stoffe können ihrerseits zu einer intensiven Geruchsquelle werden, wenn die Abscheider nicht regelmäßig gereinigt und die dabei anfallenden Stoffe nicht rasch entsorgt werden.

Filternde Abscheider kommen als "Gestrickfilter" oder als "Wirbelstromelemente" zum Einsatz. Sie werden am Erfassungspunkt von Abgasen (vorzugsweise in Abzugshauben) eingebaut und dienen zur Grobabscheidung von festen Partikeln und Flüssigkeitströpfchen aus Abgasen von Brat-, Grill- oder Frittierprozessen.

Gestrickfilter bestehen aus kreuzweise gelegten Streckgittern oder Flachdraht-Metallgestrick oder aus einer Kombination von beiden. Dem Gestrickfilter kann ein Vliesfilter aus z.B. Glasfasern nachgeschaltet werden. Dadurch verbessert sich die Abscheidewirkung. Bei Gestrickfilter wird der Abluftvolumenstrom in den unregelmäßig geformten Zwischenräumen in zahlreiche Einzelströme aufgeteilt und verwirbelt. Dadurch kommen die mitgeschleppten Partikel in Kontakt mit der großen inneren Oberfläche des Filters und lagern sich auf dieser ab. Solange es nicht zum Stocken der im wesentlichen fetthaltigen Partikel kommt, fließen sie von der Oberfläche des Filters in einen Auffangraum ab. Ein regelmäßiges Reinigen dieser Filterpakete ist unbedingt notwendig.

Wirbelstromelemente haben entsprechend geformte Lamellen, welche die Strömungsrichtung und Strömungsgeschwindigkeit der durchgeleiteten Abluft mehrfach ändern. Dadurch agglomerieren die Fett- und Flüssigkeitspartikel, die Kondensation wird zudem durch Druckänderung an den Lamellen verstärkt. Aufgrund der Anordnung und Ausführung der Lamellen wird auch eine Flammendurchschlagssicherheit erreicht.

Elektrofilter werden für die zentrale Reinigung von Abluftströmen aus Anlagen zum Braten, Grillen und Fritieren eingesetzt. Meist werden sie mit nachfolgenden Reinigungsstufen (Wäscher oder Adsorber) kombiniert.

Elektrofilter stehen in Modulbauweise sowohl für Kleinstanlagen (Imbiss-Stube) bis hin zu industriellen Anlagen zur Verfügung.

Elektrofilter arbeiten nach folgendem Prinzip:

In der Luft befindliche Teilchen nehmen beim Passieren eines elektrischen Feldes eine Ladung auf (Ionisation). Jeder elektrostatische Filter verfügt zu diesem Zweck über einen Ionisator, meist in Form von sog. Ionisationsdrähten, die zwischen einer Lamellenreihe angeordnet sind. Dahinter befindet

sich ein Kollektor, bestehend aus Sammelplatten zur Aufnahme der abgetrennten Partikel. Durch Anlegen einer Gleichspannung an den Ionisator und Kollektor entsteht ein elektrisches Feld. Die im Abluftstrom enthaltenen Partikel werden beim Passieren dieses Feldes statisch aufgeladen und lagern sich auf den Kollektorplatten ab. Mit einem Minimum an elektrischer Energie können auf diese Weise selbst kleinste Partikel (bis zu 0,01 μm) abgetrennt werden. Meist besteht der Filter aus drei unabhängig hintereinander arbeitenden Elektrofilterstufen, in denen schrittweise eine Grob- und Feinabscheidung der Partikel erfolgt. Für die Abscheidung der größeren Partikel wird ein größerer Plattenabstand gewählt, für die Abscheidung der kleinen Partikel ein geringerer. Starke Ablagerungen an den Kollektorplatten beeinträchtigen den Wirkungsgrad der Anlage. Deshalb wird der Elektrofilter in regelmäßigen Intervallen (meist nachts), gesteuert über eine Schaltuhr, selbsttätig gereinigt. Der gesamte Elektrofilter wird durch eine elektrische Widerstandsheizung oder durch Dampf aufgeheizt, sodass die Ablagerungen (z.B. Fett, Teer) weich werden und abrinnen.

Gase/Dämpfe:

Adsorption

Die Emissionsminderung wird durch die Anreicherung organischer Stoffe aus der Dampf- oder Gasphase an Oberflächen fester Stoffe durch Adhäsionskräfte bewirkt. Die Anreicherung erfolgt in der Regel durch physikalische Adsorption oder Kapillarkondensation. Die angewendeten Adsorbentien sind solche Feststoffe, die eine große Oberfläche haben (z.B. Aktivkohle). Aktivkohle hat eine große innere Oberfläche. Die Adsorber können so lange mit Abgasen beaufschlagt werden, bis ein Durchbruch der Schadstoffe erfolgt. Aktivkohleadsorber eignen sich insbesondere auch zur Abscheidung von Geruchsstoffen.

Zur Vermeidung der Verstopfung bzw. Versottung der Aktivkohle ist eine Vorabscheidung für Aerosole und Fette, Staub und Teer unbedingt (siehe auch 5.4.4.1) erforderlich.

Bei kontinuierlichem Betrieb müssen zwei oder mehrere Adsorber parallel geschaltet werden, um eine Regenerierung zu ermöglichen. Das Regenerieren des Adsorbers kann mit Dampf oder Heißluft erfolgen. Die Regenerationsabgase oder -dämpfe müssen nachbehandelt werden (nach Kondensation der Dämpfe in einem Wäscher oder einer Nachverbrennungsanlage).

Für Rucheranlagen ist der Einsatz von Adsorbentien allein nicht ublich. Hier kommen kombinierte Verfahren (elektrischer Abscheider kombiniert mit Adsorption) zur Anwendung.

Adsorptionsanlagen bedurfen der regelmäßigen fachkundigen Wartung.

Absorption

Abgaswäscher arbeiten nach dem Prinzip der Absorption (physikalische Wäscher) oder Chemisorption (chemische Wäscher). Die Schadstoffe werden mittels einer Waschflüssigkeit in einem ein- oder mehrstufigen Waschverfahren aus dem Abgas ausgewaschen. Als Wäscher kommen Düsen-, Venturi- oder Füllkörperwäscher zum Einsatz. Ohne Chemikaliengabe könnte mit einem Wäscher nur durch permanente Frischwasserzufuhr (Durchlaufwascher) ein gleichwertiger Auswascheffekt erzielt werden, denn bei Wasserzirkulation stellt sich nach einiger Zeit eine Sättigungskonzentration ein. Physikalische und chemische Wäscher werden besonders zur Reinigung stark belasteter, kleiner bis mittlerer Volumenströme verwendet.

Teer oder Aerosole aus Rucheranlagen sollten bereits vor dem Eintritt des Abgases in den Absorber mit Hilfe eines Vorabscheiders (Elektrofilter oder mechanischer Abscheider) abgeschieden werden, um das Abwasser nicht mit Teerruckstanden zu belasten.

Um den Abwasseranfall gering zu halten, sollte das Washwasser im Kreislauf geführt werden.

Für stark schwankende Abgasvolumenstrome bzw. stark schwankende Schadstoffkonzentrationen sind Abgaswäscher nicht geeignet.

Kondensation

Durch Absenken der Temperatur des Abgases unter die Kondensationstemperatur des Wasserdampfes und zahlreicher organischer Verbindungen, kommt es zu einer Abscheidung geruchsbehafteter Inhaltsstoffe. Dieser Vorgang kann bei Rucherkammern durch Hinaufsetzen der Luftfeuchte der Rauchgase nach Verlassen der Kammer gefördert werden. Die Kondensation ist in der Regel nur als Vorabscheidung zu bewerten.

Sofern die Abluft aus wasserdampfhaltigen und wasserlöslichen Brüden besteht, kann im Ausnahmefall die Kondensation als alleinige Geruchsmindeungsmanahme einsetzbar sein. Bei Kondensation der Brüden können erhebliche Wassermengen anfallen.

Die Kondensatoren sind meist an eine Kaltwasser-, Kühl- oder Kälteanlage angeschlossen.

Man unterscheidet zwischen direkter und indirekter Kondensation.

Die direkte Kondensation erfolgt durch Einsatz von Wäschern. Diese Methode eignet sich besonders zur Behandlung der Kammeratmosphäre bei Selchen mit Umluftanlagen und der Abgase aus Kondensatrauchanlagen. Mit dem Wasserdampf gemeinsam lassen sich auch die höher siedenden organischen Verbindungen niederschlagen. Niedrig siedende Stoffe werden teilweise im Kondensat oder im Kühlmedium gelöst und dadurch ebenfalls abgeschieden. Wegen des direkten Kontaktes des Kühlmediums mit dem Abgas handelt es sich nicht mehr um eine reine Kondensation. Hier ist der Kondensat- und Absorptionseffekt nicht klar zu trennen. Durch Zusatz von Chemikalien in das Kühl- und Waschmedium können stark riechende organische Verbindungen - soweit sie löslich sind - chemisch umgewandelt und desodoriert werden.

Das Verfahren der indirekten Kondensation eignet sich vorzugsweise für Räucheranlagen mit hoher Massenkonzentration und bei Umluftanlagen. Bei der indirekten Kondensation werden die Rauchgasbestandteile von dem durch indirekte Kühlung niedergeschlagenen Wasser absorbiert.

Die indirekte Kondensation hat bei den Garprozessen derzeit keine Bedeutung.

5.2.2 Chemische Abgasreinigungsverfahren

Gase/Dämpfe:

Chemisorption

Der Übergang von der Absorption zur Chemisorption ist fließend. Als Waschmedium wird je nach der Art der zu entfernenden Stoffe vielfach Wasser z.T. unter Zusatz waschaktiver Substanzen (z.B. schwach konzentrierte Natronlauge, Natriumhypochlorit, Calciumoxid, Chlor, Ozon, Chloroxid, Natriumperoxid) eingesetzt. Sinn der Chemikaliengabe ist es, die herausgewaschenen Schadstoffe chemisch zu binden und somit das für den Stofftransport von der gasförmigen in die flüssige Phase erforderliche Konzentrationsgefälle aufrechtzuerhalten.

Je nach Beschaffenheit der Schadstoffe wird der pH-Wert der Waschflüssigkeit sauer oder basisch eingestellt. In fetthaltiger Abluft führt die alkalische Wäsche zur Verseifung der Fettanteile. Bei Einsatz von chlorhaltigen Stoffen können in Verbindung mit vorhandenen organischen Stoffen chlororganische Verbindungen (AOX) entstehen, die eine nachfolgende Abwasserbehandlung erforderlich machen. Chemische Wäscher führen somit zu einer zusätzlichen Abwasserfracht; die Einleitbedingungen in Abwassersysteme sind zu beachten.

Nasse Oxidation

Die Nassoxidation ist ein Verfahren zur Reinigung hochbelasteter Abwässer. Sie ist zwischen der teuren Verbrennung und der billigeren biologischen Behandlung anzusiedeln. Unter erhöhtem Druck und erhöhter Temperatur können organische Abwasserinhaltsstoffe mit Hilfe eines Oxidationsmittels zu Kohlendioxid, Wasser und organischen Salzen umgewandelt werden. In der Lebensmittelindustrie hat dieses Verfahren für die Abluftreinigung wenig Bedeutung.

Nachverbrennung (Trockene Oxidation)

Die Abgasreinigung kann durch thermische oder katalytische Verbrennung erfolgen. Die Reinigung von Abluftströmen durch Verbrennung ist eine sehr wirksame, aber auch sehr aufwendige Methode, die bevorzugt bei hohen Schadstoffkonzentrationen in der Abluft eingesetzt wird. Auf die Nutzung der entstehenden Abwärme ist Bedacht zu nehmen

Bei geringen Massenkonzentrationen luftverunreinigender Stoffe im unge reinigten Abgas ist zu prüfen, ob der Einsatz von Nachverbrennungsanlagen im Hinblick auf den zusätzlichen Brennstoffverbrauch und die vom Brennstoff herrührenden Emissionen gerechtfertigt ist.

Thermische Nachverbrennung:

Die Reingastemperatur am Brennkammeraustritt liegt bei etwa 800 °C, die Verweilzeit der zu reinigenden Stoffe in der Brennkammer liegt bei 0,5 – 0,8 s. Ein ausreichender Sauerstoffgehalt ist zu gewährleisten. Die Einhaltung der Verweilzeit und der Reaktionstemperatur ist notwendig, um die Bildung kritischer Oxidationsprodukte zu vermeiden.

Katalytische Nachverbrennung:

Die katalytische Nachverbrennung unterscheidet sich von der thermischen Nachverbrennung nur durch den in die Kontaktkammer eingebauten Katalysator, der eine niedrigere Reaktionstemperatur (ca. 400 °C) erlaubt. Die Auswahl des geeigneten Katalysators ist Voraussetzung für einwandfreie Funktion der Nachverbrennungsanlage.

Im Allgemeinen lässt die Aktivität der Katalysatoren im Laufe der Zeit nach (u.a. durch Katalysatorgifte, Verharzungen). Verharzungen können durch vorsichtiges Abbrennen beseitigt werden.

Die Nachverbrennung geruchsbehafteter Abluft kann auch durch Zumischen ungereinigten Abgases zur Verbrennungsluft vorhandener Feuerungsanlagen erfolgen. Voraussetzung hierfür ist die Sicherstellung des richtigen Verhältnisses der Volumenströme von Verbrennungsluft und ungereinigtem Abgas.

Bei kleinen Abgasvolumenströmen kann die Nachverbrennungseinrichtung durch einen Elektroheizstab ausreichender Größe ersetzt werden. Beim Einbau dieser Anlagen ist darauf zu achten, dass die elektrische Heizeinrichtungen brand- und berührungssicher installiert sind.

Für gering belastete Abluftströme können schließlich alternative oxidierende Verfahren eingesetzt werden. Dabei erfolgt die Oxidation ohne vorherige Erwärmung des Abluftstromes. Über Entladungsvorgänge in einem z.B. durch UV-Bestrahlung erzeugten Plasma werden Abgasbestandteile, aber auch Luftsauerstoff ionisiert. Der Abbau der Schadstoffe erfolgt entweder direkt durch Ionisation oder durch Oxidation mit Sauerstoffradikalen und Ozon. Bei diesem Verfahren kann eine anschließende Zerstörung des gebildeten Ozons erforderlich sein.

Bei Räucheranlagen ist die Anlage so zu schalten, dass nur das Abgas der Räucherphase die Nachverbrennungsanlage durchströmt.

Erforderlichenfalls ist eine Verriegelung einzubauen, die eine Inbetriebnahme der Produktionsanlage erst dann zulässt, wenn die Verbrennungsanlage ihre Betriebstemperatur erreicht hat.

5.2.3 Biologische Abgasreinigung

Gase/Dämpfe:

Die biologische Abluftreinigung in Biofiltern, Rieselbettreaktoren oder Biowäschern eignet sich vor allem zur Behandlung von Abluft, deren Inhaltsstoffe schwach konzentriert, dafür aber geruchsintensiv sind. Generell gilt, dass Schadstoffe wasserlöslich und biologisch abbaubar sein müssen, um sie durch biologische Verfahren erfolgreich mindern zu können. Feuchte und Temperatur des zu behandelnden Gasstromes müssen in engen Bereichen optimiert werden, um die Funktionsfähigkeit der biologischen Verfahren zu erhalten.

Der Abbau erfolgt durch Mikroorganismen hauptsächlich zu CO_2 und H_2O . Günstiges Betriebsverhalten ist dann zu erwarten, wenn Rohgaszusammensetzung und Konzentration, Volumenstrom und Temperatur weitestgehend konstant sind. Da die Wirkung der Mikroorganismen von ihren Lebensbedingungen abhängen, ist daher die Änderung der Betriebszustände u.U. mit Anpassungszeiten (Adaption) der Bioanlage verbunden.

Bei der Lebensmittelverarbeitung sind insbesondere Emissionen bekannt, die biologisch abbaubar sind. Daher können Biowäscher oder Biofilter zur Geruchsreduktion eingesetzt werden. Durch die biologische Umsetzung ändern sich die produktionsspezifischen Gerüche und deren hedonische Wirkung (angenehm – unangenehm). Das Reingas enthält bei ausreichender Dimensionierung der Abgasreinigungsanlagen nur den typischen Eigengeruch der biologischen Abgasreinigung. Das jeweilige Verfahren gilt als wirksam, wenn der für das Rohgas typische Geruch im Reingas nicht mehr wahrnehmbar ist.

Biowäscher

Bei Biowäschern sind die Mikroorganismen entweder wasserdispergiert (Schlammbelebungsanlagen) und/oder als biologischer Rasen auf Wäschereinbauten (Rieselbettreaktoren) angesiedelt. Zur Verbesserung der Abscheidebedingungen für die Geruchsstoffe kann es erforderlich sein, den pH-Wert der Waschflüssigkeit auf sauer oder basisch einzustellen. Mit Rücksicht auf die beteiligten Mikroorganismen muss der pH-Wert der Waschflüssigkeit im Bereich von $\text{pH} = 5 - 10$ liegen.

Für die Erhaltung der Biomasse in der Waschflüssigkeit und die Sicherstellung einer einwandfreien Betriebsweise ist auch bei Produktionsstillstand dafür zu sorgen, dass die Mikroorganismen ausreichend mit Sauerstoff versorgt werden und ausreichend Nährsubstrat für die Mikroorganismen zur Verfügung steht.

Biowäscher finden in Räucheranlagen üblicherweise keine Anwendung.

Biofilter

Bei Biofiltern werden als Trägermaterial überwiegend Kompost, Baumrinde, Fasertorf oder deren Mischungen mit zusätzlichem inertem Trägermaterial eingesetzt. In der Regel sind diese Materialien als Schüttschicht angeordnet, die von den Abgasen durchströmt werden. Die Abgasinhaltsstoffe werden, soweit sie auf der Oberfläche der Trägersubstanz sorbiert werden, durch die Mikroorganismen abgebaut. Um eine Versottung bzw. Verstopfung der Filterschicht durch die im Abgas enthaltenen Aerosole (kleine Feststoffpartikel, kleine Flüssigkeitströpfchen) zu vermeiden, ist ggf. eine gesonderte Reinigungsstufe vorzuschalten.

Die Filter kommen in offener Bauweise als Flächenfilter oder Etagenfilter zur Anwendung.

Der Platzbedarf für eine Biofilteranlage ergibt sich aus der zu reinigenden Abluftmenge, der Rohgaskonzentration und der Art der luftverunreinigenden Stoffe. Als Maß für die Leistungsfähigkeit des Filters wird die spezifische Filterraumbelastung (m^3 Abgas pro m^3 Filtermaterial und Stunde) verwendet. Je nach Abgaszusammensetzung beläuft sich die spez. Filterraumbelastung auf 100 bis $300 \text{ m}^3/\text{m}^3\text{h}$.

Für die Funktionsfähigkeit des Biofilters ist es wichtig, dass die Feuchtigkeit des Trägermediums einen bestimmten Wert nicht unter- bzw. überschreitet. Um das zu vermeiden, hat sich die Befeuchtung der Abgase vor Eintritt in die Filterschicht auf eine relative Feuchte $> 95 \%$ bewährt.

Kontrollmöglichkeiten wichtiger Einflussgrößen wie Feuchtigkeit und Filterwiderstand sind bei Biofiltern vorzusehen. Die Feuchtigkeit des Abgasstromes ist vor Eintritt in den Biofilter zu prüfen, der Druckverlust ist indirekt über die Ventilatorleistung zu kontrollieren.

Im Gegensatz zu Biowäschern ist beim Biofilter auch bei längerem Stillstand die Zugabe von Nährsubstraten für die Mikroorganismen sowie eine zusätzliche Belüftung nicht generell erforderlich. Das organische Trägermaterial

des Filters wird auch als Nährsubstrat von den Mikroorganismen genutzt; hiermit verbunden ist eine schrittweise Kompostierung des Filtermaterials. Aus diesem Grunde und wegen stattfindender Veränderungen der Filterschicht muss diese gelegentlich aufgelockert bzw. ausgetauscht werden.

Mit Biofiltern wird erreicht, dass produktionsspezifische Gerüche in der Reinaluft nicht mehr wahrzunehmen sind. Durch den Stoffwechselprozess der Mikroorganismen entwickelt der Biofilter einen typischen Eigengeruch.

5.3 Ableitung von Abluft und Abgasen

Besonders bei geruchsintensiven Stoffen kann auch die ausreichende Verdünnung der Abgasfahne nach ihrer Ableitung ins Freie zielführend sein, um Geruchsbelästigungen im Bereich der Nachbarschaft zu verringern. Dazu empfiehlt sich grundsätzlich für die Abluftabführung die Beachtung der für geruchshaltige Abluftströme allgemein üblichen Ableitbedingungen:

- senkrechte und unbehinderte Abluftabführung über Dach ins Freie
- Mindestaustrittsgeschwindigkeit der Abluft von 7 m/s. Bei Ausblasgeschwindigkeiten über 10 m/s können Lärmprobleme auftreten.
- Höhe der Mündung
 - mindestens 1 m über dem First eines Giebeldaches
 - mindestens 3 m über Flach- und Sheddächern
 - mindestens 5 m über Dach der Wohnhäuser in einem Umkreis von 50 m
 - in jedem Falle jedoch mindestens 10 m über Bodenniveau.

5.4 Spezifische Emissionsminderungsmaßnahmen

5.4.1 Emissionsminderungsmaßnahmen bei Bäckereien

Die Minderung der Emission bzw. Reinigung der Abluft aus Backöfen wird dann in Erwägung zu ziehen sein, wenn die Nachbarn durch Geruch unzumutbar belästigt sind. Die wichtigsten für die Abscheidung von aus Backöfen austretenden Geruchsstoffen geeigneten und erprobten Abscheideverfahren sind nachfolgend erwähnt:

- Biofilter
- Adsorber (Aktivkohlefilter)

- Nachverbrennungssysteme.

Biofilter können einerseits sehr kostengünstig betrieben werden, andererseits benötigen sie ein regelmäßiges Nahrungsangebot d.h. einen kontinuierlichen Ofenbetrieb, Ablufttemperaturen unter 40 °C und eine gesättigte Abluft. In der VDI Richtlinie 3477 – Biofilter ist die Auslegung, der Bau und Betrieb von Biofilteranlagen beschrieben.

5.4.2 Emissionsminderungsmaßnahmen bei der Fischverwertung

Bei Anlagen zur Fisch- oder Fleischverwertung treten Emissionen sowohl punktförmig als auch diffus auf. Diese Emissionen führen primär zu Geruchseinwirkungen.

Die in Kapitel 5.2 genannten Abgasreinigungsverfahren können für sich alleine oder miteinander kombiniert angewandt werden, wobei darauf zu achten ist, dass vor der Entfernung von Geruchsstoffen eine effektive Partikel- und Aerosolabscheidung vorzusehen ist. Bei Räucheranlagen müssen Teer und Teerinhaltstoffe besonders beachtet werden, um zusätzliche Abwasserbelastungen zu vermeiden. Zusätzlich können betriebliche Maßnahmen, die bereits an der Emissionsquelle ansetzen, zur Emissionsminderung beitragen.

Betriebliche Primärmaßnahmen, wie sie in Kapitel 5.1 beschrieben sind, haben bei leicht verderblichen Materialien eine besondere Bedeutung bei der Vermeidung von Geruchsemissionen.

Abgasreinigungsverfahren

In Räucheranlagen werden Elektrofilter kombiniert mit Gaswäschern oder Aktivkohlefiltern eingesetzt.

In einer ersten Filterstufe werden die sichtbaren Rauchteilchen (feste und flüssige Partikel) elektrostatisch abgeschieden. Die Teerpartikel lagern sich auf Abscheiderplatten ab und werden periodisch über ein automatisches Reinigungsprogramm abgeschmolzen. Der abfließende Teer gelangt in einen Deponiebehälter unterhalb der Anlage.

In einer zweiten Stufe werden die noch im Abgas verbliebenen gasförmigen Bestandteile in Wäschern an eine alkalische Waschflüssigkeit gebunden. Die

gereinigte Abluft wird mittels eines Tröpfchenabscheiders von Wassernebeln befreit und ins Freie geleitet.

5.4.3 Emissionsminderungsmaßnahmen bei Fleischhaudereien

siehe 5.4.2.

5.4.4 Emissionsminderung bei Gaststätten und Großküchen

5.4.4.1 Lüftungstechnische Anforderungen an Gaststätten und Großküchen

Küchen und zugehörige Bereiche sind durch Lüftungstechnische Anlagen (gemäß ÖNORM H 6030) so zu belüften, dass

- die Wärme von den in Betrieb befindlichen Küchengeräten abgeleitet wird,
- die entstehende Feuchtigkeit abgeleitet wird,
- die Raumluft mit Geruchsstoffen, Fetten, Wasserdampf, Wrasen und gasförmigen Verbrennungsrückständen so gering wie möglich belastet wird,
- es zu keiner Beeinträchtigung der zubereiteten Speisen kommt und
- die Ablagerung von Fett vermieden wird.

Zuluft:

Die Lage der Außenluftansaugung ist so zu wählen, dass die angesaugte Luft möglichst frei von Verunreinigungen ist. Die angesaugte Luft ist entsprechend dem Regel- und Normenwerk zu reinigen.

Fortluft:

Die Fortluft ist so ins Freie zu führen, dass bei allen Betriebsbedingungen und klimatischen Verhältnissen keine (unzumutbare) Belästigung von Personen im eigenen Objekt und der Nachbarn auftritt. Auf die Vermeidung von Luftkurzschlüssen zwischen dem Fortluftaustritt und der Außenluftansaugung ist besonders zu achten. Erforderlichenfalls ist ein meteorologisches bzw. strömungstechnisches Gutachten einzuholen. Die Ausblasgeschwindigkeit

keit ist entsprechend den allgemeinen Ableitbedingungen (Kapitel 5.3) und den örtlichen Gegebenheiten festzulegen.

Die Fortluft ist an unbedenklicher, zweckmäßigerweise an höchster Stelle des gesamten Gebäudekomplexes senkrecht nach oben ins Freie auszublasen.

Ist die Fortluftausblasung ohne Geruchsbeeinträchtigung von Personen des eigenen Objektes oder von Nachbarn nicht sichergestellt, z.B. weil die Ableitung über Dach nicht möglich ist, sind Einrichtungen zur Geruchsbeseitigung in der Fortluft vorzusehen.

Für die Reduktion von Gerüchen gibt es verschiedene Techniken, denen eines gemeinsam ist: Jeder Eintrag von Fetttröpfchen in den Geruchsabscheider verringert dessen Standzeit und/oder Wirkungsgrad. Je nach eingesetztem Verfahren kann auch Wasserdampf, der in der Küchenabluft zwangsläufig auftritt, störend wirken. Vor einer Geruchsminderung muss also jedenfalls eine zuverlässige Fettabscheidung (Restgehalt: < 5 mg/m³) und allenfalls eine Reduktion des Wasserdampfgehaltes durchgeführt werden.

Der tröpfchenförmige Anteil der Fette in der Küchenabluft hat die Größe von 0,5 µm bis über 10 µm. Generell gilt: Je kleiner die abzuscheidenden Tröpfchen sind, desto höher ist der Energiebedarf bei der Abscheidung und desto aufwendiger wird die Abscheidetechnik. Bei Tröpfchengrößen < 1 µm (Fettaerosole) versagen die herkömmlichen Methoden der Fettabscheidung, der Einsatz spezieller Techniken wird erforderlich.

Zur Beurteilung der Wirksamkeit von Fettabscheidern kann der D₅₀-Wert, das ist jener Teilchendurchmesser, bei dem der Abscheidegrad des Filtersystems 50 % beträgt, herangezogen werden. Eine weitere Maßzahl ist der Fraktionsabscheidegrad T(x_p) in % [SABO 2001, STAUDINGER 1981]

$$T(x_p) = \frac{m_a(x_p)}{m_z(x_p)} \cdot 100$$

mit m_a(x_p) ... Massenstrom der Partikelgröße (x_p), der abgeschieden wird
m_z(x_p) ... Massenstrom der Partikelgröße (x_p), der zugeführt wird

Die Angabe der pauschalierten Abscheideleistung ohne Angabe des D₅₀- oder des T(x_p)-wertes ist für die Beurteilung eines Filtersystems nicht ausreichend. Vor einer Geruchsabscheidung muss das Filtersystem einen D₅₀-Wert von zumindest 2 µm aufweisen. Massekraftabscheider (z.B. Zyklone,

herkömmliche einstufige Metallgeflechtfilter, Prallplattenfilter) erreichen diesen Wert bei weitem nicht. Sie sind nur zur Grobabscheidung geeignet. Für die Feinabscheidung lassen sich z.B. Wäscher, Adsorber, Elektrofilter und Aerosol-Faserfilter einsetzen.

Eine Klassifizierung von Filtern erfolgt in der ÖNORM EN 774. Es wird zwischen Grobstaubfiltern (Kennung G) und Feinstaubfiltern (Kennung F) unterschieden. Bei vorgegebenem Volumenstrom wird der Abscheidegrad zur Kategorisierung verwendet.

Tabelle 4: Klassifizierung von Luftfiltern	
Filterklasse	Mittlerer Abscheidegrad
G1	$50 \leq A_m < 65$
G2	$65 \leq A_m < 80$
G3	$80 \leq A_m < 90$
G4	$90 \leq A_m$
F5	$40 \leq E_m < 60$
F6	$60 \leq E_m < 80$
F7	$80 \leq E_m < 90$
F8	$90 \leq E_m < 95$
F9	$95 \leq E_m$

mit A_m : Mittlerer Abscheidegrad für synthetischen Prüfstaub und
 E_m : Mittlerer Abscheidegrad für Partikel von $0,4 \mu\text{m}$

Besondere Probleme ergeben sich bei der Fettabscheidung durch die eingesetzten Fette und Öle. Durch die hohe Viskosität und durch die Reaktionsfähigkeit der ungesättigten Fettsäuren ist die Selbstreinigung auch bei sorgfältiger Materialauswahl unzureichend, sodass regelmäßige Reinigungszyklen einzuplanen sind. Außerdem ist der Kondensationspunkt dieser Fette sehr niedrig, sodass gasförmige Anteile nach der Fettabscheidung in die Abgasleitung gelangen und dort kondensieren, sich sammeln und mit dem Abluftstrom weitergetragen werden können. Das bedeutet, dass vor einem nachgeschalteten Geruchsstoffabscheider erneut eine Partikelabscheidung erforderlich sein kann und dass Abluftleitungen öldicht auszuführen sind.

Fettabscheider

1. Stufe: Grobabscheidung

Drahtgeflechtfilter: Edelstahlfasern sind zu einer Filtermatte verwoben. Es werden nur größere Tröpfchen ($>10 \mu\text{m}$) abgeschieden. Keine Selbstreinigung, die Filtermatten lassen sich in der Spülmaschine reinigen. Überladungen treten in der Praxis häufig auf. Dann verliert das System seine Reinigungskraft. Bei Verwendung eines Drahtgeflechtfilters ist der Einsatz einer Flammdurchschlagsicherung erforderlich.

Prallplattenabscheider: Dienen zur Abscheidung von Fett- und Wassertröpfchen aus der Küchenabluft. Auf ein geringes Speichervermögen und die Ableitung der abgeschiedenen Flüssigkeiten ist zu achten (Brandschutz).

Tabelle 5: Mindestabscheidegrad der Prallplattenfilter (Aerosolabscheider): Klassifizierung

Partikelgröße	Klasse A	Klasse B
3,0 µm	15 %	35 %
5,0 µm	35 %	75 %
10,0 µm	80 %	95 %

2. Stufe: Feinabscheidung

Luftwirbelfilter bestehen aus x-förmigen oder gegenläufigen U-förmigen Edelstahlprofilen, die die fettbeladene Abluft verwirbeln. Es kommt zur Koaleszenz der Tröpfchen und zur Abscheidung durch die Massenträgheit. Das Fett kann über die glatt polierten Profile nach unten abfließen. Der Fraktionabscheidegrad für Tröpfchen der Größe 3 – 10 µm wird mit 95 % bis 98 % angegeben.

3. Stufe: Feinstabscheidung

Adsorber: Die Abscheidung von Fett und Wasser erfolgt über geschäumte Kunststoffkörper. Das abgelagerte Fett muss von Fachfirmen ausgewaschen werden (organische Lösungsmittel).

Nasswäscher: Das Fett wird im Waschwasser abgeschieden, das regelmäßig entsorgt werden muss. Erstarrendes Fett kann Einbauten verstopfen.

Elektrofilter: Hoher Wasserdampfgehalt kann zu Überschlägen führen.

Aerosol-Faserfilter: Auch feinste Tröpfchen werden effektiv abgeschieden, jedoch erfolgt eine rasche Überladung, da keine Selbstreinigung möglich ist.

Tabelle 6: Fettabscheidetechniken; Vor- und Nachteile bei Einsatz in Küchen

Technik	Einsatz in Küchen	Selbstreinigung	empfindlich gegenüber	Verlagerung der Umweltbelastung	Reinigung durch Küchenpersonal	Sonstiges
Drahtgeflecht	+	-	Überladung	Wasser	Gut	Brandgefahr
Luftwirbelfilter	+	+	Ablagerungen		Gut	
Adsorber	+	nur für Wasser		organische Lösungsmittel	Wartungsvertrag	reduziert relative Feuchte
Nasswäscher	+	möglich	erstarrendem Fett	Wasser	nein	Verstopfung der Einbauten
Elektrofilter	+	-	Wasserdampf		nein	Brandgefahr
Aerosol-Faserfilter	+	-	Überladung	Wasser	Gut	Brandgefahr

Techniken zur Geruchsminderung

Für den Einsatz in Küchen kommen vor allem der Aktivkohlefilter, UV-Ozonierung, der Biofilter und die Ionisation in Frage. Voraussetzung für den Einsatz dieser Techniken ist nahezu fettfreie Abluft ($< 5 \text{ mg/m}^3$). Aktivkohlefilter, UV-Ozonierung und Ionisation sind bei hohem Wasserdampfgehalt in der Abluft nicht funktionstüchtig. Das heißt, dass zum einwandfreien Betrieb des Geruchsstoffabscheiders ein effektiver Vorabscheider installiert werden muss. Eine effiziente Vorabscheidung ist durch entsprechende Wartungspläne sicherzustellen, da ein Durchschlagen der Vorabscheider die Standzeit der Geruchsabscheider auf wenige Tage reduziert. Die Reinigungs- und Wartungsarbeiten sind in einem Betriebsbuch zu dokumentieren.

- **Aktivkohle:** Ein Aktivkohlefilter ist für kleinere Abluftströme ($< 5000 \text{ m}^3/\text{h}$) prinzipiell geeignet. Dabei sind besonders die Adsorptionskinetik, die Strömungsbedingungen sowie die Kontaktzeit zu berücksichtigen. Eine praktisch geruchsfreie Abluft kann mit Aktivkohlefiltern in wirtschaftlich vertretbarer Größe nicht erreicht werden. Eine Verminderung der Geruchsintensität der Abluft (die in den meisten Fällen ausreicht) bzw. das Nivellieren der Geruchsspitzen kann dann erreicht werden, wenn stark schwankende Rohgasbelastungen vorliegen.

Ein Problem stellt außerdem der hohe Fettaerosol- und Wasserdampfgehalt dar, der die Adsorptionsfähigkeit der Aktivkohle wesentlich reduziert. Die relative Feuchtigkeit muss unter 80 % liegen. Wird Fett in den Filter eingetragen, dann wird der Filter durch den Fettfilm inaktiv und kann sich durch das Ranzigwerden des Fettes zur Geruchsquelle entwickeln. Regelmäßiger Filtertausch ist erforderlich. Ein Wartungsvertrag zum Austausch und zur Übernahme beladener Kohle ist vorzusehen.

Für die Auslegung von Aktivkohlefiltern werden die in Tabelle 7 festgehaltenen Mindestanforderungen empfohlen (gemäß ÖNORM H 6030)

Tabelle 7: Auslegung von Aktivkohlefiltern für Küchenbetriebe	
Vorfilter: Filterklasse gemäß ÖNORM EN 779	F7
Vorfilter: Spezifische Filterfläche, bezogen auf den Abluftvolumenstrom	4,2 m ² je 1000 m ³ *h ⁻¹
Spezifische Aktivkohle-Volumen, bezogen auf den Abluftvolumenstrom	56 l je 1000 m ³ *h ⁻¹
Verweilzeit	0,2 s *)

*) Dieser Wert stellt eine absolute Mindestanforderung dar; Erfahrungen haben jedoch gezeigt, dass zur effizienten Geruchsfilterung eine Kontaktzeit bis etwa 1 Sekunde erforderlich sein kann.

- Biofilter: Diese werden derzeit für die Reinigung von Küchenabluft praktisch nicht verwendet. Werden Biofilter bei Gaststätten dennoch eingesetzt, so sind diese, auch wenn die Abluftströme klein sind, nach den Regeln der Technik (z.B. VDI-Richtlinie 3477) zu errichten. Das heißt, dass eine Abluftkonditionierung unbedingt vorzusehen ist. Sowohl Temperatur als auch Inhaltsstoffe der Küchenabluft sind für den Biofiltereinsatz grundsätzlich geeignet.
- Ionisation: In einem elektrischen Hochspannungsfeld (Coronafeld) werden Sauerstoff und Geruchsmoleküle ionisiert und können daher miteinander reagieren. Da der Energieaufwand durch Wasser und Fetttröpfchen wesentlich erhöht wird, ist fettfreie, möglichst trockene Abluft Voraussetzung.
- Ozonierung: In Kombination mit nachgeschalteten Aktivkohleanlagen können Ozonierungsanlagen, wie z.B. UV-Strahler oder Ozongeneratoren, zur Geruchsreduktion eingesetzt werden.

Andere Methoden, wie Maskierung von Gerüchen und Clusterbildung mit Makromolekülen können nicht empfohlen werden.

Tabelle 8: Geruchsabscheidetechniken, Vor- und Nachteile

Technik	Anwendbarkeit	Energiebedarf	empfindlich gegenüber	Regeneration	Wartung	Nachteil	Reinigungsleistung
Aktivkohle	eingeschränkt bei hoher Feuchte	mäßig	Fett- und Wassereintrag	-	Lieferant der Kohle	kurze Standzeiten	sehr gut
Ozonierung		mäßig	Fett- und Wassereintrag	+	Fachfirma		*)
Biofilter	grundsätzlich geeignet	mäßig	Fetteintrag	+	Fachfirma	großer Flächenbedarf, Eigengeruch	sehr gut
Ionisation	eingeschränkt durch Wasserdampf	hoch	Fett- und Wassereintrag	+	Fachfirma	unzureichend bzw. unwirtschaftlich **)	zweifelhaft

*) Voraussetzung für eine sehr gute Reinigungsleistung ist eine fachgerechte Planung und Ausführung unter Berücksichtigung einer ausreichenden O₃-Konzentration in der Reaktionsstrecke und eine optimal angepasste, nachgeschaltete Aktivkohleanlage in Anlehnung an die ÖNORM H 6030. Zur Auslegung der Ozonierungsanlagen laufen derzeit noch Untersuchungen. Nach den derzeitigen Erfahrungen ist eine Mindestkonzentration von 4 mg/m³ Ozon erforderlich.

**) Vorhandene Systeme arbeiten mit zu geringem Energieeintrag, ausreichende Ionisierung würde zu viel Energie benötigen.

Anforderungen an Luftleitsysteme (Lüftungsleitungen)

Luftleitungen müssen aus mechanisch beanspruchbaren, unverrottbaren und unbrennbaren Materialien hergestellt sein. Sie müssen innen abriebfest, korrosionsbeständig und glatt sein (keine gemauerten Kanäle, keine ins Innere ragenden Teile wie z.B. Schraubenschäfte).

Fortluftkanäle, die durch kalte Räume führen (z.B. ungeheizte Dachböden) oder im Freien angebracht sind, müssen wärme gedämmt werden, um Kondenswasserbildung zu vermeiden.

Kanäle dürfen nicht genau waagrecht verlegt werden, sie müssen immer ein Gefälle aufweisen und an den Tiefpunkten mit Entwässerungstutzen ausgestattet sein. Diese sind entweder periodisch zu entleeren oder an das Küchenabwassersystem anzuschließen.

Betrieb, Wartung, Reinigung

In Anlehnung an die Vorschläge der ÖNORM H 6030 sind folgende Wartungsanweisungen zweckmäßig:

Tabelle 9: Wartungsanweisungen		
Anlagenteil	Kontrollintervall *)	Reinigungsintervall *)
Drahtgeflechtfilter in bestehenden Anlagen **)		täglich
Fettabscheider mit Prallflächenelementen	täglich	bei Bedarf, zumindest einmal pro Woche
Feinstaubfilter	wöchentlich bzw. automatische Warneinrichtung	bei Bedarf
Ab- und Fortluftleitungen	mindestens 1 x jährlich	beim Auftreten sichtbarer Ablagerungen
Aktivkohlefilter	2 x jährlich	zumindest 1 x jährlich

*) Anweisungen des Herstellers sind unabhängig von den hier vorgeschlagenen Maßnahmen zu befolgen.

**) Drahtgeflechtfilter können aus Brandschutzgründen nicht empfohlen werden.

Bezüglich anderer Komponenten der Lüftungsanlage wird auf die ÖNORM H 6031 hingewiesen.

Die durchgeführten Kontrollen, Reinigungen und Wartungen sind in einem Wartungsbuch zu dokumentieren.

5.4.4.2 Lagerung von Küchenabfällen

Biogene Abfälle sind in dicht geschlossenen und vor direkter Sonneneinstrahlung geschützten Behältern, möglichst in eigenen Räumen, zu lagern.

5.4.5 Emissionsminderungsmaßnahmen bei der Kartoffelverwertung

5.4.5.1 Bauliche und organisatorische Maßnahmen

Bereits bei der Errichtung der Arbeitsräume ist darauf Bedacht zu nehmen, dass nicht oder nur schwer zu säubernde Ecken, Schlitze etc. vermieden werden. Weiters sind Arbeitsräume u.dgl. ständig sauber zu halten, sodass liegengebliebener Rohstoff, Fett, etc. umgehend beseitigt wird und keine geruchsintensiven Stoffe gebildet werden.

5.4.5.2 Ablufferfassung und Ableitung

Abluftströme, welche geruchsintensive Stoffe enthalten, sind zu erfassen und abzuleiten. Dabei ist insbesondere die Abluft von Brat- und Frittiervor-

gängen zu nennen. Erforderlichenfalls ist eine Abluftreinigungsanlage vorzusehen.

5.4.5.3 Abluftreinigungsverfahren

1. Mechanische Fettabscheidung

Entsprechend des Standes der Technik ist eine mechanische Fettabscheidung (Aerosole) als Abluftvorbehandlung vorzusehen; im Einzelfall (kurze Rohrleitung in Zusammenhang mit einer Nachverbrennungsanlage und dergl.) kann nach Prüfung der Sachlage davon abgesehen werden.

2. Brüdenkondensation

Üblich ist bei der Herstellung von Snack-Produkten eine Teilkondensation des in der Abluft enthaltenen Wasserdampfes, um die gewonnene Energie für die Wasserbereitung zu verwenden.

3. Absorption

Zu diesem Zweck werden Turbowäscher oder Zerstäubungswäscher verwendet, wobei dem Waschwasser saure oder basische Stoffe beigefügt werden können. Im alkalischen Medium werden die Fette verseift. Durch diese Chemisorption erfolgt auch eine Geruchsminderung.

4. Nachverbrennung

In der Abluft von Frittieranlagen sind Fettaerosole und Geruchsstoffe enthalten. Wenn in der Abluft der Frittieranlage der Wasserdampfanteil relativ gering ist (Pommes Frites - Herstellung) kann diese Abluft dem Heizkessel zur Verbrennung von Aerosolen und geruchsintensiven Stoffen energieverwendend zugeführt werden.

5. Biofilter

Diese Reinigungstechnologie ist nur dann einsetzbar, wenn Fette bzw. Fettaerosole vor dem Eintritt der Abluftströme in den Biofilter abgeschieden werden. Bei unzureichender Fettabscheidung verstopft sich der Filter relativ schnell und verringert somit den Wirkungsgrad des Biofilters.

5.4.6 Emissionsminderungsmaßnahmen bei Kleinbrauereien und Kleinbrennereien

a) Kleinbrauereien:

Bei dem in Österreich am häufigsten vertretenen Typ (Gasthausbrauereien) werden Geruchsstoffemissionen durch Absaugen der Schwaden, Kondensation über ein Venturi-Rohr mit Wassereindüsung und Verwendung der Abluft als Zuluft für den Brenner des Sudhauses auf vernachlässigbare Größen minimiert.

Grundsätzlich empfiehlt sich für die Abluftführung die Beachtung der für geruchshaltige Abluftströme allgemein üblichen Ableitbedingungen (siehe Punkt 5.3)

b) Kleinbrennereien:

Die Emissionsminderungsmaßnahmen beschränken sich im Wesentlichen auf den Einsatz von geschlossenen Behälter- und Leitungssystemen.

Das Kohlendioxid aus der Gärung entweicht ungehindert, d.h. hierfür kommen keine Emissionsminderungsmaßnahmen zur Anwendung.

Die Gase, die sich im Sammel tank für Schlempe und alkoholische Abfälle bilden, müssen abgeleitet werden. Im Regelfall ist Ableitung über Dach ausreichend.

5.4.7 Emissionsminderungsmaßnahmen bei der Knochen-, Blut- und Fettverwertung

- Durch organisatorische Maßnahmen (z. B. ausreichende Bereitstellung von Transportfahrzeugen, Abstimmung der Fahrtrouten, Schichtbetrieb nach Schlachttagen) ist sicherzustellen, dass das Rohmaterial rasch verarbeitet werden kann.
- Gekühlte Lagerung des Rohmaterials ist erforderlich. Blut sollte in gekühlten Erdtanks mit möglichst kurzen Zulauf- und Entleerungsleitungen gelagert werden; die Befüllung ist unter Anwendung des Gaspendelverfahrens oder unter Zuführung der Verdrängungsluft in eine Abluftreinigungsanlage vorzunehmen [VDI 2596].
- Sammelfahrzeuge sind sofort in geschlossenen Räumen zu entladen.

- Bei der Auswahl und beim Einsatz von Verfahren, Apparaten und Maschinen sind solche zu bevorzugen, die von der Rohmaterialaufgabe bis zum Produktaustrag ein weitgehend geschlossenes System aufweisen.
- Fußböden sind leicht reinigbar mit hohlkehlenartigem Anschluss an die Wände herzustellen.
- Kanal- und Luftleitungssysteme müssen ausreichend dimensioniert und leicht zu reinigen sein.
- Alle Produktions- und Lagerräume sind mit einer steuerbaren Entlüftungsanlage auszurüsten, die einen Unterdruck gegen die äußere Atmosphäre gewährleistet (ca. 10 bis 20 Pa). Stark geruchsbeladene Abluft ist direkt an der Entstehungsstelle abzusaugen (Quellenabsaugung) und ebenso wie die Raumluft einer Reinigungsanlage mit hohem Wirkungsgrad zuzuführen. Als Abluftreinigungsanlagen kommen grundsätzlich die in Abschnitt 5.2 genannten Verfahren in Betracht, am gebräuchlichsten sind Biofilteranlagen. Bei fetthältigen Abluftströmen ist auf eine entsprechende Vorreinigung Bedacht zu nehmen.

5.4.8 Emissionsminderungsmaßnahmen bei Konservenfabriken

Da die in Konservenfabriken anfallenden Arbeitsprozesse im Wesentlichen aus Koch-, Selch- und Bratvorgängen bestehen, die mit denen von Großküchen vergleichbar sind, wird auf die diesbezüglichen Absätze verwiesen.

5.4.9 Emissionsminderungsmaßnahmen bei der kaffeeverarbeitenden und kaffeebearbeitenden Industrie

Die in Kapitel 4.9.2 beschriebenen Emissionen können durch folgende Maßnahmen vermindert oder verteilt werden:

- Verfahrenstechnische Maßnahmen
- Abluftbehandlung

Diese Möglichkeiten können einzeln oder kombiniert eingesetzt werden.

Bei den verfahrenstechnischen Maßnahmen ist einerseits die Minderung staubförmiger Emissionen, andererseits die Minderung gasförmiger Emissionen von Bedeutung.

Für die Minderung staubförmiger Emissionen werden filternde Abscheider, Massenkraftabscheider (Zyklone) und elektrische Abscheider eingesetzt (s.

Abschnitt 5.2.1). Filternde Abscheider finden unmittelbar hinter Röstanlagen und Kühlanlagen aus Gründen der Abgastemperatur keine Anwendung. In der kaffeeverarbeitenden Industrie werden vorwiegend Radialeinzelzyklone oder Multizyklone eingesetzt, wobei sie als Vorabscheider bzw. nach dem Röst- und Kühlprozess als Endabscheider verwendet werden. Der Einsatz von elektrischen Abscheidern erfolgte in der kaffeeverarbeitenden Industrie versuchsweise.

Die Minderung gasförmiger Emissionen erfolgt durch thermische Nachverbrennung, katalytische Nachverbrennung und biologischen Abbau (s. Abschnitt 5.2), Absorptionsverfahren sind nicht gebräuchlich.

Bei der Kaffeeverarbeitung muss bei der thermischen Nachverbrennung die Anlage so konstruiert sein, dass ausreichende Turbulenz und Verweilzeit der Abgase sichergestellt ist, damit die thermische Nachverbrennung bei den Röstverfahren in den Umluftprozess integriert werden kann.

5.4.10 Emissionsminderungsmaßnahmen bei der Kakao- und Schokoladenindustrie

In der Kakao- und Schokoladenindustrie werden die gleichen verfahrenstechnischen Maßnahmen wie in Kapitel 5.4.9 angewendet. Auch die Abgasbehandlung wird wie in Kapitel 5.4.9 durchgeführt. Im Unterschied dazu sind jedoch Absorptionsverfahren üblich. Diese werden hauptsächlich bei Abgasströmen mit hoher Belastung eingesetzt.

5.5 Emissionsbegrenzung

5.5.1 Emissionsbegrenzung bei Bäckereien

Für Backöfen selbst gibt es nach den derzeit geltenden Gesetzen und Richtlinien keine speziellen Emissionsgrenzwerte für Geruchsstoffe. Solche Emissionsgrenzwerte sind erforderlichenfalls nach der jeweiligen örtlichen Situation (Nachbarschaftssituation) festzulegen.

5.5.2 Emissionsbegrenzung bei der Fischverwertung

In der Umgebung von Anlagen zur Behandlung (Verarbeitung) von Fisch für die menschliche Ernährung können erhebliche Beeinträchtigungen durch

Geruchsstoffe auftreten. Durch bauliche oder verfahrenstechnische Maßnahmen (Einhausen von Anlagenteilen, Kapseln von Anlagenteilen, Erzeugen eines Unterdruckes in gekapselten Räumen, geeignete Lagerung von Einsatzstoffen, Erzeugnissen oder Reststoffen) kann bereits die Entstehung und die Emission von Geruchsstoffen bekämpft werden. Durch die im obigen Abschnitt genannten Maßnahmen ist zusätzlich eine Abgasbehandlung möglich. Durch diese Maßnahmen lässt sich ein Geruchsminderungsgrad (Rohgas/Reingas) von 90 % und mehr erzielen.

Organische Stoffe können soweit reduziert werden, dass im Reingas eine Massenkonzentration an Gesamtkohlenstoff von $< 50 \text{ mg/m}^3$ erzielt wird. Durch Nachverbrennung kann eine Reingas-Massenkonzentration an Gesamtkohlenstoff von 10 mg/m^3 erreicht werden [VDI 2595 Blatt 2 und VDI 3895 Blatt 1].

5.5.3 Emissionsbegrenzung bei Fleischhauereien

Siehe Kapitel 5.2.2 nach Maßgabe der VDI 2595 Blatt 1

5.5.4 Emissionsbegrenzung bei Gaststätten und Großküchen

Sofern auf Grund der örtlichen Verhältnisse mit einer Abluftführung über Dach gemäß Abschnitt 5.3 nicht das Auslangen gefunden werden kann, müssen Abluftreinigungsanlagen zum Einsatz kommen. Wegen der großen Schwankungsbreite vorliegender olfaktometrischer Messergebnisse ist die Festlegung konkreter Emissionsgrenzwerte zur Zeit nicht zu empfehlen. Hauptaugenmerk ist auf die Emissionsminderungsmaßnahmen gem. Kapitel 5.4.4.1 zu legen, insbesondere auf die wirksame Vorabscheidung sowie auf die Auslegung und Wartung der Abluftreinigungsanlage. Besonders bei Fast-Food-Ketten und Betriebsstätten mit hohem Durchsatz ist auf eine ausreichende Dimensionierung der Lüftungs- und Abluftreinigungsanlage Bedacht zu nehmen.

5.5.5 Emissionsbegrenzung bei der Kartoffelverwertung

Emissionsbegrenzungen sind, sofern die erforderlichen Maßnahmen zur Emissionsminderung durchgeführt werden, bei Anlagen zur Kartoffelverwertung üblicherweise nicht erforderlich (siehe auch VDI 3895 „Herstellung von

Kartoffelerzeugnissen“, wo keine Emissionsbegrenzungen angegeben werden). Im Einzelfall kann es sich jedoch aufgrund besonderer Situationen als erforderlich erweisen, Emissionsbegrenzungen vorzuschreiben.

5.5.6 Emissionsbegrenzung bei Kleinbrauereien und Kleinbrennereien

a) Kleinbrauereien:

Da die Phase des Kochvorganges bei Kleinanlagen - bezogen auf das gesamte Jahr - zeitlich sehr beschränkt ist und die Emissionen durch die in Punkt 5.4.6 beschriebenen Verfahren minimiert werden können, ist die Festlegung von Emissionsgrenzwerten in der Regel nicht erforderlich.

b) Kleinbrennereien:

In Österreich bestehen keine gesetzlichen Emissionsgrenzwerte. Auch die TA-Luft, Deutschland, enthält für Kleinbrennereien keine Emissionsgrenzwerte. Eine VDI-Richtlinie besteht nicht. Auf die Festlegung von Emissionsgrenzwerten kann in der Regel verzichtet werden.

5.5.7 Emissionsbegrenzung bei der Knochen-, Blut- und Fettverwertung

Mit geschlossenen, entsprechend dimensionierten Biofilteranlagen kann der Emissionswert von 300 GE/m³ bei einem mittleren Wirkungsgrad von 99 % unterschritten werden.

5.5.8 Emissionsbegrenzung bei Konservenfabriken

Da die in Konservenfabriken anfallenden Arbeitsprozesse im Wesentlichen aus Koch-, Selch- und Bratvorgängen bestehen, die mit denen von Großküchen vergleichbar sind, wird auf die diesbezüglichen Absätze verwiesen.

5.5.9 Emissionsbegrenzung bei der kaffeeverarbeitenden und -bearbeitenden Industrie

Bei der Anwendung der in Kapitel 5.4.9 beschriebenen Abluftreinigungsverfahren sind bei Neuanlagen der kaffeeverarbeitenden und -bearbeitenden Industrie nach VDI 3892 folgende Emissionswerte erreichbar:

- Staubförmige Emissionen $<50 \text{ mg/m}^3$;
- abhängig von der Art der Röstung können Minderungen der Geruchsstoffkonzentrationen von gasförmigen, geruchsintensiven Emissionen von deutlich über 90 % erreicht werden;
- im Dauerbetrieb können Emissionskonzentrationen gasförmiger, organischer Verbindungen im Röstreingas von 50 mg/m^3 unterschritten werden.

5.5.10 Emissionsbegrenzung bei der Kakao- und Schokoladenindustrie

Bei der Anwendung der in Kapitel 5.4.10 beschriebenen Abgasreinigungsverfahren sind bei Neuanlagen der Kakao- und Schokoladenindustrie nach VDI 3893 folgende Emissionswerte einzuhalten:

- Staubförmige Emissionen $<50 \text{ mg/m}^3$, 20 mg/m^3 bei Einsatz von Gewebefiltern;
- Gasförmige, geruchsintensive Emissionen: Reduktion der Geruchsstoffkonzentration um mehr als 90 %;
- Massenkonzentration an Gesamtkohlenstoff bei Anwendung der thermischen Verbrennung $<50 \text{ mg/m}^3$.

5.6 Schutzabstände zu Wohnbereichen

Der so genannte „Abstandserlass“ des Landes Nordrhein-Westfalen, RdErl. d. Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft vom 2.4.1998, sieht für bestimmte Anlagen folgende Schutzabstände zu bewohnten Gebieten vor. Es ist davon auszugehen, dass bei Einhaltung dieser Mindestabstände keine erheblichen Belästigungen in den umliegenden Wohngebieten auftreten, wenn die Anlage ordnungsgemäß betrieben wird. Die angegebenen Abstände können daher zur Abschätzung dienen, ob bei einer konkreten, vorgegebenen Situation Belästigungen möglich sind.

1000 m bei

- Anlagen zur Tierkörperbeseitigung sowie Anlagen, in denen Tierkörper- teile oder Erzeugnisse tierischer Herkunft zur Beseitigung in Tierkörperbeseitigungsanstalten gesammelt oder gelagert werden

500 m bei

- Anlagen zum Schmelzen von tierischen Fetten mit Ausnahme der Anlagen zur Verarbeitung von selbstgewonnenen tierischen Fetten zu Speisefetten in Fleischereien mit einer Leistung bis zu 200 kg Speisefett je Woche
- Anlagen zur Herstellung von Futter- oder Düngemitteln oder technischen Fetten aus den Schlachtnebenprodukten Knochen, Tierhaare, Federn, Hörner, Klauen oder Blut
- Anlagen zum Lagern unbehandelter Knochen, ausgenommen Anlagen für selbstgewonnene Knochen in Fleischereien, in denen je Woche weniger als 4000 kg Fleisch verarbeitet werden, oder in Schlachtanlagen für weniger als 500 kg Geflügel oder weniger als 8000 kg sonstiger Tiere je Woche
- Anlagen, in denen Sauerkraut hergestellt wird, soweit 10 t rohes Kraut oder mehr je Tag verarbeitet werden
- Mühlen für Nahrungs- oder Futtermittel mit einer Produktionsleistung von 500 t je Tag oder mehr (dieser Abstand wurde überwiegend aus Lärmschutzgründen festgelegt)
- Anlagen zur Extraktion pflanzlicher Fette oder Öle, soweit die Menge des eingesetzten Extraktionsmittels 1 t oder mehr beträgt
- Anlagen zur Herstellung oder Raffination von Zucker unter Verwendung von Zuckerrüben oder Rohrzucker
- Anlagen zur Trocknung von Grünfutter, ausgenommen Anlagen zur Trocknung von selbstgewonnenem Grünfutter im landwirtschaftlichen Betrieb

300 m bei

- Anlagen zur fabrikmäßigen Herstellung von Tierfutter durch Erwärmen der Bestandteile tierischer Herkunft
- Anlagen zur Verarbeitung von Kartoffeln, Gemüse, Fleisch und Fisch für die menschliche Ernährung, soweit 1 t dieser Nahrungsmittel je Tag oder mehr durch Erwärmen verarbeitet wird, ausgenommen Anlagen zum Sterilisieren oder Pasteurisieren dieser Nahrungsmittel in geschlossenen Behältnissen und Küchen von Gaststätten, Kantinen, Krankenhäusern und ähnlichen Einrichtungen
- Anlagen zur Herstellung von Gelatine, Hautleim, Lederleim oder Knochenleim

- Anlagen zum Lagern oder Aufarbeiten unbehandelter Tierhaare mit Ausnahme von Wolle
- Anlagen zur Herstellung von Hefe oder Stärkemehlen
- Anlagen zum Rösten oder Mahlen von Kaffee mit einer Leistung von jeweils 250 kg oder mehr je Stunde
- Anlagen zum Rösten von Kaffee-Ersatzprodukten, Getreide, Kakaobohnen oder Nüssen mit einer Leistung von 75 kg oder mehr je Stunde
- Anlagen zur Herstellung von Lakritz, Kakaomasse oder Rohkakao oder zur thermischen Veredelung von Kakao- oder Schokoladenmasse
- Margarine- oder Kunstspeisefettfabriken

200 m bei

- Anlagen zum Räuchern von Fleisch- oder Fischwaren, ausgenommen Anlagen in Gaststätten und ausgenommen Räuchereien mit einer Räucherleistung von weniger als 1000 kg Fleisch- oder Fischwaren je Woche
- Malzdarren
- Mühlen für Nahrungs- oder Futtermittel mit einer Produktionsleistung von 100 t bis weniger als 500 t je Tag (dieser Abstand wurde überwiegend aus Lärmschutzgründen festgelegt)
- Melasse- und sonstigen Brennereien, Biertrebertrocknungsanlagen oder Brauereien mit einem Ausstoß von 5000 hl Bier oder mehr je Jahr
- Anlagen zur Herstellung von Speisewürzen aus tierischen oder pflanzlichen Stoffen unter Verwendung von Säuren
- Anlagen zum Trocknen von Milch, Erzeugnissen aus Milch oder von Milchbestandteilen mit Sprühtrocknern
- Anlagen zum Befeuchten von Tabak unter Zuführung von Wärme, oder Aromatisieren oder Trocknen von fermentiertem Tabak
- Brotfabriken oder Fabriken zur Herstellung von Dauerbackwaren
- Milchverwertungsanlagen ohne Trockenmilcherzeugung

100 m bei

- Betrieben zur Herstellung von Fertiggerichten (Kantinendienste, Catering-Betriebe)

6 Emissionsmesstechnik

6.1 Messung organischer Kohlenstoffverbindungen

Für die Emissionsmessung bei Anlagen der Nahrungs- und Lebensmittelherstellung werden grundsätzlich folgende zwei Verfahren eingesetzt:

- Flammenionisationsdetektor FID; VDI 3481, Blatt 1, August 1975
- Kieselgel- (Silikagel-) Methode; VDI 3481, Blatt 2, September 1998

Beide Verfahren erfassen den Gesamtkohlenstoffgehalt der in den Abgasen enthaltenen organischen Substanzen.

Bei Emissionsmessungen an Koch-, Brat- und Selchanlagen sowie an Anlagen mit vergleichbaren Emissionen sollten aufgrund des hohen Aerosolanteiles im Abgas beide Messverfahren eingesetzt werden (VDI 2595 Emissionsminderung Räucheranlagen). Es ist allerdings darauf hinzuweisen, dass ein direkter Vergleich der Ergebnisse von FID- und Silikagelmessungen nicht statthaft ist, beide Verfahren jedoch parallel einzusetzen sind, um durch die Betrachtung der FID-Messungen nachzuweisen, dass die Probenahme für das Silikagelverfahren während der maximalen Schadstoffbelastung erfolgte.

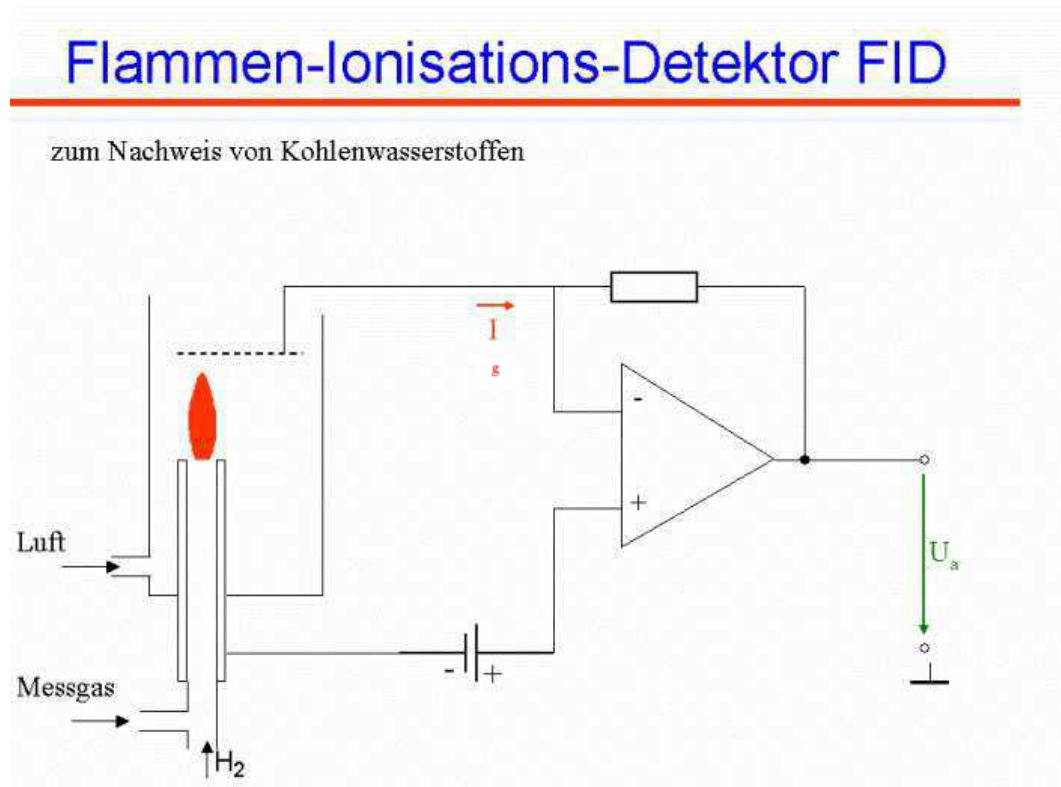
Geruchsintensive Stoffe bei der Nahrungs- und Genussmittelherstellung liegen vielfach als organische Kohlenwasserstoffverbindungen vor. Die Messung von organischen Kohlenwasserstoffen kann in der Regel nicht zur Ermittlung von Geruchsintensitäten herangezogen werden.

6.1.1 FID - Flammenionisationsdetektor

Prinzipschema FID Detektor

Abbildung 6: Flammenionisationsdetektor

(http://www.emt.e-technik.tu-muenchen.de/lehre/mst2_vs/mst19/sld020.htm)



Das Prinzip des Flammenionisationsdetektors (FID, Abbildung 6) beruht darauf, dass organische Verbindungen in einer Wasserstoff-Flamme leicht ionisiert werden können. Der Ionenstrom ist über viele Größenordnungen proportional zur Anzahl organisch gebundener Kohlenstoffatome. Die Ionisation wird in einer als Ionisationskammer gestalteten Brennkammer erzeugt und gemessen. Der FID misst die Summe organisch gebundener C-Atome (Summensignal).

Es besteht allerdings eine gewisse Abhängigkeit von der strukturellen Bindung der Kohlenstoffatome im jeweiligen Molekül. Ein FID misst daher nicht selektiv. Das Messsignal wird in geringem Maße durch Fremdatome (N-, O-, S-Substituenten), die Molekülstruktur (Ring-/Kettenstruktur, Doppelbindun-

gen) bzw. die Kettenlänge der Kohlenwasserstoffe in unterschiedlicher Weise beeinflusst (Responsefaktoren).

Sind die im Abgas enthaltenen organischen Verbindungen nicht bekannt, so erfolgt die Angabe der Konzentration in Kohlenstoff (nicht Kohlenwasserstoff (!)) -Äquivalenten in der Einheit [mg C/m³] oder [mg org.C/m³]. Zur Angabe der Konzentration wird der FID mit einem Prüfgas – meist Propan (3 C-Atome) - bekannter Konzentration kalibriert. Die Nachweisgrenze liegt bei einigen mg C/m³.

Bei der Messung muss der Messgas-, Brennluft- und Brenngasdruck (Wasserstoff) konstant gehalten werden; das Auskondensieren von höhersiedenden Kohlenwasserstoffen oder Wasser ist durch beheizte Probenahmeleitungen zu verhindern.

Gegenüber gasförmigen anorganischen Verbindungen wie z.B. NH₃, CO, NO_x, CO₂ und H₂S weist der FID keine Querempfindlichkeit auf. Diese Komponenten werden messtechnisch mit dem FID allerdings auch nicht erfasst.

In der VDI 2595, Bl. 1 (Räucheranlagen) wird angemerkt, dass sich die FID-Methode bei Gasen mit hohem Anteil an Aerosolen nur eingeschränkt einsetzen lässt; dies trotz Notwendigkeit zur Verwendung beheizter Probenahmeleitungen und beheizter Vorfilter. Die Leitungen im Messgerät müssen durchgehend beheizt sein. Der ideale Einsatzbereich des FID liegt bei gasförmigen Kohlenwasserstoffverbindungen.

Wegen seiner niedrigen Nachweisgrenze, kontinuierlich - registrierenden Arbeitsweise, relativ einfachen Handhabung auch im Felde und der schnellen Ansprechzeit eignet sich der FID sehr gut für Feldmessungen und Aufzeichnung von Emissionsverläufen. Bei Anlagen mit stark schwankendem Betrieb empfiehlt die VDI 3895 "Anlagen zum Garen und Wärmebehandeln von Lebensmitteln" jedenfalls zusätzliche FID Messungen.

6.1.2 Kieselgelverfahren

Dieses Verfahren eignet sich zur Messung des durch Adsorption an Kieselgel erfassbaren organisch gebundenen Kohlenstoffs in Abgasen (Abbildung 7 aus VDI 2595 Bl.1).

Das Messgas wird über eine beheizte Entnahmesonde über einen dicht gestopften Quarzglasfilter und anschließend durch zwei senkrecht angeordnete

te, hintereinander geschaltete Sorptionsrohre geleitet. Die Sorption erfolgt auf Kieselgel der Korngröße 0,5 – 1,0 mm.

Bei höheren Aerosolanteilen im Abgas empfiehlt die VDI 2595 das Nachschalten von zwei Waschflaschen. Diese dienen der Erfassung der nicht auf Silikagel adsorbierten Aerosolbestandteile. Bemerkenswert wird, dass der Einfluss von Aerosolen auf die Messergebnisse bisher nicht ausreichend untersucht ist; Störungen sind daher nicht auszuschließen.

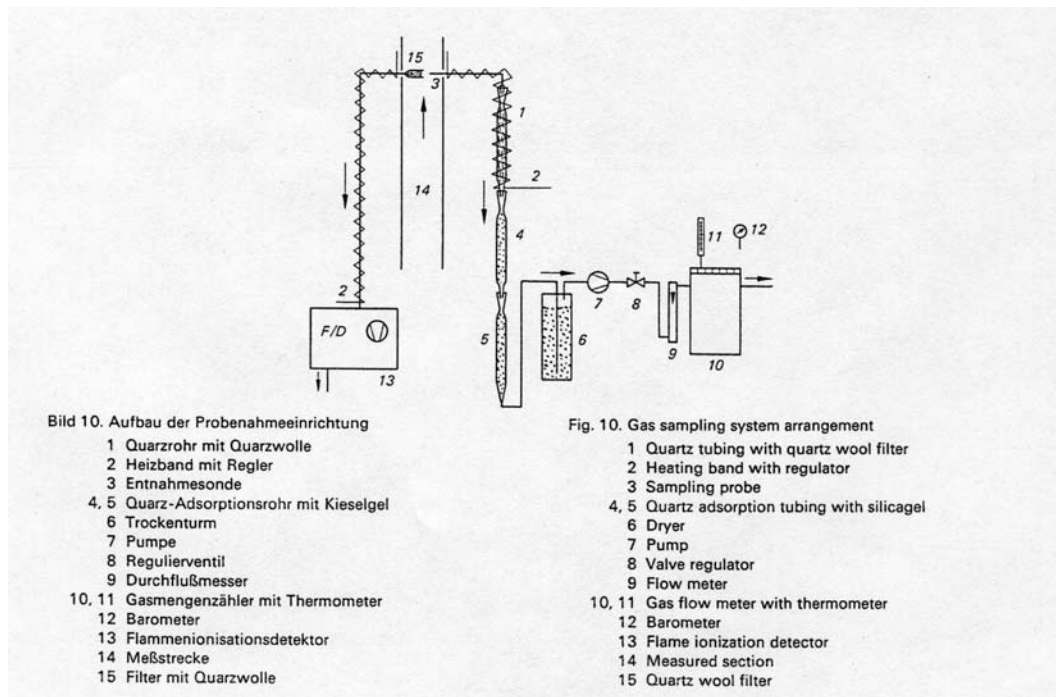
Die Analyse des Gesamtkohlenstoffgehaltes erfolgt durch thermische Desorption der Sorptionsrohre bzw. des Quarzglasfilters im Sauerstoffstrom. Im Sauerstoff reagieren die Kohlenwasserstoffe zu CO_2 , welches maßanalytisch (Titrieren) bzw. coulometrisch bestimmt wird. Die Angabe der Konzentration erfolgt in Kohlenstoff-Äquivalenten in der Einheit mg C/m^3 . Die Umrechnung des analytisch bestimmten CO_2 -Gehaltes in Kohlenstoffkonzentrationen erfolgt gemäß den Vorgaben der VDI 3481.

Analysiert werden sowohl die auf dem Silikagel adsorbierten als auch die am Quarzglasfilter zurückgehaltenen Kohlenwasserstoffe (die bei Bedarf eingesetzten Waschflaschen werden nach der gleichen Methode laboranalytisch auf den Kohlenwasserstoffgehalt untersucht).

Die Nachweisgrenze dieses Verfahrens liegt bei ca. $0,5 \text{ mg/m}^3$, wobei einschränkend bemerkt werden muss, dass leicht flüchtige Kohlenwasserstoffe ($\text{C}_1 - \text{C}_5$) nicht quantitativ erfasst werden können.

Die Messung sollte über eine Probenahmedauer von mindestens 20-30 Minuten erfolgen. Die Messergebnisse können somit keine Auskunft über kurzfristige Schwankungen bzw. kurzzeitige Spitzenemissionen liefern.

Abbildung 7: Kieselgelverfahren



6.1.3 Vergleich der beiden Messverfahren (Kieselgelverfahren – FID)

Die beiden Verfahren haben unterschiedliche Eigenschaften und Anwendungsmöglichkeiten (VDI 3481, Blatt 6):

Flammenionisationsverfahren (FID): kontinuierliche Messung; Verfolgung des zeitlichen Ablaufes einer Emission (Chargenbetrieb etc.); schnelles Erkennen von Emissionsänderungen bei der Prozessoptimierung; schnelles Erkennen von Leckagen.

Adsorptionsverfahren (ADS, Kieselgelverfahren): diskontinuierliche Messung; Mittelwertbildung durch die Probenahme; Bestimmung des C-Anteiles auch bei komplexen Gemischen.

Daraus ergeben sich Vor- und Nachteile für die Verfahren, die in der folgenden Tabelle 10 gegenüber gestellt sind:

Tabelle 10: Gegenüberstellung FID - ADS		
	FID	ADS
Vorteile	Gute Zeitauflösung Spitzenwertanzeige Messwerte sofort verfügbar kontinuierliche Messung Messungen in großem Konzentrationsbereich möglich	Echte Aussage über C-Gehalt der adsorbierten Komponenten geringerer Aufwand an Ort und Stelle
Nachteile	Strukturabhängige Anzeigeempfindlichkeit geräteabhängige Anzeigeempfindlichkeit aufwendigere Kalibrierung höherer apparativer Aufwand vor Ort	Leichtflüchtige Komponenten werden nur zum Teil erfasst Querempfindlichkeiten CO ₂ /H ₂ O keine Aussage über wechselnde Konzentrationen während der Probenahme möglich Messwerte erst nach analytischer Auswertung verfügbar höherer apparativer Aufwand im Labor

6.2 Olfaktometrie

6.2.1 Bestimmung der Geruchsemission

Die Olfaktometrie stellt ein sensorisches Messverfahren dar, welches die menschliche Nase bzw. den Geruchssinn als "Sensoren" verwendet (Abbildung 8).

Die olfaktometrische Geruchsmessung wurde inzwischen standardisiert und wird auch von Gerichten anerkannt. Mit der Olfaktometrie wird ermittelt:

- die Geruchsschwelle bzw. die Geruchsstoffkonzentration,
- die hedonische Geruchswirkung (Bewertung des Geruchs nach angenehm oder unangenehm)

Mit Hilfe eines Olfaktometers wird die Geruchsstoffkonzentration einer gasförmigen Geruchsstoffprobe ermittelt, indem einem Probandenkollektiv ausgewählter und überprüfter Personen diese Probe in unterschiedlichen Konzentrationen durch Verdünnung mit Neutralluft dargeboten wird, um den Verdünnungsfaktor an der Wahrnehmungsschwelle bei 50 % der Darbietungen (Z_{50}) zu ermitteln. Bei diesem Verdünnungsfaktor ist die Geruchsstoffkonzentration per Def. 1 GE/m³. Bei der Bestimmung haben die Probanden zu entscheiden: "Ja, es riecht" oder "Nein, es riecht nicht".

Die Messergebnisse geben Auskunft über die Geruchsstoffkonzentration. Zu beachten ist, dass die Beziehung zwischen Geruchsintensität und Geruchsstoffkonzentration nicht linear ist und bei einer unterschiedlichen Mischung

von Geruchsstoffen eine unterschiedliche Beziehung zw. empfundener Intensität und Geruchstoffkonzentration vorhanden sein kann.

Die Beurteilung der Hedonik erfolgt verbal oder durch eine 9-stufige Skala: "sehr angenehm" (Stufe 1), "angenehm" (Stufe 2), .. "neutral" (Stufe 5), .. "unangenehm" (Stufe 8), "sehr unangenehm" (Stufe 9).

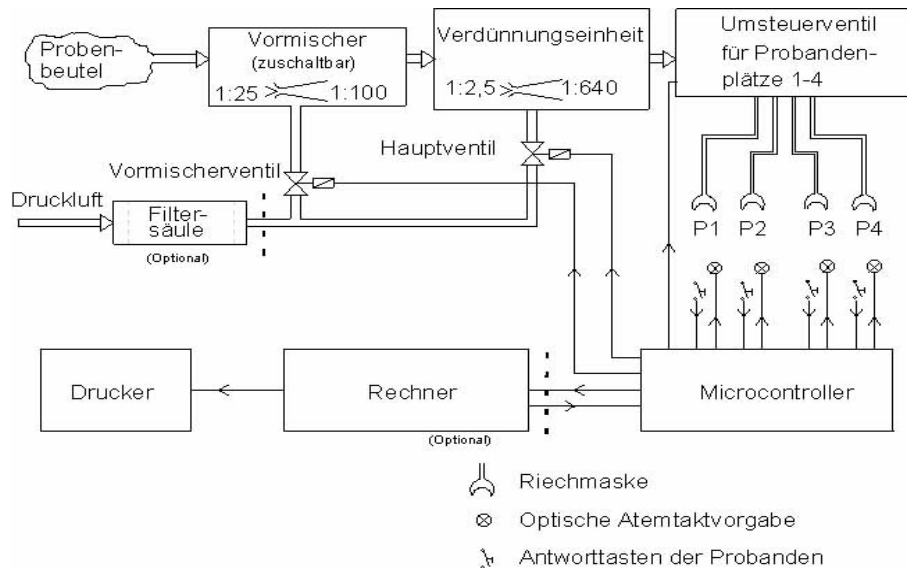
Bei der Durchführung olfaktometrischer Messungen sind die entsprechenden Normen (z. B. ÖNORM EN 13725, Ausgabe 1. August 2003, "Luftbeschaffenheit - Bestimmung der Geruchstoffkonzentration mit dynamischer Olfaktometrie") unbedingt zu berücksichtigen.

Probleme ergeben sich insbesondere bei der Probenahme der zu untersuchenden Abluft. Fehler bei der Probenahme sind oft die wesentlichsten Gründe für gravierende Messfehler. Die Probe darf nicht durch Aerosole, Staub oder Schmutz kontaminiert werden; auf eine repräsentative Probenahme ist zu achten. Besonders bei Proben aus feuchter Abluft ist wegen möglicher Kondensationserscheinungen besondere Sorgfalt geboten. Geruchsstoffe können im Kondensat abgeschieden werden. Derartige Probenluft muss deshalb zur Vermeidung von Kondensation mit trockener Luft vorverdünnt werden. Die gezogenen Proben sind umgehend zu untersuchen. Chemisch-physikalische Effekte (Kondensationseffekte, Adsorptionseffekte, chemische Reaktionen) können zu erheblichen Änderungen in der Geruchsstoff - Zusammensetzung und Konzentration führen. Solche Probleme treten insbesondere bei Messungen von Küchenabluft auf.

Die Probenahme erfolgt üblicherweise mit Hilfe eines Unterdrucksystems.

Zur Interpretation von Messberichten sind daher neben einer Messstellenbeschreibung auch Angaben zur Probenahme und über den thermodynamischen Zustand (Temperatur, Feuchte) bzw. über eine allfällige Vorverdünnung sehr hilfreich. Angaben zur verstrichenen Zeit zwischen Probenahme und olfaktorischer Analyse sind ebenfalls wichtig.

Abbildung 8: Schema Olfaktometrie (Anmerkung: P1 - P4 Riechmasken für Probanden)



Zur Beurteilung des Belästigungscharakters von Geruchs-Immissionen sind Informationen zur Hedonik wichtig. Die tatsächliche Wirkung einer Abluftreinigung kann über- oder unterschätzt werden, je nach dem wie die hedonische Verschiebung auf der Skala "angenehm" - "unangenehm" ausfällt. Nach HANGARTNER (1990) ist der Belästigungsgrad einer bestimmten Geruchsstoffkonzentration sehr stark von der Hedonik dieses Stoffes abhängig.

6.2.2 Qualität und Vergleichbarkeit olfaktometrischer Messungen (Erfahrungen mit eigenen Messungen)

Im Rahmen der Arbeitsgruppe wurden in Wien olfaktometrische Messungen in Form eines Ringversuches durchgeführt. Diese zeigten starke Unterschiede bei den Einzelergebnissen. So lieferten 3 Messinstitute für die selbe Küchenabluftprobe Werte zwischen 316 und 2900 GE/m³ Rohgas. Mannebeck (2002) beschreibt eine ähnliche Streubreite bei Ringversuchen in Deutschland. Um in der Praxis Missverständnisse bezüglich olfaktometrischer Messergebnisse und daraus resultierende Fehlinvestitionen zu vermeiden, ist eine parallele Darstellung der Geruchsstoffkonzentration in GE/m³ und eines Geruchspegels in logarithmischem Maßstab als dB-Wert empfehlenswert. Diese in der Akustik gebräuchliche und völlig unstrittige Darstellung bildet

den Bezug von Reiz und Wirkung des menschlichen Geruchsempfindens am besten ab (Vergleiche Abschnitt 3.1.4 und 7.1).

6.2.3 Elektronische Nasen – elektronische Olfaktometer

In der Geruchsstofferkennung werden zur Unterscheidung verschiedener Stoffe in zunehmendem Maße chemisch sensitive Sensoren verwendet. Diese als "elektronische Nasen" bezeichneten Systeme sind mit einer Vielzahl von chemischen Sensorelementen ausgestattet. Aus dem Kontakt mit flüchtigen Verbindungen resultieren Signalveränderungen, die zur Erfassung eines Signalmusters (Fingerprint) ausgenutzt werden.

Als Sensoren werden hauptsächlich folgende Systeme eingesetzt:

- auf Leitfähigkeitsänderung basierende Sensorelemente wie halbleitende Metalloxide
- leitfähige Polymersensoren, welche Polypyrrole, Polyaniline oder Polythiophene als aktives Sensormaterial enthalten
- massenselektive Sensoren aus piezoelektrischen Kristallen (z.B. Quarz, LiNbO_3)

In den gegenwärtig verfügbaren Systemen werden insbesondere auf Leitfähigkeitsänderung basierende Sensorelemente eingesetzt.

Die mangelnde Selektivität der einzelnen Sensoren kann durch die Anwendung von Sensorarrays – bestehend aus mehreren (bis zu 40) Einzelsensoren - kompensiert werden. Die Sensoren eignen sich nicht zur Einzelkomponentenbestimmung sondern zeigen Änderungen in der Zusammensetzung von Stoff- und Substanzgemischen an.

Ein Sensorarray liefert für ein bestimmtes Stoffgemisch ein typisches Signalmuster, einen sog. "Fingerprint". Jedes Stoffgemisch erzeugt aufgrund von Querempfindlichkeit, Messungenauigkeit und Drift der Sensoren spezifische Signale. Diese werden mittels verschiedener Verfahren (Diskriminanzanalysen oder Hauptkomponentenanalyse) statistisch ausgewertet. Ein mehrdimensionaler Datensatz lässt sich so als zweidimensionaler Radarplot oder als Hauptkomponentenanalyse darstellen (siehe Abbildung 9 und Abbildung 10).

Abbildung 9: Radarplot verschiedener Gerüche [HEINING]

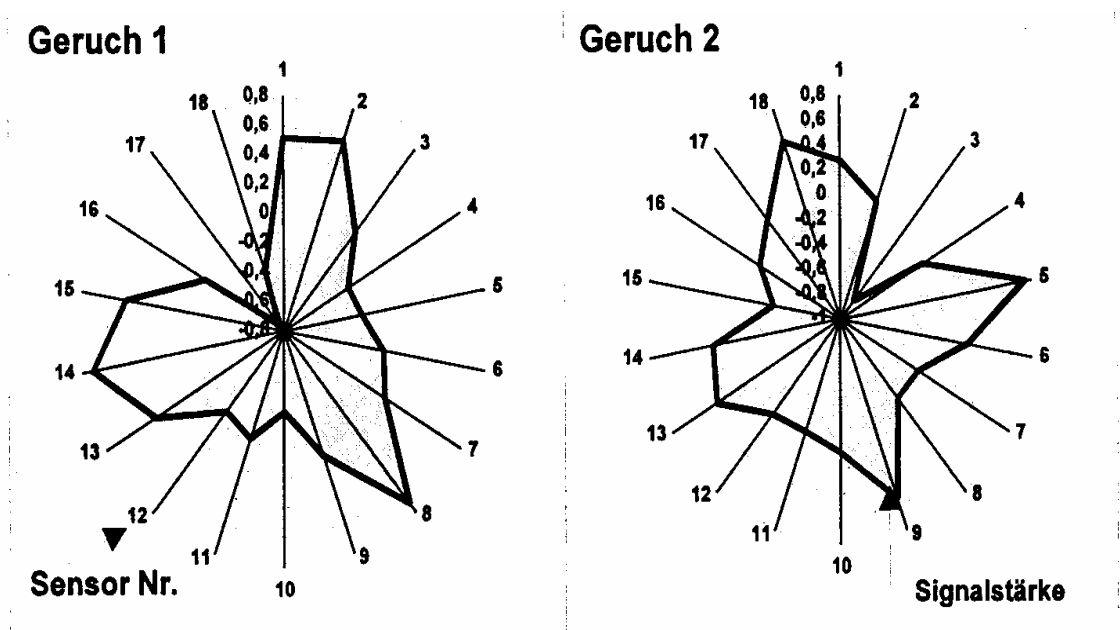
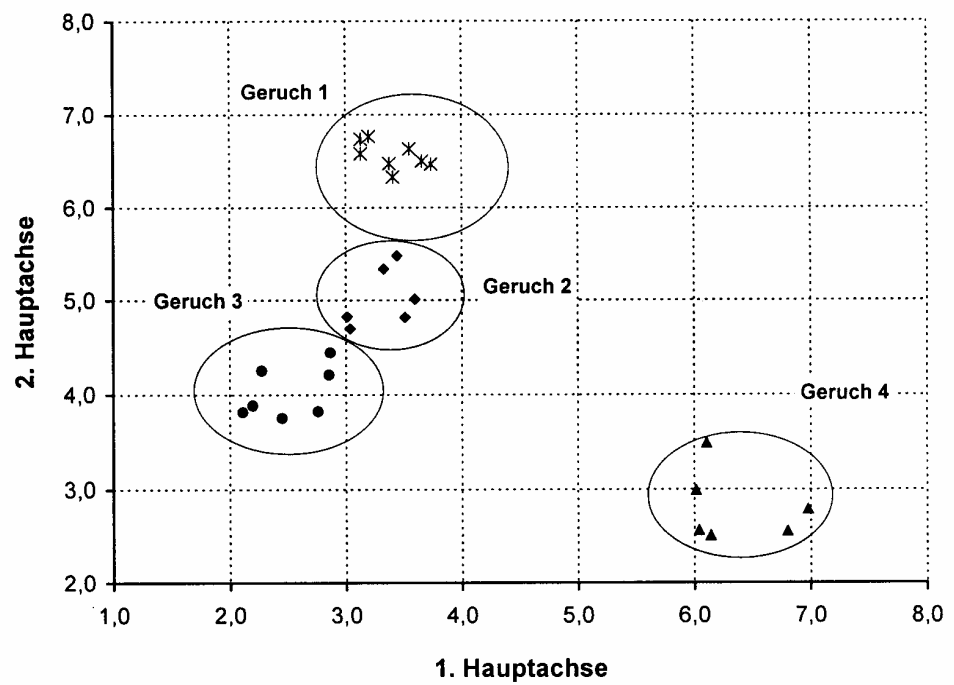


Abbildung 10: Mustererkennung verschiedener Gerüche [HEINING]



Ein künstliches Geruchsorgan liefert keine qualitative Beurteilung in „angenehm“ oder „weniger angenehm“ riechend. Durch Kalibrierung über herkömmliche olfaktometrische Verfahren in Kombination mit neueren Metho-

den der Mustererkennung über neuronale Netze wird eine derartige Beurteilung möglich.

Stand der Technik ist der Einsatz von elektronischen Nasen bei der Ermittlung der Güte von Lebensmitteln im Rahmen von Qualitätskontrollen sowie zur Prozesssteuerung wie z.B.:

- Untersuchung des Zustandes von Lebensmitteln
- Unterscheidung zwischen Original oder Fälschung eines Produktes
- Überwachung des Geruches während der Produktion
- objektive Bewertung von Lebensmittelaromen (Kaffee, Whisky, Gewürze)
- Kontrolle von Fremdgasen in der Luft

Es gibt auch Ansätze, den menschlichen Körpergeruch für die medizinische Diagnostik auszuwerten. In der Automobilindustrie versucht man das Problem der Ausgasungen bei Neuwagen mit künstlichen Nasen in den Griff zu bekommen.

Chemische Sensoren und elektronische Nasen werden kostengünstig und erfolgreich zur Identifikation von Geruchsquellen im Zusammenhang mit Abwasserproblemen (olfaktometrische Unterscheidung einzelner Abwasserproben) und Deponien (Messung von Umgebungsluft im Lee und Luv einer Anlage) sowie zur Überwachung von Abluftreinigungsanlagen (Biofilter und Biowäscher) eingesetzt. Eine Kalibrierung der Sensorsignale mittels Olfaktometrie auf Geruchseinheiten ist möglich. Die Auswertung einzelner, zeitlich aufgelöster Signalmuster lässt Rückschlüsse auf unterschiedliche (evtl. diskontinuierliche) Emissionsquellen oder geruchsintensive Verfahrensschritte und somit auf mögliche Verursacher zu.

Die zu untersuchende Rohluft muss konditioniert werden (s. Abbildung 11).

Bei einigen Systemen ist eine Vorverdünnung bzw. Anreicherung auf Aktivkohle vor der Messung notwendig.

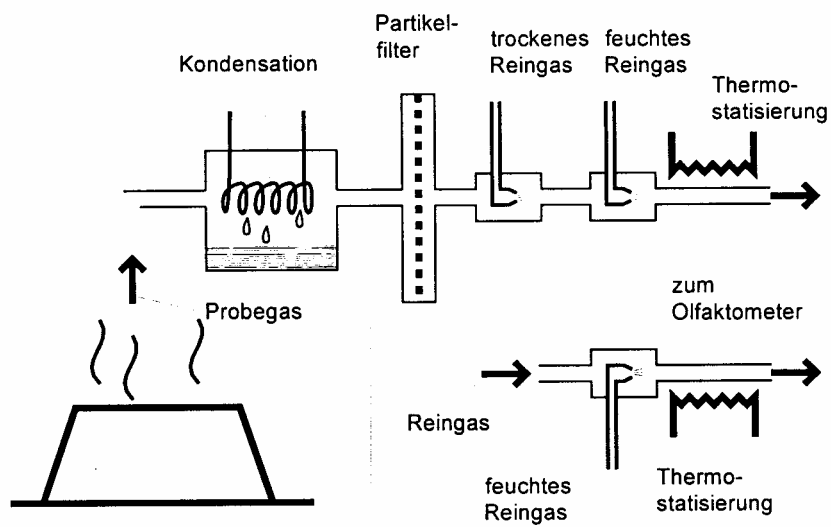
Die Sensoren reagieren empfindlich auf Verschmutzung, Luftfeuchte-, Druck- und Temperaturschwankungen; eine genaue Volumenstromregelung ist notwendig.

Eine mit Aerosolen und Partikeln belastete Abluft kann ohne entsprechende Filterung der Probenluft zu Störungen führen. Daher eignen sich solche Systeme nur sehr bedingt zur Messung von Abluftströmen mit hohen Partikel-

oder Aerosolgehalten, wie sie bei Koch-, Brat- und Räucherprozessen zwangsläufig auftreten.

Querempfindlichkeiten auf Methan und Sauerstoff (geruchslose Stoffe) schränken die Anwendung als „elektronische Olfaktometer“ ebenfalls ein.

Abbildung 11: Aufbereitung der Probenluft [HEINING]

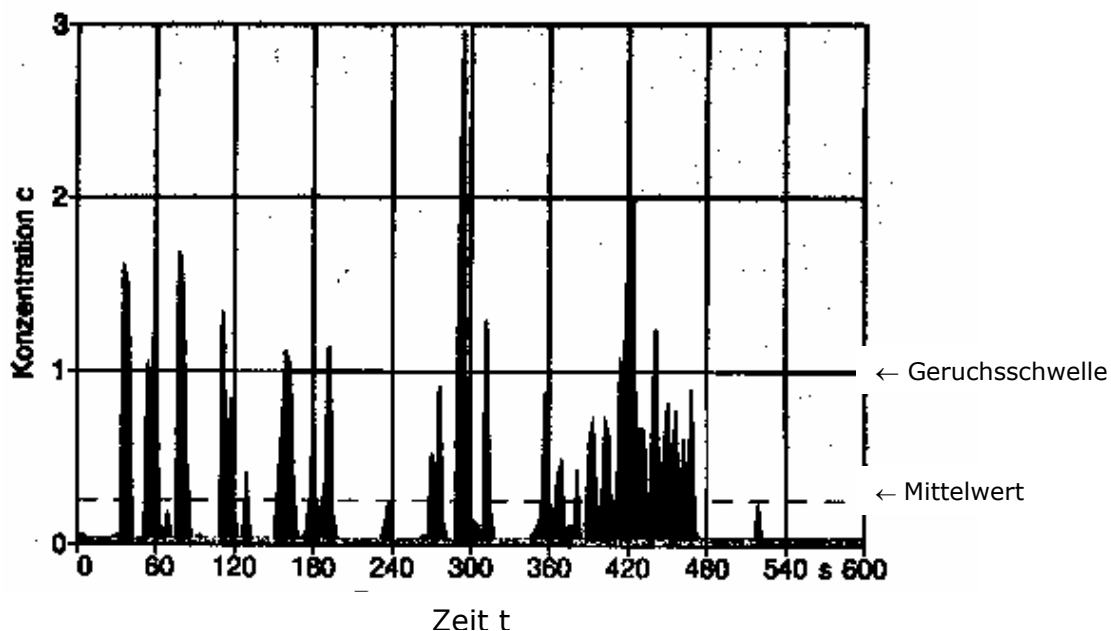


7 Immissionsbetrachtung

7.1 Allgemeines zur Immissionsabschätzung und -beurteilung

Im Unterschied zu "klassischen" Luftschadstoffen, wie SO_2 und NO_x , sind für Geruchswahrnehmungen nicht Halbstundenmittelwerte sondern kurzfristige Konzentrationsspitzen für die Immissionsbeurteilung von Bedeutung. In der Literatur [KAMM, 1989] sind Zeiträume von etwa drei Sekunden angegeben, in welchen die Immissionskonzentration den Geruchsschwellenwert überschreiten muss, um eine Geruchswahrnehmung hervorzurufen. Das bedeutet, dass bei mittleren Geruchsstoffkonzentrationen unter der Geruchsschwelle (1 GE/m^3) dennoch ein anhaltender Geruchseindruck entstehen kann und zwar in Abhängigkeit davon, wie sehr die Konzentration um den Mittelwert schwankt:

Abbildung 12: Gemessene Zeitreihe der Geruchskonzentration [VDI 3788 Blatt 1]



Als geruchsbelastet wird eine Stunde üblicherweise dann gezählt, wenn der Zeitanteil mit Geruchswahrnehmungen mindestens 10 % beträgt [VDI 3940].

Geruchsbeurteilungsrichtlinien gehen üblicherweise von der Jahresverteilung an Geruchsstunden aus:

- Die Geruchsimmissionsrichtlinie des Landes Nordrhein-Westfalen [GIRL, 1995] wertet eine Geruchsbelastung als erhebliche Belästigung, wenn die Gesamtbelastung – das ist die Summe aus der vorhandenen Belastung und der zu erwartenden Zusatzbelastung für einen neuen Emittenten – einen Geruchsstundenanteil von 10 % der Jahresstunden in Wohn-/Mischgebieten überschreitet. Die Genehmigung für eine Anlage soll aber auch bei Überschreitung dieses Immissionswertes nicht wegen der Geruchsimmissionen versagt werden, wenn der von der zu beurteilenden Anlage zu erwartende Immissionsbeitrag auf keiner Beurteilungsfläche einen Geruchsstundenanteil von 2 % der Jahresstunden überschreitet. Die Intensität des Geruchs fließt in die Beurteilung nach der GIRL üblicherweise nicht ein, jedoch ist zum Beispiel bei Ekel oder Übelkeit auslösenden Gerüchen eine Sonderfallprüfung durchzuführen.
- Die Österreichische Akademie der Wissenschaften empfiehlt im Rahmen des Nationalen Umweltplanes [NUP, 1993] folgende Bewertungskriterien für zumutbare Geruchsbelastungen:

stark wahrnehmbare Gerüche	≤ 3 % der Jahresstunden
Gesamtgeruchsbelastung (wahrnehmbar und stark wahrnehmbar)	≤ 8 % der Jahresstunden

Zu beachten ist in jedem Falle die Vorbelastung und somit der Umstand, dass der Geruchsstundenanteil von 10 % nach der GIRL bzw. von 3 % bis 8 % nach dem NUP nicht durch einen Emittenten allein ausgeschöpft werden darf.

Die nachstehende Tabelle 11 zeigt eine Übersicht über international gebräuchliche Beurteilungswerte:

Tabelle 11: Odour impact criteria: Limits of odour concentration and exceeding probability used in Austria, Germany, Thüringen (Germany), UK, Australia, The Netherlands, Denmark, New Zealand and Masachusetts (USA) (aus: SCHAUBERGER et al., 2001)

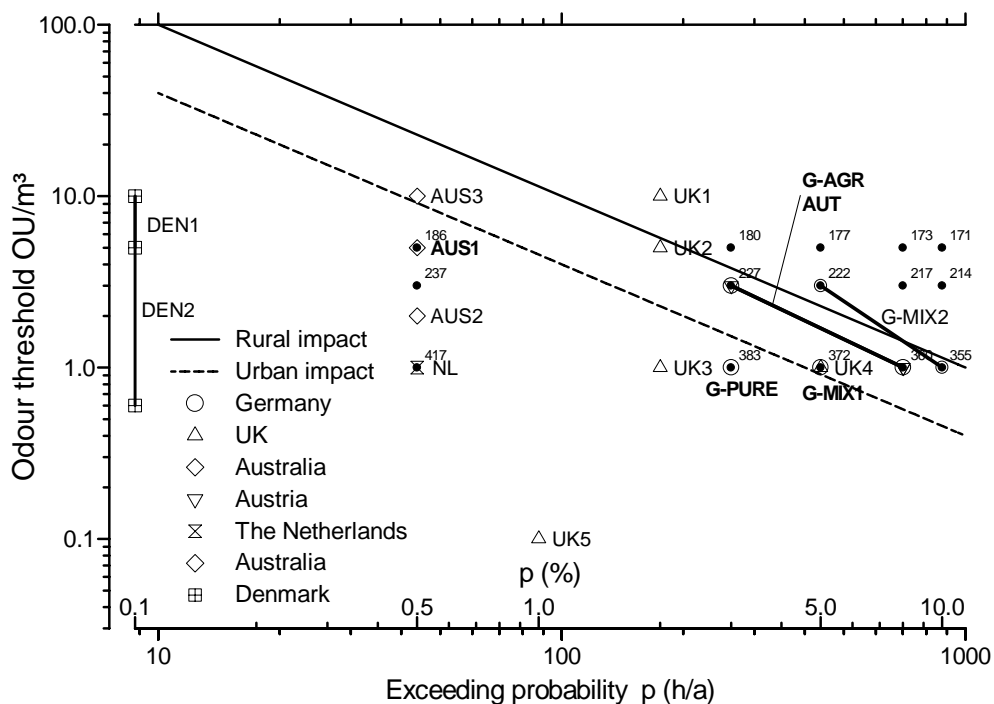
Odour impact criteria ¹	Land use category ²	Comment
Germany		Values used before the implementation of GIRL
1 OU/m ³ / 3 %	pure residential areas and residential areas	
1 OU/m ³ / 5 %	residential and structured areas	
1 OU/m ³ / 8 % and 3 OU/m ³ / 3 %	restricted business-areas and village-area with mixed utilisation	
1 OU/m ³ / 10 % and 3 OU/m ³ / 5 %	village-areas with predominantly agricultural utilisation	
Germany, Thüringen		
1 OU/m ³ / 7 %	pure residential areas and residential areas	only valid in Thüringen
1 OU/m ³ / 10 %	general residential areas and mixed utilisation	only valid in Thüringen
1 OU/m ³ / 12 %	villages	only valid in Thüringen
1 OU/m ³ / 15 %	villages with existing livestock units above a certain limit	only valid in Thüringen
1 OU/m ³ / 15 %	business areas	only valid in Thüringen
1 OU/m ³ / 15 %	Industry	only valid in Thüringen
UK		
10 OU/m ³ / 2 %		Serious annoyance expected with near certainty
5 OU/m ³ / 2 %		Generally acceptable for existing installations. Emissions from stacks or large area sources may be acceptable at the relaxed end of the range
1 OU/m ³ / 2 %		No serious annoyance expected in the large majority of cases
1 OU/m ³ / 0.5 %		Safe target value for new sources
10 OU/m ³ / 0.01 %		Safe target value for new sources applicable to highly intermittent sources
Austria		
1 OU/m ³ / 8 % and 3 OU/m ³ / 3 %		threshold for reasonable odour sensation for medical purpose
Australia		
5 OU/m ³ / 0.5 %	rural and urban area	
2 OU/m ³ / 0.5 %	residential area	New South Wales
10 OU/m ³ / 0.5 %	residential areas	Victoria
The Netherlands		
1 OU/m ³ / 2 %	residential areas	existing units
1 OU/m ³ / 0.5 %	residential areas	new installations

1 OU/m ³ / 5 %	residential areas outside of villages and business areas	
Denmark		
5 - 10 OU/m ³ / 1 %		plants
0.6 - 20 OU/m ³ / 1 %		surrounding
New Zealand		
2 OU/m ³ / 0.5 %		property boundary
Massachusetts, USA		
5 OU/m ³ / 0.5 %		plant boundary

¹ Odour concentration threshold (OU/m³) / Percentile compliance: Exceeding probability for the odour concentration threshold p (%)

² The land use category varies the accepted protection level

Abbildung 13: Impact criteria of various countries defined by an odour threshold and its exceeding probability (Tabelle 11) and the criteria for rural and urban impact, suggested by Watts and Sweeten (1995). The impact criteria discussed in this paper are highlighted in bold. The separation distances (m) calculated by the AODM are marked by filled circles, and labelled with the distance. (aus: SCHAUBERGER et al., 2001)



Die besondere Problematik bei der **Immissionsabschätzung** für Gerüche besteht in dem Umstand, dass

- bereits die zur Emissionsbestimmung herangezogene Olfaktometrie einen hohen Fehlerbereich (2 bis 3 dB) aufweist und
- neben der modellbedingten Unsicherheit der Ausbreitungsrechnung

- noch das Erfordernis zur Ermittlung von „Geruchsstunden“ an Hand der meteorologischen Gegebenheiten hinzukommt.

Die Ausbreitungsrechnung mit einem einzigen Modell gleich gut und effektiv abzudecken, ist nicht möglich. Je nach Problem und Rahmenbedingungen (geforderte Genauigkeit, Aufwand an Daten und Rechenzeit) können unterschiedliche Modelle zweckmäßig sein. Im folgenden werden daher kurz die Anwendungsmöglichkeiten und Einschränkungen der gebräuchlichsten Rechenmethoden mit dem Schwergewicht auf den Nahbereich im bebauten Gebiet dargestellt. Da im behördlichen Genehmigungsverfahren die Einhaltung der Genehmigungsvoraussetzungen sicherzustellen ist, muss die Behörde mit ihrer Beurteilung auf der sicheren Seite liegen. Eine Überschätzung von Geruchshäufigkeiten durch das Prognoseverfahren ist insofern nicht zu beanstanden.

7.2 Meteorologische Modelle

7.2.1 Faustformeln

Die zur Immissionsabschätzung vielfach verwendeten „Faustformeln“ nach Giebel, Stern und Scorer weisen den Nachteil auf, dass sie ursprünglich für bestimmte Randbedingungen, z. B. für bestimmte Gebäudekonfigurationen, empirisch abgeleitet wurden und die Anwendungsvoraussetzungen im Allgemeingebrauch mit der Zeit in Vergessenheit gerieten. Die Ansätze hängen im Wesentlichen von definierten Volumina ab, die bei Gebäudeeinflüssen weniger durch die Quellentfernung in Metern als vielmehr durch den Term „L“ (Referenzlängenskala, die sich aus quer zum Wind stehenden Gebäudeflächen ergibt) bestimmt werden. Statt der bisher oft undifferenziert eingesetzten Faustformeln nach Giebel, Stern und Scorer bietet sich hier die Formel nach MERONEY in Kapitel 11 der PLATE-Veröffentlichung „Engineering meteorology“ an:

$$c = K \cdot \frac{Q}{u \cdot L^2}$$

Dabei ist c die Konzentration am Aufpunkt, K der dimensionslose Konzentrationskoeffizient, Q die Quellstärke, u die Windgeschwindigkeit und L die Re-

ferenzlänge. Die Anwendung dieses allgemeinen Boxansatzes ist im nachfolgenden Abschnitt 7.4 eingehend erläutert.

7.2.2 Einfache Berechnungsverfahren

7.2.2.1 Holland-Modell

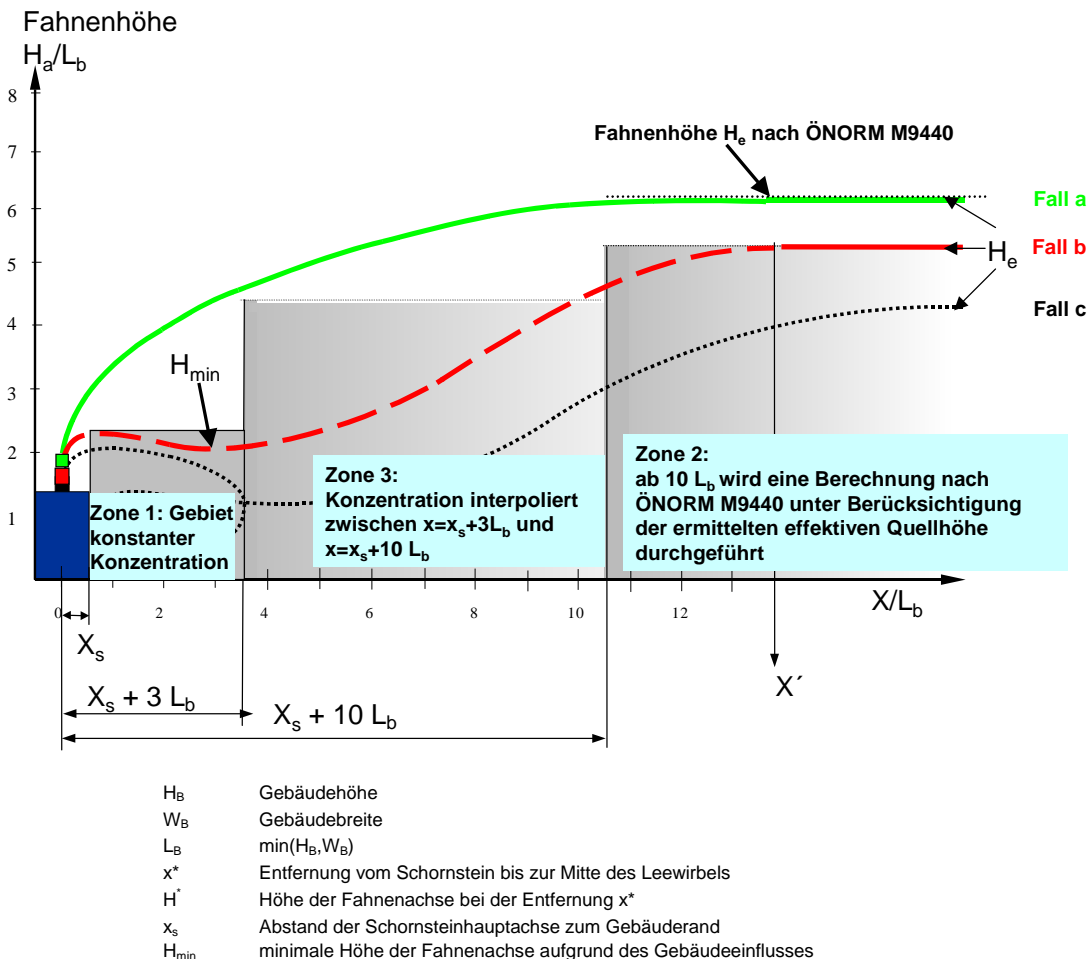
Um den Einfluss freistehender, relativ einfach strukturierter Gebäude auf die Schadstoffausbreitung zu berechnen, wurde in Holland dem „Nationalen Modell“ ein Baustein hinzugefügt, der dieser Situation Rechnung trägt. Dies wurde in einer vom BMWA beauftragten Arbeitsgruppe für österreichische Rahmenbedingungen adaptiert.

Das Holland Modell gilt nur für einfach geformte **freistehende** Gebäude innerhalb folgender geometrischer Verhältnisse:

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} &\leq \text{Gebäudebreite} : \text{Gebäudehöhe} \leq 2 \\ \frac{1}{2} &\leq \text{Gebäuelänge} : \text{Gebäudehöhe} \leq 2 \end{aligned}$$

Die Berechnungen nach dem Holland-Modell sollen nur für Situationen, in denen eine leicht labile oder neutrale Schichtung vorliegt, erfolgen. Es werden daher in der Ausbreitungsrechnung die Streuungsparameter nur für die Ausbreitungsklassen 3 (= leicht labil) und 4 (= neutral) nach Reuter/Turner verwendet.

Abbildung 14: Verwirbelung, Absenkung der Fahne, Downwash-Effekt



Wird ein Gebäude vom Wind angeströmt, so bilden sich dahinter Wirbel aus. Die Form dieser Leewirbel ist unter anderem vom Anströmwinkel auf die Gebäudefront (z.B. 90 Grad, 45 Grad) abhängig.

Ob eine Abgasfahne in den Leewirbel hineingezogen wird, hängt von der Höhe des Kamins, der Windgeschwindigkeit sowie den Auftriebseigenschaften des Abgases (Temperatur, Austrittsgeschwindigkeit) ab. Danach werden die in Abbildung 14 dargestellten Fälle a, b und c unterschieden.

Der Fall a beschreibt einen freistehenden Schornstein. Die Ausbreitung der Schadstoffe kann ungehindert erfolgen. Die Ausbreitungsrechnung erfolgt in Anlehnung an die ÖNORM M 9440.

Der Einfluss des Gebäudes auf die Abgasfahne ist neben den Maßen des Gebäudes von der Windgeschwindigkeit abhängig. Bei höheren Windgeschwindigkeiten wird die Abgasfahne erst etwas abgesenkt, bevor sie wieder ansteigt und fast die Höhe nach dem Gauß-Modell erreicht (Fall b).

Bei einer im Vergleich zu den Gebäudemaßen sehr geringen Schornsteinhöhe (Fall c) können Teile der Abgasfahne in den Leewirbel eingefangen werden, sodass leeseitig in der Kavitationszone hohe Konzentrationen zu erwarten sind.

Beim Holland-Modell wird die effektive Quellhöhe durch Vorgabe des Wärmestromes des Emittenten berechnet. Ist der Wärmeinhalt als Eingangspaarparameter nicht bekannt, kann er aus Abgastemperatur und Abgasvolumen bestimmt werden.

Nach der Bestimmung des Gebäudeeinflusses auf die Abgasfahne kann die Immissionskonzentration in Abhängigkeit von der Entfernung zur Quelle berechnet werden. Man unterscheidet prinzipiell drei Zonen:

Zone 1: Entfernung vom Gebäuderand $\leq 3 L_B$:

Für diesen Bereich wird wegen der kräftigen Durchmischung im Leewirbel eine konstante Konzentration angenommen.

Zone 2: Entfernung vom Gebäuderand $\geq 10 L_B$:

Bei diesen Entfernungen wird die Immissionskonzentration in Anlehnung an die ÖNORM M 9440 berechnet. Als H_e wird das Minimum der nach dem Holland-Modell und der nach der ÖNORM berechneten effektiven Quellhöhe eingesetzt (aufgrund des Gebäudeeinflusses ergeben sich nach dem Holland-Modell meist geringere effektive Quellhöhen als bei ungehinderter Ausbreitung).

Zone 3: Entfernung vom Gebäuderand zwischen $3 L_B$ und $10 L_B$:

Für diesen Übergangsbereich werden die Immissionskonzentrationen bei Entfernungen zwischen $3 L_B$ und $10 L_B$, jeweils vom Gebäuderand gemessen, herangezogen. Für dazwischen liegende Aufpunkte werden die Immissionskonzentrationen linear mit der Entfernung interpoliert.

Zur Anwendung des modifizierten Holland-Modells ist es erforderlich, sich genauer mit den Berechnungsformeln und Anwendungsbereichen auseinander zu setzen. Diese sind in ausführlicher Form in der Technischen Grundla-

ge zur Berechnung von Luftschadstoffen im Nahbereich, BMWA 1996, enthalten.

7.2.2.2 Modifizierte Gauß-Modelle

- Abschätzung der Maximalimmissionskonzentration von Geruch nach ÖNORM M 9440

Die Abschätzung liefert die maximal zu erwartende Immissionskonzentration als Halbstundenmittelwert sowie den Abstand von der Punktquelle, in dem diese Konzentration auftritt.

Unter der Maximalimmissionskonzentration S_{\max} (in GE/m³) wird der höchste zu erwartende Halbstundenmittelwert der Konzentration verstanden. Die Immissionskonzentration ist von Ausbreitungsklasse und Windgeschwindigkeit abhängig:

$$S_{\max} = \frac{Q}{\pi \cdot \bar{u} A \cdot B} \left(\frac{0,6065 \cdot A \sqrt{r}}{H_e} \right)$$

mit der Quellstärke Q (GE/s), den dimensionsbehafteten Konstanten A und B zur Bestimmung der Streuungsparameter, der effektiven Quelhöhe H_e und der mittleren Windgeschwindigkeit \bar{u} . Die effektive Quelhöhe lässt sich nach ÖNORM M 9440 berechnen (siehe Anhang B).

Die Konstante r hängt von den beiden Exponenten α und β der Streuungsparameter ab:

$$r = \frac{\alpha + \beta}{\alpha}$$

Die Konstanten A , B , α und β ergeben sich aus Tabelle 12 in Abhängigkeit von der Ausbreitungsklasse.

Tabelle 12: Konstanten zur Bestimmung der Streuparameter nach ÖNORM M 9440

Ausbreitungs-klasse	Beschreibung der Schichtung	β	B	α	A
2	labil	0,900	1,270	1,456	0,086
3	leicht labil	0,868	1,105	0,889	0,834
4	neutral	0,835	1,067	0,762	0,900
5	leicht stabil	0,796	0,943	0,699	0,640
6	mäßig stabil	0,799	0,504	0,566	0,737
7	stark stabil	0,728	0,458	0,500	0,316

Die Entfernung, in der die Maximalimmissionskonzentration S_{\max} auftritt, wird anhand folgender Gleichung berechnet:

$$x_{\max} = \bar{u} \left(\frac{H_e}{A\sqrt{r}} \right)^{1/\alpha}$$

Die vorliegende Berechnung der Maximalimmissionskonzentration nach Ö-NORM M 9440 liefert einen Halbstundenmittelwert. Für die Geruchswahrnehmung des Menschen sind jedoch wesentlich kürzere Zeiträume maßgeblich. Für eine Abschätzung der zu erwartenden Maximalimmissionskonzentration an Geruchsstoffen muss daher ein Korrekturfaktor eingeführt werden, dessen Anwendung im nachstehenden Abschnitt 7.4 erläutert wird.

□ U.S. EPA-Modelle

Die von der U.S. EPA zur Anwendung empfohlenen Modelle ISCST3 (Industrial Source Complex-Short Term), AERMOD (AMS/EPA Regulatory Model) und ISC-PRIME (Plume Rise Model Enhancements) stellen modifizierte Gauß'sche Fahnenmodelle dar, die auch als Windows Interface (ISC-AEROMOD View) beziehbar sind. Damit können Punkt-, Flächen-, Raum- und Linienquellen in komplexem Gelände behandelt und Gebäude-Einflüsse mit Downwash-Effekten berücksichtigt werden. Die Eingabe ist für mitteleuropäische Verhältnisse vergleichsweise aufwendig und erfordert intensive Beschäftigung mit dem Programm. Da Ein-Stunden-Mittelwerte berechnet werden, ist für die Anwendung auf Geruchsstoffkonzentrationen die Anwendung eines Korrekturfaktors (siehe Abschnitt 7.4) erforderlich.

Eine vereinfachte DOS-Version (SCREEN 3), die auf den gleichen Algorithmen aufbaut, kann kostenlos unter <http://www.epa.gov/ttn/scram> aus dem Internet heruntergeladen werden.

7.2.3 Komplexe Ausbreitungsmodelle

7.2.3.1 Windfeldmodell nach VDI-Richtlinie 3783 Blatt 10 (Dezember 2001) „Umweltmeteorologie: Diagnostische mikroskalige Windfeldmodelle – Gebäude und Hindernisumströmung“

In dieser VDI-Richtlinie wird ein Rechenmodell beschrieben, mit dem ein zeitlich gemitteltes, dreidimensionales Windströmungsfeld über einer ebenen Fläche im Bereich von Hindernissen, z.B. Gebäuden, berechnet werden kann.

Unter einem diagnostischen Modell ist ein Rechenverfahren zu verstehen, dessen Gleichungen nur auf dem physikalischen Grundsatz der Massenerhaltung basieren. Die berechneten Windströmungsfelder sind stationär, d.h., die Strömung ändert sich nicht mit der Zeit. Die analytisch nicht lösba- ren Gleichungen (z.B. atmosphärische Bewegungsgleichungen) werden mit Hilfe bestimmter mathematischer Methoden (numerische Verfahren) näherungsweise gelöst. Die Ergebnisse der Berechnungen sind räumlich hoch aufgelöste, dreidimensionale stationäre Windfelder, welche die Grundlage für eine anschließende Ausbreitungsrechnung bilden können (Gegenstand dieser VDI-Richtlinie ist jedoch nur die Berechnung des Windfeldes, nicht die daran anschließende Ausbreitungsrechnung).

Als Eingangsgrößen für die Berechnung dienen:

- Standortspezifische Eingangsgrößen (z.B. Lage und Abmessungen der Hindernisse, Landnutzung)
- Meteorologische Daten (z.B. Anströmrichtung, Anströmgeschwindigkeit, Sperrschichthöhe)
- Modellspezifische Daten (z.B. Abmessungen des Simulationsgebietes, horizontale und vertikale Gitterdistanz, Orientierung des Simulationsgebietes)

Der Vorteil der diagnostischen Strömungsmodelle gegenüber prognostischen Modellen liegt in der relativ kurzen Rechenzeit, wodurch sehr viele Hindernisse berücksichtigt werden können (z.B. Straßenschluchten, ganze Stadtviertel).

Grenzen der Anwendung:

Das beschriebene Modell ist in der Lage, Windgeschwindigkeitsfelder im Bereich quaderförmiger Hindernisse zu berechnen. Hindernisformen, die diesem Ansatz nicht entsprechen und sich nicht in mehrere quaderförmige Hindernisse auflösen lassen, können mit diesem Modell nicht behandelt werden.

Hindernisse, die kleiner als eine halbe Maschenweite einer Gitterzelle in einer Raumrichtung sind, werden bei ungünstiger Lage im Gitter nicht erfasst. Liegen Hindernisse schräg zum Gitter, kann die Ausdehnung der Störzonen unterschätzt werden.

Bei Windgeschwindigkeiten kleiner 1 m/s (in 10 m Höhe) oder bei dominanten thermodynamischen Effekten kann das Windfeld mit der beschriebenen

Methode nur unvollkommen nachgebildet werden. Weiters sollte die ungestörte Anströmung stationär sein, d.h. sich mit der Zeit nicht ändern.

Es wird darauf hingewiesen, dass die Anwendung dieser Richtlinie Sachkenntnis erfordert und Personen, die Erfahrung in der Anwendung von komplexen Windfeldmodellen besitzen, vorbehalten bleiben sollte.

7.2.3.2 Eulersche Modelle (z. B. MISKAM)

Im Eulerschen Gittermodell wird die Advektions-Diffusions-Gleichung numerisch mit einem Differenzenverfahren gelöst. Der Vorteil dieses Modelltyps liegt in der Flexibilität, mit der Inhomogenitäten der Strömung und der Turbulenz in Raum und Zeit berücksichtigt werden. Der Nachteil liegt in der Schwierigkeit, die Advektion korrekt zu behandeln. Auch werden Punkt- und Flächenquellen über Gitterzellen verschmiert und komplexe Hindernisstrukturen können meist nur vereinfacht nachgebildet werden.

Das Eulersche Gittermodell bildet die Grundlage des Modells MISKAM (Eichhorn, 1989), das mikroskalig (d. h. bis auf einige 100 m) anwendbar ist, Strömungshindernisse berücksichtigt und somit für verbaute Gebiete und für Straßen eingesetzt werden kann. Es werden Immissionskonzentrationsmittelwerte mit variierbarem Mittelungsintervall berechnet. Thermodynamische und chemische Prozesse werden nicht berücksichtigt, wohl aber Geländeform und thermische Schichtung der Atmosphäre.

Als Nachteil sind lange Rechenzeiten bei großem Ausbreitungsgebiet und feiner Unterteilung sowie der Zeitaufwand für die Eingabe komplexer Gebäudestrukturen zu nennen, Fachwissen des Benutzers bei der Verwendung des Programms wird vorausgesetzt. Für die Anwendung auf Geruchsstoffe ist ein Korrekturfaktor erforderlich (Faktor 4 nach J. Jacob et. al, 1999).

7.2.3.3 Lagrange

Beim Lagrangeschen Partikelmodell (VDI 3945 Blatt 3) werden punktförmige Partikel, die einen Spurenstoff repräsentieren, auf ihrem Weg durch die Atmosphäre verfolgt. Die Partikel bewegen sich mit der mittleren Strömung und werden dabei zusätzlich dem Einfluss der Turbulenz ausgesetzt. Der Einfluss der Turbulenz wird modelliert, indem bei jedem Partikel zu der mittleren Bewegung eine weitere zufällige Bewegung addiert wird, die von der Turbulenzintensität abhängt und für alle Partikel verschieden ist. Die Kon-

zentrationverteilung wird durch Auszählen der Partikel in vorgegebenen Auszählvolumina als Mittelwerte über Volumenelemente und Zeitabschnitte bestimmt. Die Methode lässt beliebige Quellgeometrien bei beliebigem Zeitverhalten einer räumlich variablen Quelle zu. Es können auch physikalische und chemische Umwandlungsprozesse erster Ordnung beschrieben werden. Komplexe Geometrien von Hindernissen können berücksichtigt werden. Das Lagrangesche Partikelmodell kann für Modellierungsgebiete mit einer Ausdehnung von 20 m bis zu mehreren 100 km und für Problemzeiten von 10 Minuten bis zu mehreren Jahren eingesetzt werden, abhängig davon, auf welcher räumlichen und zeitlichen Skala die meteorologischen Eingabefelder bereitgestellt werden.

Als meteorologische Eingangsgrößen werden auf bestimmte Zeitabschnitte bezogene Felder der mittleren Windkomponenten, der Windfluktuationen und der Diffusionskoeffizienten benötigt, die man mit meteorologischen Vorschaltmodellen bestimmen kann. Bei zeitabhängigen Rechnungen müssen diese Größen als zeitliche Folge von Feldern zur Verfügung stehen. Weiterhin werden Emissionsdaten und gegebenenfalls Geländedaten und ein Hinderniskataster benötigt. Als Ergebnis erhält man eine zeitliche Folge der räumlichen Verteilung der Konzentration des emittierten Stoffes, seiner Umwandlungsprodukte und der abgelagerten Menge.

Die Genauigkeit des Ergebnisses ist u. a. beschränkt durch die Stichprobenfehler beim Auszählen der Partikel im Rezeptorvolumen. Der Stichprobenfehler kann durch die Erhöhung der Partikelzahl gesenkt werden, allerdings wird dadurch auch die benötigte Rechenzeit höher.

7.3 Ermittlung der Häufigkeit von Geruchsstunden

Dieser Abschnitt ist nur bei Verwendung von „Faustformeln“ oder einfachen Ausbreitungsmodellen, die keine Windrichtungsstatistiken anwenden, gültig.

Die Voraussetzungen für eine Ermittlung der Häufigkeiten von Geruchsstunden sind:

- das Ergebnis einer Immissionsberechnung oder -abschätzung, das die Definition der Geruchsstunde berücksichtigt, (ja/nein - Aussage für den Aufpunkt)
- Angaben über die Emissionszeiten (z.B. Betriebszeiten) und

- eine Windrichtungsstatistik, die auf den jeweiligen Standort angewendet werden kann.

Wenn die Immissionsberechnung oder -abschätzung ergibt, dass keine Geruchswahrnehmungen auftreten, dann kann eine Ermittlung der Häufigkeit von Geruchsstunden entfallen. Umgekehrt kann eine Geruchsstundenanteilsermittlung mittels Emissionszeiten und Windstatistik alleine ein Ergebnis (z.B. 2 % der Jahresstunden) liefern, das eine Bewertung nach 7.1 zulässt; in diesem Falle kann die Immissionsberechnung entfallen.

Windrichtungsstatistik (Beispiel)

Tabelle 13: Häufigkeit der Windrichtungen in Prozent									
Ort	345-15°	15-45°	45-75°	75-105°	105-135°	135-165°	165-195°	195-225°	225-255°
Lend	5,5	10,4	11,2	7,6	5,0	1,5	3,1	5,6	13,1

Ort	255-285°	285-315°	315-345°	Calme
Lend	24,1	6,9	1,1	4,8



Windrichtungen

Die Häufigkeit der Windrichtungen wird üblicherweise in Sektoren zu 30° angegeben, und zwar 15-45°, 45-75°, ... , 345-15°. Falls erforderlich können 30°-Sektoren geteilt und als Näherung proportional verrechnet werden, wenn keine detaillierteren Daten vorliegen (siehe Anhänge).

Bei den einfachen Rechenmodellen sollte für die Beurteilung eines Aufpunktes zumindest ein 60°-Sektor für die Windrichtungsverteilung herangezogen

werden, da dort die laterale Diffusion (Aufweitung der Geruchsfahne) nicht berücksichtigt wird.

Calmen und Wind bis 1 m/s:

Auch bei Calmen und Schwachwind bis 1 m/s ist die Windrichtung für eine Anströmung der Anrainer ausschlaggebend.

Im Allgemeinen ist die Calmenverteilung der Windrichtungsverteilung bei höheren Windgeschwindigkeiten sehr ähnlich und daher ist der Calmenanteil proportional zu den relevanten Sektoren mitzuberechnen.

Bei Gebieten mit besonders hohem Calmenanteil bzw. mit besonderen orographischen Verhältnissen (Tal- und Hangstandorte) ist die Calmenhäufigkeit entsprechend den zu erwartenden orographisch bedingten Windrichtungen aufzuschlagen (Berg-, Talwind bzw. Hangauf-, Hangabwind). Ein solches Berechnungsverfahren wird in Anhang A, Punkt 9.1.2 erläutert.

Beispiel A)

Ein Betrieb produziert Wurstwaren von Montag bis Freitag im Zweischicht-Betrieb (6 - 22 Uhr) und am Samstag im Einschicht-Betrieb (6 - 14 Uhr). Die Emissionen erfolgen während der gesamten Betriebszeit. Der Standort ist weitgehend eben. Der relevante Anrainer befindet sich in einer Entfernung von 80 m in Richtung 45 ° (Nordost). Eine Immissionsberechnung aufgrund von Emissionsmessdaten (Olfaktometrie) ergab, dass bei dem Anrainer bei Windanströmung immer mit wahrnehmbaren Gerüchen zu rechnen ist.

Ausgehend von einer Woche (168 h), d.h. ohne Berücksichtigung von Feiertagen, und der Betriebszeit (88 h/Woche) ergibt sich, dass geruchsbelastete Abluft zu **52 %** der Zeit emittiert wird.

Für den Anrainer ist bei Winden aus einem 60 °-Sektor (195 – 255 °, Südwest) mit einer Windanströmung zu rechnen. An diesem Standort zeigt die Windrichtungsstatistik folgende Häufigkeiten in % der Jahresstunden:

195 – 225 °	5,6 %
225 – 255 °	13,1 %
Calmen gesamt	4,8 %

Da keine topographischen Besonderheiten vorliegen, sind die Calmen proportional den Sektoren zuzurechnen:

relevante Calmen $(5,6 \% + 13,1 \%) \cdot [4,8 / (100 - 4,8)] = 0,9 \%$

Die Häufigkeit der Windanströmung beträgt somit:

$$(5,6 + 13,1 + 0,9) \% = \mathbf{19,6 \%}$$
 der Jahresstunden

Im nächsten Schritt ist die Emission mit der Windanströmung zu kombinieren:

In 52 % der Zeit wird geruchsbelastete Abluft emittiert, die in 19,6 % der Zeit zum Anrainer transportiert wird. $52 \% * 19,6/100 = 10 \%$, d.h. in **10 %** der Jahresstunden ist beim Anrainer mit einer Geruchswahrnehmung zu rechnen, die dem Betrieb zugeordnet werden kann. Dieser Sachverhalt kann nun nach 7.1 beurteilt werden.

Beispiel B)

Eine kleine Bäckerei betreibt ihren Backofen nur von 2 - 6:30 Uhr.

Das Haus des Beschwerdeführers befindet sich ca. 50 m nördlich taleinwärts und zwar ebenso wie die Bäckerei an der Sohle eines engen Tales. (Möglicherweise wird die Geruchsschwelle schon durch Verdünnung über die Entfernung unterschritten. Angaben über die Geruchsemissionen stehen nicht zur Verfügung.)

Die Betriebszeit (4,5 h/d, 6 Tage/Woche) des Backofens beträgt **16 %** der Jahresstunden.

Für den Anrainer ist bei Winden aus einem 60 °-Sektor (150 – 210 °, Süd) mit einer Windanströmung zu rechnen. An diesem Standort zeigt die Windstatistik folgende Häufigkeiten in % der Jahresstunden:

135 – 165 °	1,5 % * 0,5
165 – 195 °	3,1 %
195 – 225 °	5,6 % * 0,5
Calmen gesamt	4,8 %

Auf Grund der orographischen Gegebenheiten mit ausgeprägtem Berg-Tal-Windsystem wird nach Anhang A, Punkt 9.1.2 ein Calmenanteil von 15 % dem obigen 60 °-Sektor zugeschlagen.

Die Häufigkeit der Windanströmung beträgt somit:

$$(1,5 * 0,5 + 3,1 + 5,6 * 0,5 + 4,8 * 0,15) \% = \mathbf{7,4 \%}$$
 der Jahresstunden

Im nächsten Schritt ist die Emission mit der Windanströmung zu kombinieren:

In 16 % der Zeit wird geruchsbelastete Abluft emittiert, die in 7,4 % der Zeit zum Anrainer transportiert wird. $16 \% * 7,4/100 = 1,2 \%$, d.h. in ca. **1 %** der Jahresstunden ist beim Anrainer mit einer Geruchswahrnehmung zu rechnen. Dieser Sachverhalt kann nun nach 7.1 beurteilt werden.

7.4. Abschätzung der Maximalimmissionskonzentration von Geruch im Nahbereich von Gebäuden

7.4.1 Allgemeine Vorgangsweise

Nach der ÖNORM M 9440 ist die Anwendung des darin beschriebenen Gaußmodells erst ab einer Entfernung von mehr als 100 m von der Emissionsquelle zulässig, sofern keine Beeinflussung der Luftströmungen durch Gebäude erfolgt. Erst ab einer hinreichend langen Transportzeit τ kann angenommen werden, dass die räumliche Verteilung der Konzentration durch die zwei Normalverteilungen lateral (y-Richtung) und vertikal (z-Richtung) repräsentiert werden kann. In geringeren Entfernungen ist die im Gaußmodell getroffene Annahme der Vernachlässigung der Diffusion in Ausbreitungsrichtung nicht zulässig. Im Nahbereich der Quelle muss deshalb die Geruchskonzentration durch andere Verfahren abgeschätzt werden.

Durch Hindernisse im Windfeld wird im Nahbereich nicht nur das Windfeld selbst verändert, sondern auch die räumliche Verteilung der Turbulenz, die maßgeblich die Verdünnungsvorgänge von Emissionen beeinflusst. Die explizite Berechnung dieser Vorgänge kann mit Strömungsmodellen, welche die kleinräumige Turbulenz im Hindernisbereich auflösen, erfolgen. Dies ist aber mit großem Aufwand verbunden. Im Folgenden wird deswegen ein vereinfachter Ansatz zur Immissionsberechnung im Nahbereich vorgeschlagen (Screening-Verfahren). Sollten sich aufgrund dieses Verfahrens Grenzwertüberschreitungen im Nahbereich ergeben, wird die Durchführung von Berechnungen mit geeigneten mikroskaligen Ausbreitungsmodellen empfohlen.

Die hier vorgeschlagenen Maximalabschätzungen basieren auf Untersuchungen, die von Meroney (1982) zusammengestellt wurden.

Folgende Vorgangsweise wird für die Durchführung der Maximalabschätzung von Geruchskonzentrationen im Nahbereich von Gebäuden vorgeschlagen:

- Erhebung der für die Ausbreitung der Geruchsstoffe relevanten Windhäufigkeiten:
Für die Beurteilung des Ausmaßes der Belästigung durch Geruchswahrnehmung ist primär die Häufigkeit der Geruchswahrnehmung über ein Jahr heranzuziehen (siehe Abschnitt 7.3). Erst wenn ein vorgegebener Grenzwert überschritten wird, ist eine Abschätzung der zu erwartenden Geruchskonzentrationen erforderlich.
- Vereinfachtes Verfahren zur Bestimmung der Maximalwerte der Geruchskonzentration:
In diesem vereinfachten Verfahren wird im Nahbereich des Gebäudes die Geruchskonzentration in Abhängigkeit vom Abstand von der Quelle bestimmt. Dabei wird jedoch die Emissionshöhe h_e nicht berücksichtigt. Sollte durch dieses Verfahren eine übermäßige Geruchsbelästigung ausgeschlossen werden können, kann auf das erweiterte Abschätzverfahren verzichtet werden.
- Erweitertes Verfahren zur Bestimmung der Maximalwerte der Geruchskonzentration nach Meroney:
Bei diesem Verfahren wird neben der Gebäudehöhe h_b und der Emissionshöhe h_e auch die Stabilität der Atmosphäre berücksichtigt.
- Anwendung von komplexen Ausbreitungsmodellen zur Bestimmung der Maximalwerte der Geruchskonzentration:
Für eine höhere Prognosegüte ist die Anwendung von komplexen Ausbreitungsmodellen erforderlich. Dabei werden prognostische, mikroskalige Strömungsmodelle mit einem Ausbreitungsmodell gekoppelt. Ein Beispiel dafür ist das MISKAM-Modell. Der Aufwand für die Anwendung solcher Modelle ist bedeutend größer als im gegenständlichen Screening-Verfahren und setzt das Vorliegen von umfangreichem Datenmaterial voraus; der Einsatz eines komplexen Ausbreitungsmodells kann dann notwendig werden, wenn aufgrund des vereinfachten Verfahrens Grenzwertüberschreitungen nicht auszuschließen sind.

Ein Fallbeispiel zu den Punkten 2 und 3 befindet sich in Kapitel 9.3 (Anhang C).

7.4.2 Adaptierung von Berechnungsverfahren für Geruchsstoffe und deren Wahrnehmung durch den Menschen

Die meisten Immissionsabschätzungen liefern Mittelwerte mit einer Integrationszeit von zumindest 30 Minuten (z. B. ÖNORM M 9440). Für die Geruchswahrnehmung des Menschen sind jedoch wesentlich kürzere Zeiträume maßgeblich. Es sind daher Korrekturfaktoren notwendig, um aus errechneten Halbstundenmittelwerten Aussagen über die Einstufung von Immissionen als „Geruchsstunde“ (siehe Abschnitt 7.1 Abbildung 12) treffen zu können. In Anlehnung an die TA-Luft 1986 ist hier bei Faustformeln und einfachen Berechnungsverfahren (siehe 7.2.1, 7.2.2) ein Korrekturfaktor von 10 für weitere Entfernungen anzusetzen. Für den Kavitationsbereich von Gebäuden, wo mit größeren und häufigeren Spitzen zu rechnen ist, ist ein Korrekturfaktor von 15 für eine Geruchsstunden-Bewertung (Mittelungszeit 6 Minuten = 10 % einer Stunde; im Sinne des Kapitels 7.6) anzuwenden.

Zusätzlich kann auch bisweilen die Abschätzung kurzzeitiger Absolutspitzen von Interesse sein. Für eine solche Abschätzung der zu erwartenden Maximalimmissionskonzentration für Zeitintervalle in der Größenordnung eines Atemzugs muss ein anderer Korrekturfaktor $F_{P/M}$ eingeführt werden. Dieser Korrekturfaktor ergibt sich aus dem Verhältnis zwischen der Konzentration für kurze Integrationszeiten (C_P) sowie der Konzentration für lange Integrationszeiten (C). Dieses Verhältnis wird oft auch als Peak-to-Mean-Verhältnis $F_{P/M}$ bezeichnet. Die Konzentration für diese kurzen Integrationsintervalle C_P ergeben sich dann aus

$$C_P = F_{P/M} C$$

Die TA Luft 1986 wählt für den Korrekturfaktor einen Wert von 10, wobei dabei die Einschränkung des Gültigkeitsbereichs des Gauß'schen Modells ab einer Quellentfernung von 100 m beachtet werden muss.

Für geringere Entfernungen wurde eine Abschätzung des Korrekturfaktors entsprechend den Annahmen von Smith (1973) vorgenommen. Diese Annahme wurde von Schauburger et al. (2000) für alle Ausbreitungsklassen erweitert und im AODM (Austrian Odour Dispersion Model) für die stabilitäts- und entfernungsabhängige Berechnung der Geruchskonzentration für Integrationszeiten von 5 s herangezogen. Die vorliegende Maximalabschätzung berücksichtigt die Ausbreitungsklasse 2 (labil) der ÖNORM M 9440

(1992/1996), da bei dieser Klasse die größte zeitliche Variabilität der Immissionskonzentration auftritt. Bei Quellentfernungen über 100 m ist der in der TA Luft 1986 angegebene Korrekturfaktor mit $F_{P/M} = F_{P/M_{\max}} = 10$ zu wählen.

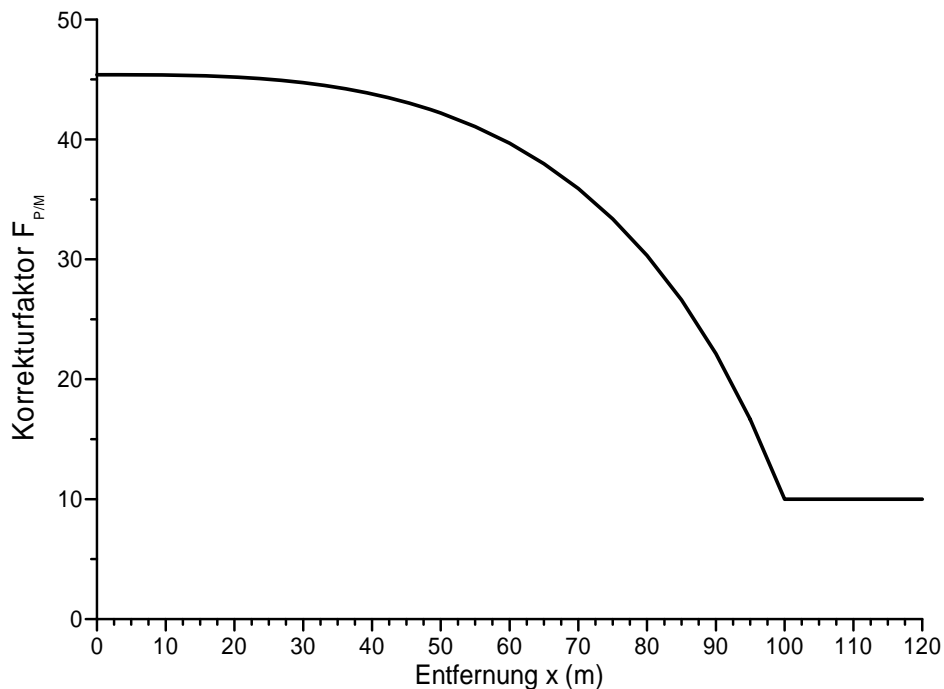
Der Korrekturfaktor $F_{P/M}$ lautet

$$F_{P/M} = \psi_{(0)} - (\psi_{(0)} - F_{P/M_{\max}}) * (e^{(\ln 2 * x^3 * 10^{-6})} - 1) \quad \text{für } x \leq 100 \text{ m}$$

$$F_{P/M} = F_{P/M_{\max}} = 10 \quad \text{für } x > 100 \text{ m}$$

Für die Stabilitätsklasse 2 beträgt der Faktor $\psi_{(0)}$ 45,40 (Smith, 1973).

Abbildung 15: Korrekturfaktor $F_{P/M}$ in Abhängigkeit vom Abstand zur Emission. Die Funktion liefert eine Maximalabschätzung für die Ausbreitungsklasse 2 (labil) der ÖNORM M 9440 (1992/1996).



Bei der Anwendung des Korrekturfaktors $F_{P/M}$ ist zu beachten, dass die maximal zu erwartende Immissionskonzentration C_P nicht größer als die Emissionskonzentration C_e sein kann:

$$C_P = \min(C F_{P/M}, C_e)$$

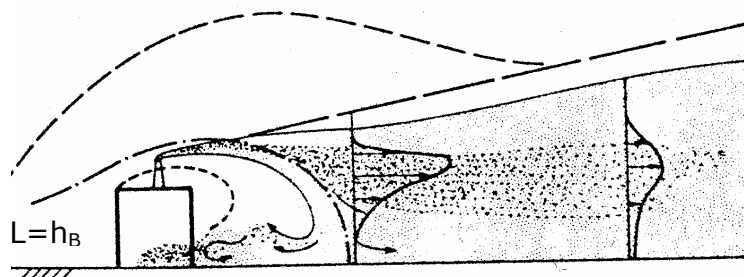
Weiters muss berücksichtigt werden, dass das Peak-to-mean-Verhältnis keine direkte Aussage über die Einstufung der Immission als „Geruchsstunde“ gem. Abschnitt 7.1 Abbildung 12 zulässt. So besagt zum Beispiel ein

Korrekturfaktor $F_{P/M}$ von 30, dass die Spitze die 30-fache Konzentration des Mittelwertes aufweisen kann, nicht jedoch, wie oft die Spitze im Beurteilungszeitraum auftritt.

7.4.3 Bestimmung der Referenzlänge L

Der Verdünnungsvorgang im Nahbereich von Hindernissen (Gebäuden) ist wesentlich von deren Maßen abhängig. In Abbildung 16 ist der Gebäudeeinfluss im Lee eines Gebäudes dargestellt. Die Kavitationszone ist durch eine Rezirkulation charakterisiert. Danach wird die Ausbreitung durch den sogenannten Downwash-Effekt beeinflusst. Dieser Störbereich ist wesentlich größer als die Kavitationszone. Die Ausmaße des Gebäudeeffektes werden durch die Referenzlänge L erfasst.

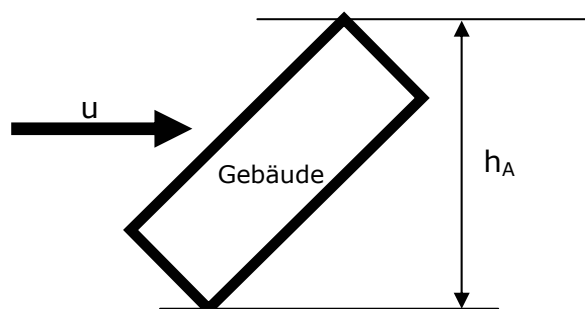
Abbildung 16: Schematische Darstellung des Gebäudeeinflusses im Lee einer Windanströmung. Die Referenzlänge L (in diesem Fall gleich der Gebäudehöhe h_B) charakterisiert die Größe der Rezirkulationszone.



Die Referenzlänge L wird aus der Gebäudehöhe h_B und der angeströmten Gebäudebreite h_A bestimmt. Sie ergibt sich aus dem Minimum der beiden Größen

$$L = \min(h_A, h_B)$$

Abbildung 17: Schematische Darstellung der angeströmten Gebäudebreite h_A . Diese ist von der Windrichtung abhängig.



7.4.4 Vereinfachtes Verfahren zur Bestimmung der Maximalwerte der Geruchskonzentration

Die Ausbreitungsbedingungen werden durch den dimensionslosen Konzentrationskoeffizienten K beschrieben

$$K = \frac{CuL^2}{Q}$$

mit der Konzentration C (GE/m³) am Aufpunkt, der Windgeschwindigkeit u (m/s), der Referenzlänge L (m) und der Quellstärke Q (GE/s). Für eine Maximalabschätzung sollte für die Windgeschwindigkeit u ein Wert von 1 m/s angenommen werden.

Für den Konzentrationskoeffizienten K werden folgende Werte angenommen

$$K = 3,0 \quad \text{für } \frac{x}{L} < 2,5 \text{ (in der Kavitationszone)}$$

$$K = 18,75 \left(\frac{x}{L}\right)^{-2} \quad \text{für } 2,5 \leq \left(\frac{x}{L}\right) \leq 10 \text{ (außerhalb der Kavitationszone)}$$

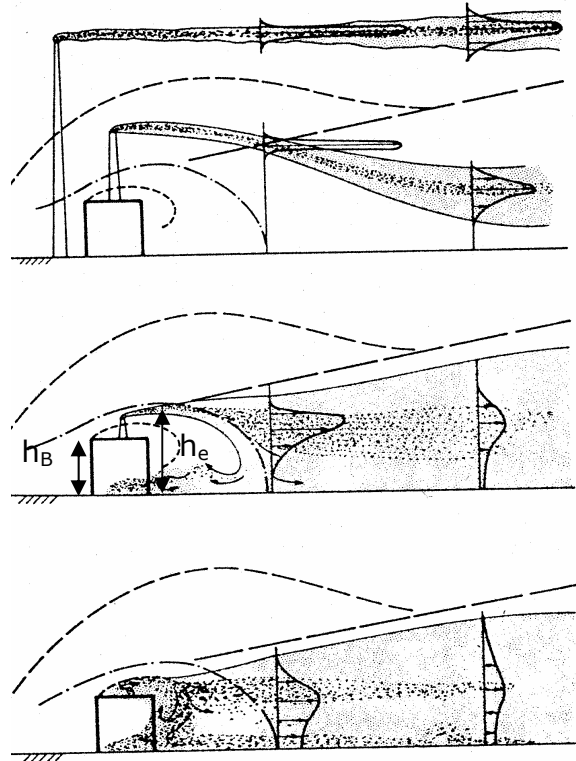
mit dem Abstand x (m) des Aufpunktes vom Gebäude in der Hauptachse der Emission und der Referenzlänge L (m).

Die mittels der obigen Formel erhaltene mittlere Konzentration C muss zur Geruchsstunden- bzw. Geruchsmaximalabschätzung mit einem Korrekturfaktor nach Abschnitt 7.4.2 multipliziert werden.

7.4.5 Erweitertes Verfahren zur Bestimmung der Maximalwerte der Geruchskonzentration nach Meroney

Im Gegensatz zum vereinfachten Verfahren, in dem nur die Referenzlänge L in die Berechnung des Konzentrationskoeffizienten K eingeht, wird in dem Verfahren nach Meroney auch die Höhe der effektiven Quellhöhe h_e im Verhältnis zur Gebäudehöhe h_B berücksichtigt (Abbildung 18). Erst wenn die effektive Quellhöhe h_e das 2,5-fache der Gebäudehöhe h_B überschreitet, kann angenommen werden, dass sich die Emission außerhalb des Gebäudeinflusses befindet.

Abbildung 18: Schematische Darstellung des Einflusses der Höhe der effektiven Quellhöhe h_e im Verhältnis zur Gebäudehöhe h_B .



Die Abschätzung der Immissionskonzentration im Lee von Hindernissen in der Hauptachse basiert im Wesentlichen auf einer Modifikation der Streuparameter σ_y und σ_z des Gauß'schen Ausbreitungsmodells, wobei der Einfluss des Hindernisses (Gebäude) durch die ausbreitungsrelevante Anströmungsfläche A_G parametrisiert wird. Ein solcher Ansatz lautet

$$K_0 = \frac{A_G}{\pi\sigma_y\sigma_z + cA_G}$$

mit einer Konstanten $c = 0,5$ bis $2,0$ und der Anströmfläche A_G , die aus der Referenzlänge L bestimmt wird als $A_G=L^2$. Für die vorliegenden Berechnungen wird die Konstante c mit 1 angenommen.

Um die Strömungsstruktur in der Kavitationszone zu berücksichtigen, wird das Verhältnis der effektiven Quellhöhe h_e zu der Gebäudehöhe h_B berücksichtigt. Unter der Annahme eines maximalen Verhältnisses $h_e/h_B=2,5$ errechnet sich der Konzentrationskoeffizient $K_{2,5}$ wie folgt:

$$K_{2,5} = K_0 \cdot \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{6,25}{\frac{\sigma_z^2}{A_G} + \frac{1}{\pi}} \right) \right]$$

Anmerkung: $\exp(x) = e^x$

Daraus ergibt sich der Konzentrationskoeffizient K unter Einbeziehung des Verhältnisses h_e/h_B aus

$$K = K_{2,5} \left(\frac{K_{2,5}}{K_0} \right) \left[\left(\frac{h_e/h_B}{2,5} \right)^2 - 1 \right]$$

Die verwendeten Streumaße werden anhand der ÖNORM M 9440 berechnet. In Tabelle 14 sind die Konstanten in Abhängigkeit der Stabilitätsklasse zusammengestellt.

Tabelle 14: Konstanten zur Bestimmung der Streuparameter nach ÖNORM M 9440					
Ausbreitungs- klasse	Beschreibung der Schichtung	β	B	α	A
2	labil	0,900	1,270	1,456	0,086
3	leicht labil	0,868	1,105	0,889	0,834
4	neutral	0,835	1,067	0,762	0,900
5	leicht stabil	0,796	0,943	0,699	0,640
6	mäßig stabil	0,799	0,504	0,566	0,737
7	stark stabil	0,728	0,458	0,500	0,316

Die beiden Streumaße ergeben sich aus

$$\sigma_y = B\tau^\beta$$

und

$$\sigma_z = A\tau^\alpha$$

wobei sich die Ausbreitungszeit τ aus der mittleren Windgeschwindigkeit u und der Entfernung x ergibt durch

$$\tau = \frac{x}{u}$$

Die Ermittlung der Immissionskonzentration erfolgt wie in Abschnitt 7.4.4 nach der Formel

$$K = \frac{CuL^2}{Q}$$

wobei die so erhaltene mittlere Konzentration C zur Geruchsstunden- bzw. Geruchsmaximalabschätzung mit einem Korrekturfaktor nach Abschnitt 7.4.2 multipliziert werden muss.

7.5 Sondereffekte

Geruchsstoffe können auch in Wasser gelöst oder an Aerosole gebunden sein. In solchen Fällen ist die Ausbreitungsmodellierung für gasförmige Stoffe nur bedingt anwendbar. Z. B. bei Schwaden sind die Geruchsstoffe erst nach Verdampfen des Wassers einer ungehinderten turbulenten Diffusion unterworfen, d. h. sie können über größere Entfernungen vor dem Verdampfen des Wassers unverdünnt verfrachtet werden.

Es wurde auch beobachtet, dass Geruchsstoffe durch UV-Einstrahlung chemisch verändert werden und sich dadurch das Geruchsbild ändert.

7.6 Geruchsbegehungen

Um Geruchsimmissionen festzustellen, kann die tatsächliche Geruchssituation an Ort und Stelle mittels Raster- oder Fahnenbegehungen durch Probanden erfasst werden. Dabei wird die Erkennungsschwelle als Entscheidungskriterium herangezogen, wobei auch eine Differenzierung nach verschiedenen Geruchsarten möglich ist. Die Höhe der Geruchsbelastung an einem bestimmten Ort wird dabei nicht durch die Konzentrationen bestimmt, sondern durch die Häufigkeit des Überschreitens der Erkennungsschwelle.

Die Ermittlung der Geruchsimmissionen erfolgt entsprechend den Vorgaben der VDI-Richtlinie 3940 und der Geruchsimmissions-Richtlinie (GIRL). Wesentlich ist dabei die Bestimmung des Geruchszeitanteils. Eine Einzelmessung an einem Messpunkt wird während eines Messzeitintervalls von 10 Minuten durchgeführt. Zur Protokollierung der Zeitanteile mit erkennbaren Gerüchen innerhalb des Messzeitintervalls muss der Proband nach jedem Atemzug oder alle 10 Sekunden nach verschiedenen Geruchsqualitäten differenzieren.

Der Begriff einer Geruchsstunde ist in der VDI 3940 wie folgt definiert: „Unter einer Geruchsstunde wird eine positiv bewertete Einzelmessung verstanden. Eine Einzelmessung ist dann als positiv zu bewerten, wenn der ermittelte Zeitanteil mit eindeutig erkennbarem Geruch einen bestimmten, vorher festzulegenden Prozentsatz überschreitet.“ Nach der GIRL ist das Geruchsstundenkriterium erfüllt, wenn in mindestens 10 % der Zeit des Messzeitintervalls erkennbare Gerüche aufgetreten sind.

Die Durchführung von Rasterbegehungen orientiert sich an den Vorgaben der VDI 3940 und der GIRL. Als Beurteilungsgebiet wird oft eine kreisförmige Fläche mit einem Radius von mehreren hundert Metern rund um die Emissionsquelle gewählt, kann aber je nach Aufgabenstellung variieren. Üblich sind beispielsweise Radien, die dem 30fachen der Schornsteinhöhe entsprechen, bzw. mindestens 600 m. Jedenfalls sollten Gebiete mit beschwerdeführenden Nachbarn miterfasst werden, auch wenn sie sich in größerer Entfernung befinden. Im Allgemeinen wird anschließend das Beurteilungsgebiet mit einem Netz äquidistanter Punkte überzogen, z. B. 100 m, 250 m oder 500 m Gitterabstand. Bei niedrigen oder diffusen Quellen werden die Flächen in der Nähe der Emissionsquellen teilweise auf bis zu 50 m x 50 m verkleinert.

Die VDI-Richtlinie schreibt als Beurteilungszeitraum 1 Jahr vor. Innerhalb dieses Zeitraumes sind pro Messpunkt 26 Begehungen durchzuführen, das ergibt insgesamt bei vier Eckpunkten einen Erhebungsumfang von $26 \times 4 = 104$ Begehungen je Beurteilungsfläche. Demgegenüber sieht die GIRL eine Verkürzung des Beurteilungszeitraumes auf ein halbes Jahr, u. U. sogar auf drei Monate vor, wenn die Repräsentativität gewährleistet ist. Es wird in dieser Richtlinie auch ein auf 52 Begehungen verringerter Erhebungsumfang zugelassen. In der Praxis wird üblicherweise ein Erhebungsumfang von 52 Begehungen in einem halben Jahr angesetzt. Die konkreten Begehungstermine sollten repräsentativ für Wochen- und Tageszeiten sein und daher entsprechend verteilt festgelegt werden.

Bei Fahnenbegehungen werden nur im Bereich der „Geruchsfahne“, d. h. im Lee der emittierenden Anlage, Erhebungen durchgeführt. Somit lassen sich auch nur für diesen Bereich, der von den während der Messungen herrschenden Windverhältnissen abhängt, Aussagen bezüglich der Geruchsimmissionen ableiten. Daraus kann man u. a. unter zu Hilfenahme von Ausbreitungsmodellen die Quellstärke einer diffusen Geruchsstoffquelle

bestimmen. Bei der Bestimmung der Reichweite einer Geruchsfahne werden während einer definierten Ausbreitungssituation einzelne Geruchsmessungen in Abhängigkeit von der jeweiligen meteorologischen Situation durchgeführt. Die Abstände der einzelnen Begehungslinien und Messpunkte müssen nicht unbedingt äquidistant sein. Nähere Bestimmungen zur Durchführung von Fahnenbegehungen durch Probanden sind durch die VDI 3940 festgelegt. Die eigentliche Geruchsmessung erfolgt dann wie bei der Rasterbegehung beschrieben.

8 Literatur

BAUM Fritz, Luftreinhalte in der Praxis, Oldenbourg, München 1988

BEHRE Frank, "Messung der Geruchsbelastung von Sudhausbrüden – Olfaktometrie und analytische Messverfahren" in: VDI-Berichte 1373, 1998; ISBN 3-18-091373-8

BRAUER, Dr. L.; Gefahrstoff-Sensorik; Farbe, Geruch, Geschmack, Reizwirkung gefährlicher Stoffe; Geruchsschwellenwerte, ecomed-Verlag; Stand: 25. Ergänzungslieferung 11/97; ISBN 3-609-73675-5

BRIGGS, G. A.; Plume Rise Predictions. In: Lectures on Air Pollution and Environmental Impact Analysis. – Boston, US: Amer. Meteorological Society, 1974

CARSON, J.E.; MOSES, H.: The Validity of Several Plume Rise Formulas. In: J. Air.Poll. Contr. Ass.#19, S.862ff. – o.O., 1969

DIN 18869-7; Juni 2006; Großküchengeräte – Einrichtungen zur Be- und Entlüftung von gewerblichen Küchen – Teil 7: Anlagen zur Aerosol- und Aerosolatnachbehandlung, Anforderungen und Prüfung

DOOSE Otto, "Verfahrenstechnik Bäckerei" Gilde Fachverlag Alfeld

EICHHORN J., Entwicklung und Anwendung eines dreidimensionalen mikroskaligen Stadtklima-Modells. PhD Thesis, Univ. Mainz, 1989

FEUERUNGSANLAGEN-VERORDNUNG – FAV, BGBl. II Nr. 331/1997

GIEBEL, J (1976), Eine empirische Ausbreitungsgleichung zur Immissions-simulation im unmittelbaren Nahbereich von Emissionsquellen, Schriftenreihe der Landesanstalt für Immissionsschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Heft 39, S. 28 ff

GIEBEL, J (1980), Vergleich von wahrgenommenen und simulierten Gerüchen, Schriftenreihe der Landesanstalt für Immissionsschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Heft 50, S. 41 ff

GIRL, Feststellung und Beurteilung von Geruchsimmissionen (Geruchsimmissions-Richtlinie). Länderausschuss für Immissionsschutz, LAI-Schriftenreihe Nr. 5, Erich Schmidt Verlag GmbH&Co, Berlin 1994, ISBN 3-503-03624-5

GUNSTONE F.D., NORRIS F.A., Lipids in Foods, Chemistry, Biochemistry and Technology, Pergamon Press, 1983

HALL G., Lipid oxidation in Foods, A Study of the Development of Off-Flavors and the Kinetics of Volatile Compound Formation, Zusammenfassung einer Dissertation, Göteborg, Schweden, 1983

HANDBUCH der Getränketechnologie, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart:
Getreide- und Kartoffelbrennerei, KREIPE H., Ratzeburg-Bäck
Technologie der Obstbrennerei, PIEPER H.J. et al., Hohenheim

HANGARTNER, VDI Schriftenreihe 12, Gerüche; 1990; VDI Verlag: Düsseldorf

HEINING; K., VDI-Seminar „Gerüche in der Außenluft“ (16.-17.5.2001/Mannheim)

HUET Achim van, REICH Jens, VOGT Monika, Datenbank zum Stand der Technik bei der Minderung von Gerüchen, WLB Wasser, Luft, Boden 3/2000, 50 - 52

IKAN R. (Ed.), The maillard Reaction - Consequences for the Chemical and Life Sciences, John Wiley, 1996

JACOB J., LOHMEYER. A., SCHIESS N., Praxis der Berechnung und Bewertung von Gerüchen im Nahbereich niedriger Quellen in Sachsen, Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft 59 (1999) Nr. 9, S.357 ff

KAMM, K.: Simulation von Gerüchen im Windkanal. Wasser, Luft und Boden 3/1989

KUNZE Wolfgang, Technologie Brauer und Mälzer, VLB Berlin, 1994, ISBN 3-921-690-31-5

MANNEBECK H.: VDI-Inhouse-Seminar für die NÖ-Landesregierung am 26.11.2001 in St. Pölten

MANNEBECK D, MANNEBECK H.: Qualität und Vergleichbarkeit olfaktometrischer Messungen, Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft 62(2002) Nr. 4 - April, Seite 135 ff

MERONEY R. N. (1982): Turbulent diffusion near buildings. In: PLATE, E.J. (Ed): Engineering meteorology. Elsevier Scientific Publishing Company, New York

ÖNORM EN 779, Ausgabe 2003-04-01: Partikel-Luftfilter für die allgemeine Raumlufttechnik - Bestimmung der Filterleistung

ÖNORM EN 13725, Ausgabe August 2003: Luftbeschaffenheit - Bestimmung der Geruchsstoffkonzentration mit dynamischer Olfaktometrie

ÖNORM H 6030, Ausgabe 2006-09-01: Lüftungstechnische Anlagen für Küchen. Anforderungen, Auslegungskriterien, Betrieb

ÖNORM H 6031, Ausgabe 2007-05-01: Lüftungstechnische Anlagen - Einbau und Kontrollprüfung von Brandschutzklappen und Brandrauch-Steuerklappen

ÖNORM M 9440 1992/1996. Ausbreitung von luftverunreinigenden Stoffen in der Atmosphäre - Berechnung von Immissionskonzentrationen und Ermittlung von Schornsteinhöhen

ÖSTERREICHISCHE AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN, Kommission für Reinhaltung der Luft, "Umweltwissenschaftliche Grundlagen und Zielsetzungen im Rahmen des Nationalen Umweltplans für die Bereiche Klima, Luft, Geruch und Lärm", Wien, 1993

PIEPER G., ROHATSCH M., LEMME F., Großküchen, Planung - Entwurf - Einrichtung, VEB Verlag für Bauwesen, Berlin 1981

PLATE, E.J. (1982): Engineering meteorology. Fundamentals of Meteorology and Their Application to Problems in Environmental and Civil Engineering. Elsevier Scientific Publishing Company

PÜTZ M., "Minderung von Brauereigerüchen - Probleme und Möglichkeiten" in: VDI-Berichte 416, 1982

RÖMPPS CHEMIE-LEXIKON/ Otto-Albrecht Neumüller, Franckh'sche Verlags-handlung, W. Keller & Co, Stuttgart; ISBN 3-440-04510-2

RÖMPPS LEXIKON LEBENSMITTELCHEMIE, Eisenbrand G. u. Schneider G. (Hg.), Thieme Verlag 1995

SABO Franjo, Minderung von Gerüchen aus Gaststätten, Großküchen und der Lebensmittelherstellung, Tagungsband zum Seminar VDI-Wissensforum „Gerüche in der Außenluft“ 26.11.2001, St. Pölten

SCHAUBERGER G., PIRINGER M., PETZ E.: Diurnal and annual variation of the sensation distance of odour emitted by livestock buildings calculated by

the Austrian odour dispersion model (AODM), Atmospheric Environment 34(2000)28: 4839-4851

SCHAUBERGER G., PIRINGER M., PETZ E.: Separation distance to avoid odour nuisance due to livestock calculated by the Austrian odour dispersion model (AODM), Agriculture, Ecosystems & Environment 87 (2001) 1:13-28

SCHILD Egon, "Der junge Bäcker", Band 1+2, Fachbuchverlag Dr. Pfanneberg/Gießen

SMITH, M.E. (1973): Recommended Guide for the Prediction of Dispersion of Airborne Effluents. ASME. N.Y.

STAUDINGER, G. (1981): Skriptum zur Vorlesung „Disperse Stoffe“; TU-Graz

STERN, A.C. Air Pollution. Bd. 1: Air Pollution and Its Effects. Hrsg. A. C. Stern. 2. Aufl., Academic Press, New York 1968

TA Luft, Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft), Ausgabe vom 27. Februar 1986, BRD

ULLMANN'S ENCYKLOPÄDIE der technischen Chemie, 4. Auflage

Band 13: Kaffee

Band 20: Schokolade

VDI 2052, Ausgabe Juni 1999: Raumluftechnische Anlagen für Küchen

VDI 2590, Ausgabe Dezember 1996: Emissionsminderung. Anlagen zur Verwertung und Beseitigung von Tierkörpern, Tierkörperteilen und tierischen Erzeugnissen

VDI 2595, Blatt 1, Ausgabe Dezember 1986: Emissionsminderung. Räucheranlagen

VDI 2595, Blatt 2, Ausgabe September 1994: Emissionsminderung. Fischräuchereien

VDI 2596, Ausgabe Oktober 1991: Emissionsminderung. Schlachthöfe

VDI 3477, Ausgabe Dezember 1991: Biologische Abgas-/Abluftreinigung. Biofilter

VDI 3481, Blatt 1, Ausgabe August 1975: Messung gasförmiger Emissionen. Messen der Kohlenwasserstoff-Konzentration; Flammenionisationsdetektor (FID)

VDI 3481, Blatt 2, Ausgabe September 1998: Messen gasförmiger Emissionen. Bestimmung des durch Adsorption an Kieselgel erfassbaren organisch gebundenen Kohlenstoffs in Abgasen

VDI 3481, Blatt 3, Ausgabe Oktober 1995: Messen gasförmiger Emissionen. Messen von flüchtigen organischen Verbindungen, insbesondere von Lösemitteln, mit dem Flammenionisationsdetektor (FID)

VDI 3481, Blatt 6, Ausgabe Dezember 1994: Messung gasförmiger Emissionen. Auswahl und Anwendung von C-Summenmeßverfahren

VDI 3674, Ausgabe Mai 1998: Abgasreinigung durch Adsorption. Prozessgas- und Abgasreinigung

VDI 3783, Blatt 10, Ausgabe Dezember 2001: Umweltmeteorologie. Diagnostische mikroskalige Windfeldmodelle. Gebäude- und Hindernisumströmung

VDI 3788, Blatt 1, Ausgabe Juli 2000: Umweltmeteorologie. Ausbreitung von Geruchsstoffen in der Atmosphäre – Grundlagen

VDI 3881, Blatt 1, Ausgabe Mai 1986: Olfaktometrie. Geruchsschwellenbestimmung. Grundlagen

VDI 3881, Blatt 2, Ausgabe Januar 1987: Olfaktometrie. Geruchsschwellenbestimmung. Probenahme

VDI 3881, Blatt 3, Ausgabe November 1986: Olfaktometrie. Geruchsschwellenbestimmung. Olfaktometer mit Verdünnung nach dem Gasstrahlprinzip

VDI 3881, Blatt 4, Entwurf Dezember 1989: Olfaktometrie. Geruchsschwellenbestimmung. Anwendungsvorschriften und Verfahrenskenngrößen

VDI 3882, Blatt 1, Ausgabe Oktober 1992: Olfaktometrie. Bestimmung der Geruchsintensität

VDI 3882, Blatt 2, Ausgabe September 1994: Olfaktometrie. Bestimmung der hedonischen Geruchswirkung

VDI 3883, Blatt 1, Juli 1997: Wirkung und Bewertung von Gerüchen. Psychometrische Erfassung der Geruchsbelästigung. Fragebogentechnik

VDI 3883, Blatt 2, Ausgabe März 1993: Wirkung und Bewertung von Gerüchen. Ermittlung von Belästigungsparametern durch Befragungen. Wiederholte Kurzbefragung von ortsansässigen Probanden

VDI 3892, Entwurf März 1996: Emissionsminderung. Kaffeeverarbeitende und -bearbeitende Industrie. Anlagen mit einem Mindestdurchsatz von 250 kg pro Stunde

VDI 3893, Ausgabe Dezember 1989: Emissionsminderung. Kakao- und Schokoladenindustrie

VDI 3895, Blatt 1, Ausgabe Dezember 1996: Emissionsminderung. Anlagen zum Garen und Wärmebehandeln von Lebensmitteln. Grundlagen – Übersicht. Fisch und Fleisch

VDI 3895, Blatt 2, Ausgabe Oktober 1997: Emissionsminderung. Anlagen zum Garen von Lebensmitteln. Herstellung von Kartoffelerzeugnissen

VDI 3940, Ausgabe Oktober 1993: Bestimmung der Geruchsstoffimmission durch Begehungen

VDI 3945, Blatt 3, Entwurf September 2000: Umweltmeteorologie. Atmosphärische Ausbreitungsmodelle. Partikelmodell

WINNACKER KÜCHLER, Chemische Technologie
Band 7: Kaffee, Tee, Kakao

9 Anhänge

9.1 Anhang A: Anleitung für die Umrechnung von relativen Häufigkeiten von Windrichtungsverteilungen mit unterschiedlichen Sektorengrößen sowie für die Berücksichtigung von Calmen

9.1.1 Änderung der Klassenbreite einer Häufigkeitsverteilung der Windrichtung

Relative Häufigkeitsverteilungen der Windrichtung werden mit unterschiedlicher Klassenbreite angegeben, weswegen die relativen Häufigkeiten von Windrichtungen nicht unmittelbar verglichen werden können. In der Praxis sind vor allem Verteilungen mit 45° , 30° , $22,5^\circ$, $11,25^\circ$ und 10° Sektorenbreite in Verwendung. Das entspricht 8, 12, 16, 32 und 36 Sektoren des Vollkreises.

Die vorliegende Anleitung soll die Umrechnung der relativen Häufigkeiten von Windrichtungsverteilungen mit unterschiedlichen Klassenbreiten erläutern. Weiters kann damit auch eine Zuordnung der auftretenden Calmen zu einzelnen Windrichtungen erfolgen.

Falls die Verteilung mit einer kleineren Klassenzahl (größerer Klassenbreite) vorliegt, als es für die Geruchsausbreitung erforderlich ist, kann die vorliegende Methode den Informationsgehalt jedoch nicht erhöhen. Das Verfahren stellt jedoch sicher, dass die berechnete Windrichtungsverteilung konsistent zur Ausgangsverteilung ist.

Im Abbildung 19 wird ausgehend von einer Windrichtungsverteilung mit 8 Klassen (45° Sektoren) eine Verteilung mit 12 Klassen (30° Sektoren) berechnet. Die Ausgangsverteilung wird mit dem Index 1 bezeichnet, die berechnete Verteilung mit dem Index 2.

In Tabelle 15 kann die Berechnung der Abbildung 19 nachvollzogen werden. Die Hilfsgrößen in Spalte (4) und (5) entsprechen der kumulierten Häufigkeit, doch muss aufgrund der Eigenschaft des Polarkoordinatensystems die Berechnung über den Nullpunkt des Koordinatensystems hinaus ($360^\circ / 0^\circ$)

vorgenommen werden. Dadurch ergeben sich Werte über 100 %. Für jene Richtungen, die in beiden Verteilungen D_1 und D_2 ($360^\circ / 0^\circ$, 90° , 180° und 270°) auftreten, werden die Werte der Spalte (4) direkt in Spalte (5) übertragen. Die übrigen Werte (in der Tabelle fett) werden durch lineare Interpolation der Werte P_1 der nächstliegenden Richtungen aus Spalte (4) nach folgender Gleichung bestimmt:

$$P_2 = P_{1,0} + \frac{P_{1,1} - P_{1,0}}{D_{1,1} - D_{1,0}} (D_2 - D_{1,0})$$

mit D_1 Windrichtung in Grad der Ausgangsverteilung; D_2 Windrichtung in Grad der berechneten Verteilung; p_1 relative Häufigkeit der Windrichtung der Ausgangsverteilung; P_1 kumulierte Häufigkeit der Windrichtung der Ausgangsverteilung als Hilfsgröße; P_2 kumulierte Häufigkeit der Windrichtung der berechneten Verteilung als Hilfsgröße. Der zweite Index bezieht sich auf die untere (0) bzw. die obere (1) Stützstelle der linearen Interpolation.

Ein Beispiel aus Tabelle 15: Für die Windrichtung $D_2 = 60^\circ$ (Spalte 2) ergeben sich folgende Werte für die Interpolation. Aus Spalte (1) $D_{1,0} = 45^\circ$ und $D_{1,1} = 90^\circ$ die kumulierten Häufigkeiten aus Spalte (4): $P_{1,0} = 9,4\%$ und $P_{1,1} = 35,2\%$. Daraus berechnet sich P_2 in Spalte (5) nach

$$P_2 = 9,4\% + \frac{35,2\% - 9,4\%}{90^\circ - 45^\circ} (60^\circ - 45^\circ)$$

$$P_2 = 18,0\%$$

Anschließend wird aus den Hilfswerten P_2 (kumulierte Häufigkeiten) durch Differenzbildung aus Spalte (5) die relative Häufigkeit der Windrichtung p_2 der berechneten Verteilung bestimmt. Dabei wird immer die Differenz des Wertes P_2 mit dem Wert der darüberliegenden Windrichtung gebildet.

Für das Beispiel ergibt sich dann die relative Häufigkeit für die Klassenmitte von $D_2 = 60^\circ$ und einer Klassenbreite von 30° aus der Differenz der kumulierten Häufigkeit für $D_2 = 60^\circ$ mit $P_2 = 18,0\%$ und der kumulierten Häufigkeit für $D_2 = 45^\circ$ mit $P_2 = 9,4\%$. Die relative Häufigkeit $p_2 = 10,9\%$.

Anstelle der linearen Interpolation können auch durch eine entsprechende graphische Darstellung die Zwischenwerte bestimmt werden (Abbildung 19). Der Nachteil des graphischen Verfahrens ist jedoch, dass die Summe aller relativen Häufigkeiten der Windrichtungsverteilung dann nicht zwangsläufig

100 % ergibt, wie es bei der Berechnung der Fall ist. Da die relativen Häufigkeiten aller Windrichtungsklassen in Summe 100 % ergeben muss, ist bei einer Abweichung davon eine Normalisierung vorzunehmen (siehe auch Tabelle 18, in der die Spalte (5) mit der Summe der Spalte (4) normalisiert wird).

Tabelle 15: Beispiel 1: Berechnung der Windrichtungsverteilung für 30° Sektoren aus einer Verteilung mit 45° Sektoren.

D₁ Windrichtung in Grad der Ausgangsverteilung (45° Sektoren); D₂ Windrichtung in Grad der berechneten Verteilung (30° Sektoren); p₁ relative Häufigkeit der Windrichtung in den 8 Sektoren der Ausgangsverteilung (45°); P₁ kumulierte Häufigkeit der Windrichtung in den 8 Sektoren der Ausgangsverteilung (45°) als Hilfsgröße; P₂ kumulierte Häufigkeit der Windrichtung in den 12 Sektoren der berechneten Verteilung (30°) als Hilfsgröße; p₂ relative Häufigkeit der Windrichtung in den 12 Sektoren der berechneten Verteilung (30°)

D ₁	D ₂	p ₁	P ₁	P ₂	p ₂
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
0	0	2,6	2,6		
	30			7,1	
45		6,8	9,4		
	60			18,0	10,9
90	90	25,9	35,2	35,2	17,2
	120			37,5	2,3
135		3,4	38,6		
	150			40,5	3,0
180	180	5,5	44,1	44,1	3,6
	210			54,5	10,4
225		15,6	59,7		
	240			71,1	16,6
270	270	34,1	93,8	93,8	22,7
	300			97,9	4,1
315		6,2	100,0		
	330			100,9	2,9
360 / 0	360 / 0	2,6	102,6	102,6	1,7
	360 / 30			107,1	4,5
405 / 45		6,8	109,4		

Abbildung 19: Graphische Darstellung der Ergebnisse der linearen Interpolation um aus der kumulierten Häufigkeit der Ausgangsverteilung P_1 die berechnete Verteilung P_2 zu erhalten.

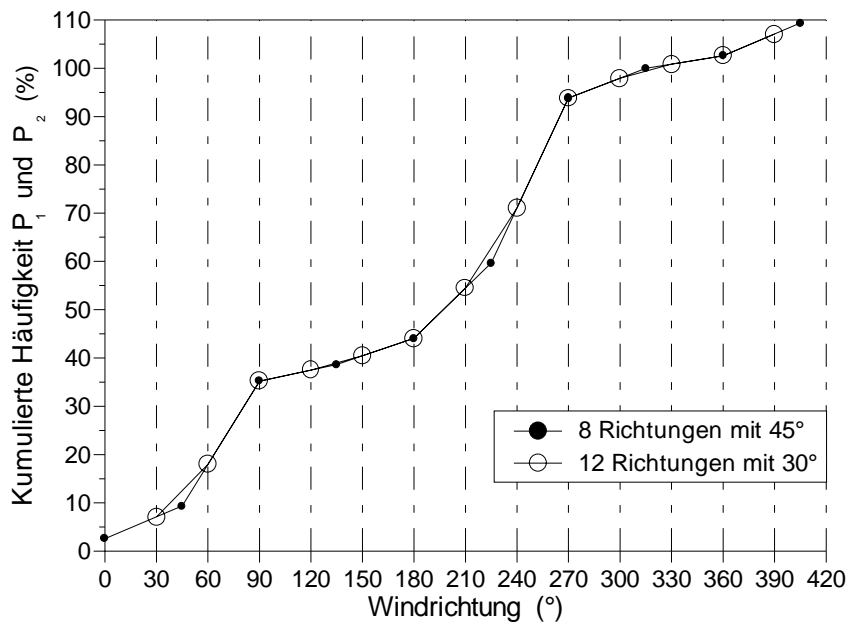
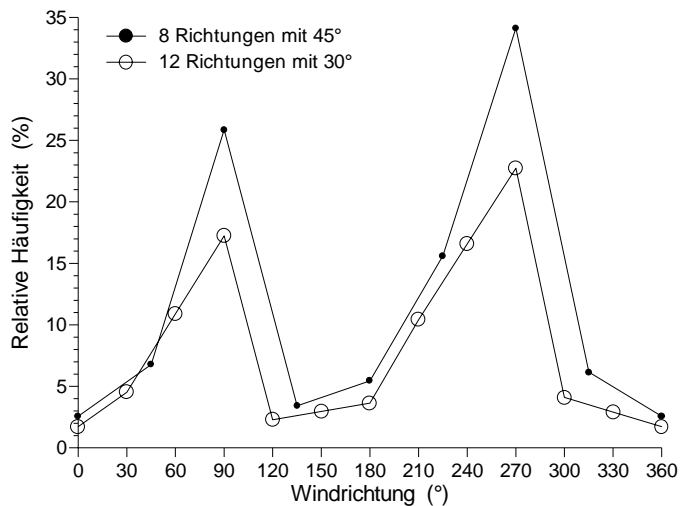


Abbildung 20: Vergleich der relativen Häufigkeit der Windrichtungsverteilung der Ausgangsverteilung mit 8 Sektoren (45 °) und der berechneten Verteilung mit 12 Sektoren (30 °)



Das Verfahren kann auch angewendet werden, um die relative Häufigkeit für einen einzelnen Sektor zu bestimmen. Das kann bei Maximalabschätzungen der Immission von Bedeutung sein, wenn z. B. die relative Häufigkeit für einen Sektor von 60° erforderlich ist.

Im Beispiel 2, Abbildung 20 (Tabelle 16) befindet sich eine Quelle von einem Aufpunkt gesehen in einer Richtung von 80°. Es ist die relative Häufigkeit der Windrichtung für einen 60° Sektor zu bestimmen. Das entspricht dann einer Windrichtung zwischen 50° und 110°. Die relative Häufigkeit ergibt sich als Differenz zwischen der kumulierten Häufigkeit P_2 in Spalte (5) der Windrichtung aus 50° und 110° mit 26,6 %.

Der Vorteil des Verfahrens besteht auch darin, dass die Grenzen des zu berechnenden Sektors (in dem Beispiel zwischen 50° und 110°) nicht mit den Grenzen der Ausgangsverteilung D_1 übereinstimmen müssen.

Die Bestimmung der relativen Häufigkeit des 60° Sektors kann auch anhand der Abbildung 20 in graphischer Form erfolgen.

Tabelle 16: Beispiel 2: Berechnung der relativen Häufigkeit für einen 60° Sektor (zw. 50° und 110°) aus einer Verteilung mit 45° Sektoren.

D_1 Windrichtung in Grad der Ausgangsverteilung (45°); D_2 Windrichtung in Grad des berechneten 60° Sektors; p_1 relative Häufigkeit der Windrichtung in den Sektoren der Ausgangsverteilung (45°); P_1 Kumulierte Häufigkeit der Windrichtung in den Sektoren der Ausgangsverteilung (45°) als Hilfsgröße; P_2 Kumulierte Häufigkeit der Windrichtung für den 60° Sektor als Hilfsgröße (die linear interpolierten Werte sind fett dargestellt); p_2 relative Häufigkeit des 60° Sektors

D_1	D_2	p_1	P_1	P_2	p_2
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
0	0	2,6	2,6		
45		6,8	9,4		
	50			10,1	
90	90	25,9	35,2	35,2	
	110			36,7	26,6
135		3,4	38,6		

9.1.2 Zuordnung der Calmen zu den einzelnen Windrichtungen

Die Calmen sind für die Geruchsausbreitung von großer Bedeutung, da in diesen Fällen zumeist lokale Windsysteme eine dominierende Rolle spielen. Dazu zählt vor allem das Berg-Tal-Windsystem. Aus diesem Grund sollten die Calmen den Windrichtungen entsprechend der Orographie zugeordnet werden. Die vorgeschlagene prozentuelle Aufteilung der Calmenhäufigkeit

basiert auf den Grundlagenarbeiten zur „Vorläufigen Richtlinie zur Beurteilung von Immissionen aus der Nutztierhaltung in Stallungen“ (1995).

Tabelle 17: Zuordnung der Calmen zu den einzelnen Windrichtungsklassen entsprechend der geländeklimatologischen Bewertung		
	Lage der Geruchsquelle	Zuordnung (%)
A	gut durchlüftete, auch windexponierte Standorte wie Ebenen, Rücken- und Kuppenlagen (besonders im östlichen Flachland und im nördlichen Alpenvorland) sowie alle Standorte, die nicht als Hang- oder Talstandort gemäß B oder C einzuordnen sind.	-
B	Hangstandorte (Objekt am Hang) Neigung des Hanges größer als 5°, Höhendifferenz zur Talsohle größer als 50 m - Hangabwind - Hangaufwind (entgegengesetzte Richtung zum Hangabwind) - Talauswind (Wind dem Gewässerlauf in Fließrichtung folgend) - Taleinwind (entgegengesetzte Richtung zum Talauswind)	50 17 25 8
C	Talstandorte (Objekt am Talboden) C1 Breite Sohlentäler (Talsohlenbreite größer als 500 m) und Talsohlen inneralpiner Becken (z. B. Klagenfurter Becken): - Hangabwind - Hangaufwind (entgegengesetzte Richtung zum Hangabwind) - Talauswind (Wind dem Gewässerlauf in Fließrichtung folgend) - Taleinwind (entgegengesetzte Richtung zum Talauswind) C2 Enge Sohlentäler (Talsohlenbreite kleiner als 500 m) mit Talflanken steiler als 10° und relativen Höhenunterschieden größer als 100 m, ferner Standorte in Muldentälern (speziell im südöstlichen Alpenvorland): - Hangabwind - Hangaufwind (entgegengesetzte Richtung zum Hangabwind) - Talauswind (Wind dem Gewässerlauf in Fließrichtung folgend) - Taleinwind (entgegengesetzte Richtung zum Talauswind)	25 8 50 17 23 8 54 15

Entsprechend der geländeklimatologisch unterschiedlichen Standorte der Geruchsquelle in Tabelle 17, werden in den vier Kardinalrichtungen des lokalen Windsystems unterschiedliche Zuordnungen getroffen. Nach der Zuordnung der Calmen muss die relative Häufigkeit der Windrichtungsverteilung normiert werden, damit die Summe aller relativen Häufigkeiten der Windrichtungen 100 % ergibt (Abbildung 21).

In jenen Fällen, in denen die Orographie ohne Bedeutung ist (Kategorie A in Tabelle 17), wird die Calmenhäufigkeit entsprechend der Windrichtungshäufigkeit zugeordnet (siehe Beispiel A in Abschnitt 7.3).

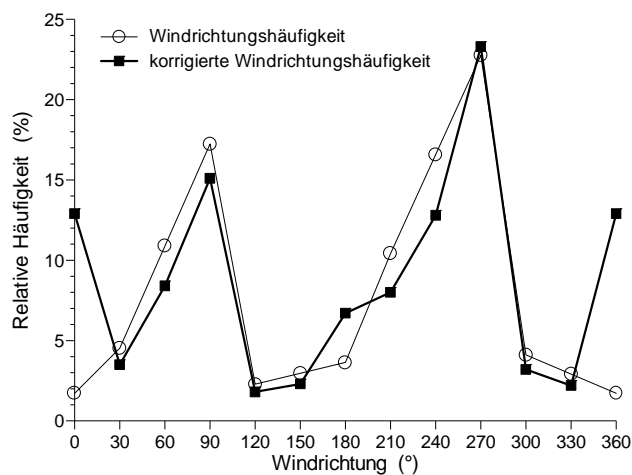
Tabelle 18: Beispiel 3: Zuordnung der Calmen zu den einzelnen Windrichtungsklassen für eine Hanglage der Quelle (Tabelle 17; Kategorie B).

D Windrichtung in Grad der Windrichtungsverteilung; p_1 relative Häufigkeit der Windrichtung in Prozent; prozentuelle Zuordnung entsprechend Tabelle 17; p_c relative Häufigkeit der Calmen (Produkt der Calmenhäufigkeit (30 % entspricht 0,30) mit der prozentuellen Zuordnung aus Spalte (3)); $p_1 + p_c$ Summe der Spalten (2) und (4); p_2 korrigierte relative Häufigkeit der Windrichtungsverteilung in Prozent (normiert mit der Summe aus Spalte (5))

D	p_1	Zuordnung	p_c	$p_1 + p_c$	p_2
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
0	1,7	50,0	15,0	16,7	12,9
30	4,5			4,5	3,5
60	10,9			10,9	8,4
90	17,2	8,0	2,4	19,6	15,1
120	2,3			2,3	1,8
150	3,0			3,0	2,3
180	3,6	17,0	5,1	8,7	6,7
210	10,4			10,4	8,0
240	16,6			16,6	12,8
270	22,7	25,0	7,5	30,2	23,3
300	4,1			4,1	3,2
330	2,9			2,9	2,2
Summe	100,0		30,0	130,0	100,0

Am Beispiel 3 (Tabelle 18) soll die Berechnung erläutert werden. Dazu wird die berechnete relative Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen aus Tabelle 15 herangezogen unter der Annahme einer 30 %-igen Calmenhäufigkeit. Die Lage der Quelle wird entsprechend Tabelle 17 der Kategorie B zugeordnet (Quelle liegt auf einem Hang), wobei das lokale Windsystem durch folgende Richtungen (Windherkunftsrichtung) gekennzeichnet wird: Hangaufwind 180°, Hangabwind 0°, Taleinwind 90°, Talauswind 270°.

Abbildung 21: Vergleich der relativen Häufigkeit der ursprünglichen Windrichtungsverteilung mit der Windrichtungshäufigkeit nach Zuordnung der Calmen. Dabei wird die Calmenhäufigkeit entsprechend dem Einfluss des lokalen Windsystems für einen Hangstandort zugeordnet (Tabelle 17; Kategorie B).



Liegt die Geruchsquelle in einer Ebene (Tabelle 17, Kategorie A), so wird angenommen, dass sich die Calmen entsprechend der vorliegenden Windrichtungsverteilung aufteilen (siehe Beispiel A in Abschnitt 7.3).

In vielen Fällen liegt für den zu beurteilenden Ort keine Windrichtungsverteilung vor. Die Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik erstellt durch entsprechende Modelle und Interpolationsverfahren auch für solche Orte eine Windstatistik. Falls sich ein Ort, für den eine solche Windverteilung berechnet wird, in einem stark orographisch gegliederten Gelände befindet, muss eine Plausibilitätsprüfung erfolgen. Dabei ist zu überprüfen, ob die Hauptwindrichtungen in ausreichender Weise an die Orographie angepasst wurden. Das ist besonders in engen Tallagen von Bedeutung. Falls eine Anpassung erfolgen muss, so kann das auch mit der vorgeschlagenen Methode erfolgen. Dabei ist die Windrichtung an die Orographie anzupassen, d.h., dass durch Rotation die Windrose an die Hauptwindrichtung der Orographie angepasst wird. Das ist besonders bei jenen Tallagen von Bedeutung, bei denen eine deutliche Kanalisierung zu erwarten ist.

9.2 Anhang B: Bestimmung der effektiven Quellhöhe nach ÖNORM M 9440

Tabelle 19: Formelzeichen		
Zeichen	Einheit	Bezeichnung
D	m	Schornsteindurchmesser (lichte Weite) an der Mündung
H _e	m	effektive Quellhöhe
H	m	Schornsteinhöhe
ΔH	m	Schornsteinüberhöhung
M	kJ/s	Rechengröße zur Bestimmung des Abgasauftriebes
s	s ⁻²	Stabilitätsparameter
T	°C	Temperatur des Abgases an der Schornsteinmündung
T _L	°C	Temperatur der Außenluft
u _H	m/s	Windgeschwindigkeit in Schornsteinhöhe
v	m/s	Austrittsgeschwindigkeit des Abgases an der Schornsteinmündung

Die effektive Quellhöhe H_e setzt sich zusammen aus der Schornsteinhöhe und der Schornsteinüberhöhung:

$$H_e = H + \Delta H$$

Zur Bestimmung der Schornsteinüberhöhung sind nachstehende empirische Formeln nach CARSON-MOSES (1969) und BRIGGS (1974) zu verwenden; hierbei ist die Wirkung des zusätzlichen Wasserdampfgehaltes bei Nassreinigungsverfahren, z. B. bei Abgaswäschern, nicht berücksichtigt.

Für warme Quellen (Abgase mit Temperaturen über +50 °C) wird die Überhöhung als der kleinere der beiden Werte ΔH₁ und ΔH₂ festgelegt:

$$\Delta H_1 = 2,6 \frac{\sqrt{M}}{u_H} \quad \text{in m}$$

$$\Delta H_2 = 0,6 \sqrt[3]{\frac{M}{u_H \cdot s}} \quad \text{in m}$$

wobei gilt:

$$M = 36 \cdot 10^{-5} \cdot V \cdot (T - T_L) \quad \text{in kJ/s}$$

In der Regel ist für T_L = 15 °C einzusetzen.

Der Stabilitätsparameter ist der nachstehenden Tabelle zu entnehmen:

Tabelle 20: Stabilitätsparameter s						
Ausbreitungs- klasse	2 labil	3 leicht labil	4 neutral	5 leicht stabil	6 mäßig stabil	7 stark sta- bil
s in s ⁻²	5 · 10 ⁻⁴	5 · 10 ⁻⁴	1 · 10 ⁻³	2 · 10 ⁻³	2 · 10 ⁻³	2 · 10 ⁻³

Für kalte Quellen (Abgase mit Temperaturen unter +30 °C) gilt:

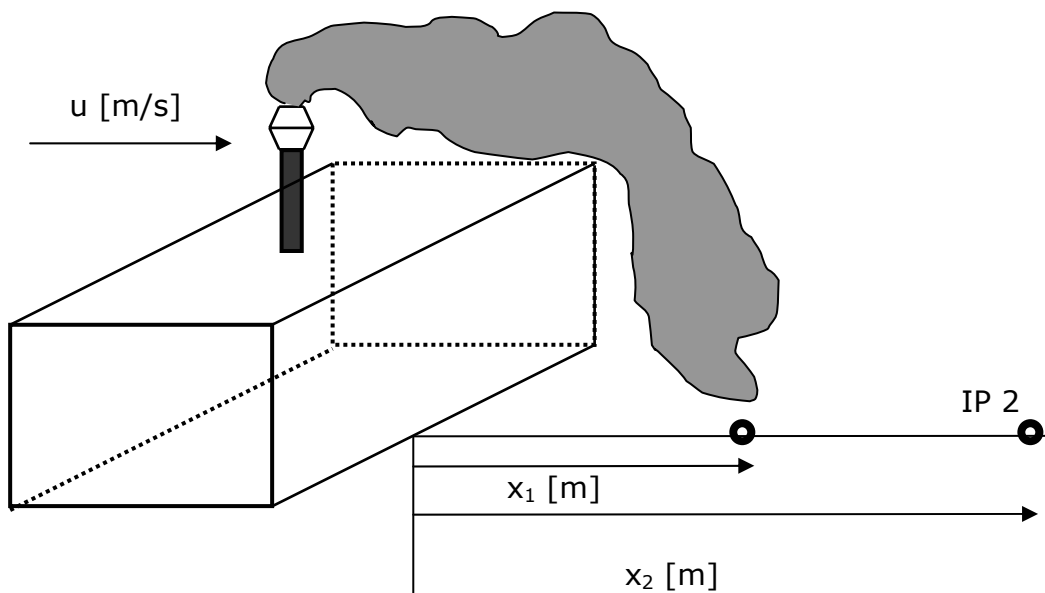
$$\Delta H = D * (v/u_H)^{1,4} \quad \text{in m}$$

wobei die Austrittsgeschwindigkeit v mindestens 6 m/s betragen muss.

Für Quellen mit Abgasen, deren Temperaturen zwischen +30 °C und +50 °C liegen, ist derzeit kein einheitliches Berechnungsverfahren verfügbar. Dasselbe gilt für Abgasfahnen nach Nass-Reinigungsverfahren, bei denen die angegebenen Formeln zu einer zu geringen Schornsteinüberhöhung führen.

Sind die für die Berechnung der Schornsteinüberhöhung erforderlichen Austrittsbedingungen (Emissionsdaten) im Einzelnen nicht bekannt, so gilt die Schornsteinhöhe als effektive Quellhöhe.

9.3 Anhang C: Fallbeispiel zum Kapitel 7.4



Ausgangsdaten für die Berechnungen:

Angeströmte Gebäudebreite (h_A):	15 m
Angeströmte Gebäudehöhe (h_B):	4 m
Quellhöhe (h_e):	7 m
x_1 :	8 m
x_2 :	30 m
mittlere Windgeschwindigkeit (u):	1 m/s
C_e :	300 GE/m ³
Volumenstrom (V)	3600 m ³ /h
Quellstärke (Q) = $\frac{V * C_e}{3600}$	300 GE/s
Ausbreitungsklasse	2

Vorgangsweise:

1. Erhebung der für die Ausbreitung der Geruchsstoffe relevanten Windhäufigkeiten:

Für dieses Beispiel wird angenommen, dass die Windverteilung für den Standort unter Berücksichtigung eines 60°-Sektors für die Anströmung der Wohnnachbarschaft unter Beachtung der Calmenzuordnung nach Punkt 9.1.2 einen hohen Zeitanteil ergibt, in dem geruchsbelastete Luft in Richtung Nachbarschaft transportiert wird (zur Berechnung siehe Abschnitt 7.3). *Von einer eingehenderen Betrachtung kann daher nicht Abstand genommen werden.*

2. Vereinfachtes Berechnungsverfahren nach 7.4.4:

$$K = \frac{CuL^2}{Q}$$

Bestimmung von L nach Kapitel 7.4.3. $L = \min(h_A, h_B) = 4 \text{ m}$

Kavitationsbereich: $2,5 * L = 10 \text{ m}$

Bestimmung von K nach Kapitel 7.4.4:

Für IP 1: $\frac{x_1}{L} = \frac{8}{4} = 2$

$$K_{IP1} = 3$$

Berechnung der mittleren Konzentration: $C = \frac{KQ}{uL^2} = \frac{3 * 300}{1 * 16} \approx 56 \text{ GE/m}^3$

Für die **Geruchsstunden-Bewertung (Mittelungszeit 6 Minuten)**; siehe Kapitel 7.4.2) ist ein Korrekturfaktor im Kavitationsbereich von 15 anzusetzen:

$$C_{(6 \text{ Min.})} = 56 \cdot 15 = \mathbf{840 \text{ GE/m}^3}$$

$$C_{\text{Geruchsstunde}} = \min(C_{(6 \text{ Min.})}, C_e) = \min(840, 300) = \mathbf{300 \text{ GE/m}^3}$$

Maximale Spitze (entspricht 5 Sekunden = 1 Atemzug) nach Kapitel 7.4.2:

$$F_{P/M} = \psi_{(0)} - (\psi_{(0)} - F_{P/M \max}) * (e^{(\ln 2 * x^3 * 10^{-6})} - 1)$$

$$F_{P/M} = 45,4 - (45,4 - 10) * (e^{0,693 * 8^3 * 10^{-6}} - 1) = 45,39$$

$$C_p = \min(C * F_{P/M}, C_e) = \min(2542, 300) = \mathbf{300 \text{ GE/m}^3}$$

Für IP 2: $\frac{x_2}{L} = \frac{30}{4} = 7,5$

$$K_{IP2} = 0,33$$

Berechnung der mittleren Konzentration: $C = \frac{KQ}{uL^2} = \frac{0,33 * 300}{1 * 16} \approx 6 \text{ GE/m}^3$

Für die **Geruchsstunden-Bewertung (Mittelungszeit 6 Minuten)**; siehe Kapitel 7.4.2) ist ein Korrekturfaktor außerhalb des Kavitationsbereiches von 10 anzusetzen:

$$C_{(6 \text{ Min.})} = 6 * 10 = \mathbf{60 \text{ GE/m}^3}$$

$$C_{\text{Geruchsstunde}} = \min(C_{(6 \text{ Min.})}, C_e) = \min(60, 300) = \mathbf{60 \text{ GE/m}^3}$$

Maximale Spitze (entspricht 5 Sekunden = 1 Atemzug) nach Kapitel 7.4.2:

$$F_{P/M} = \psi_{(0)} - (\psi_{(0)} - F_{P/M \max}) * (e^{(\ln 2 * x^3 * 10^{-6})} - 1)$$

$$F_{P/M} = 45,4 - (45,4 - 10) * (e^{0,693 * 30^3 * 10^{-6}} - 1) = 44,73$$

$$C_p = \min(C * F_{p/M}, C_e) = \min(268, 300) = \mathbf{268 \text{ GE/m}^3}$$

Daraus ist abzuleiten, dass nach dem vereinfachten Berechnungsverfahren an beiden Aufpunkten IP1 und IP2 bei Wind von der Quelle zu den Aufpunkten durchwegs mit Geruchswahrnehmungen zu rechnen ist; es ist auch das Geruchsstundenkriterium an beiden Aufpunkten erfüllt. Für eine weitergehende Betrachtung (Berücksichtigung der Quellhöhe) ist somit in weiterer Folge das erweiterte Berechnungsverfahren anzuwenden.

3. Erweitertes Berechnungsverfahren nach 7.4.5:

$$K_0 = \frac{A_G}{\pi \sigma_y \sigma_z + c A_G}$$

$$K_{2,5} = K_0 \cdot \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{6,25}{\frac{\sigma_z^2}{A_G} + \frac{1}{\pi}} \right) \right]$$

Anmerkung: $\exp(x) = e^x$

$$K = K_{2,5} \left(\frac{K_{2,5}}{K_0} \right)^{\left[\left(\frac{h_e/h_B}{2,5} \right)^2 - 1 \right]}$$

Tabelle 21: Konstanten zur Bestimmung der Streuparameter nach Ö-NORM M 9440

Ausbreitungsklasse	Beschreibung der Schichtung	β	B	α	A
2	labil	0,900	1,270	1,456	0,086

$$\sigma_y = B\tau^\beta$$

und

$$\sigma_z = A\tau^\alpha$$

$$\tau = \frac{x}{u}$$

$$K = \frac{CuL^2}{Q}$$

Berechnung von K_0 :

$$K_0 = \frac{A_G}{\pi\sigma_y\sigma_z + cA_G}$$

mit $c = 1,0$

$$A_G = L^2 = 4^2 = 16$$

$$\sigma_y = B \tau^\beta = 1,270 \left(\frac{x}{u} \right)^{0,900}$$

Für IP 1 ($x_1 = 8$ m): $\sigma_y = 1,270 (8 / 1)^{0,900} = 8,252$

Für IP 2 ($x_2 = 30$ m): $\sigma_y = 1,270 (30 / 1)^{0,900} = 27,115$

$$\sigma_z = A \tau^\alpha = 0,086 \left(\frac{x}{u} \right)^{1,456}$$

Für IP 1 ($x_1 = 8$ m): $\sigma_z = 0,086 (8 / 1)^{1,456} = 1,776$

Für IP 2 ($x_2 = 30$ m): $\sigma_z = 0,086 (30 / 1)^{1,456} = 12,167$

Für IP 1: $K_0 = 16 / (\pi * 8,252 * 1,776 + 1,0 * 16) = 0,258$

Für IP 2: $K_0 = 16 / (\pi * 27,115 * 12,167 + 1,0 * 16) = 0,015$

Berechnung von $K_{2,5}$:

$$K_{2,5} = K_0 \cdot \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{6,25}{\frac{\sigma_z^2}{A_G} + \frac{1}{\pi}} \right) \right]$$

Für IP 1: $K_{2,5} = 0,258 * e^{(-1/2 * (6,25 / (1,776^2 / 16 + 1 / \pi)))} = 0,258 * e^{-6,0627} = 0,0006006$

$$K_{2,5} / K_0 = 0,0023279$$

Für IP 2: $K_{2,5} = 0,015 * e^{(-1/2 * (6,25 / (12,167^2 / 16 + 1 / \pi)))} = 0,010821$

$$K_{2,5} / K_0 = 0,721428$$

Berechnung von K:

$$K = K_{2,5} \left(\frac{K_{2,5}}{K_0} \right)^{\left[\left(\frac{h_e / h_B}{2,5} \right)^2 - 1 \right]}$$

$$h_e / h_B = 7 \text{ m} / 4 \text{ m} = 1,75$$

$$\text{Für IP 1:} \quad K = 0,0006006 * (0,0006006 / 0,258)^{((1,75 / 2,5)^2 - 1)}$$

$$K = 0,0132261$$

$$\text{Für IP 2:} \quad K = 0,010821 * (0,010821 / 0,015)^{((1,75 / 2,5)^2 - 1)}$$

$$K = 0,012782$$

Berechnung von C:

$$K = \frac{CuL^2}{Q}$$

$$C = (K Q) / (u L^2)$$

$$\text{mit } Q = 300 \text{ GE/s; } u = 1 \text{ m/s; } L = 4 \text{ m}$$

$$\text{Für IP 1:} \quad C = (0,0132261 * 300) / (1 * 4^2) = 0,248 \text{ GE/m}^3$$

$$\text{Für IP 2:} \quad C = (0,012782 * 300) / (1 * 4^2) = 0,240 \text{ GE/m}^3$$

Geruchsstundenbewertung:

Für die Geruchsstunden-Bewertung (Mittelungszeit 6 Minuten; siehe Kapitel 7.4.2) ist ein Korrekturfaktor im Kavitationsbereich von 15 (für IP 1) bzw. außerhalb des Kavitationsbereiches von 10 (für IP 2) anzusetzen:

Für IP 1:

$$C_{(6 \text{ Min.})} = 0,248 * 15 = 3,72 \text{ GE/m}^3 \approx \mathbf{4 \text{ GE/m}^3}$$

$$C_{\text{Geruchsstunde}} = \min(C_{(6 \text{ Min.})}, C_e) = \min(4, 300) = \mathbf{4 \text{ GE/m}^3}$$

Für IP 2:

$$C_{(6 \text{ Min.})} = 0,240 * 10 = 2,40 \text{ GE/m}^3 \approx \mathbf{2 \text{ GE/m}^3}$$

$$C_{\text{Geruchsstunde}} = \min(C_{(6 \text{ Min.})}, C_e) = \min(2, 300) = \mathbf{2 \text{ GE/m}^3}$$

Maximale Spitze (entspricht 5 Sekunden = 1 Atemzug) nach Kapitel 7.4.2:

Korrekturfaktor $F_{P/M}$:

$$F_{P/M} = \psi(0) - (\psi(0) - F_{P/M, \max}) ((e^{\ln(2) x^3 / 100^3}) - 1)$$

mit $F_{P/M, \max} = 10$ (TA-Luft); $\psi(0) = 45,40$ (Stabilitätsklasse 2)

Für IP 1: $F_{P/M} = 45,40 - (45,40 - 10) ((e^{\ln(2) 8^3 / 100^3}) - 1) = 45,39$

Für IP 2: $F_{P/M} = 45,40 - (45,40 - 10) ((e^{\ln(2) 30^3 / 100^3}) - 1) = 44,73$

Berechnung von C_p :

$$\text{mit } C_p = \min(C * F_{P/M}, C_e); C_e = 300 \text{ GE/m}^3$$

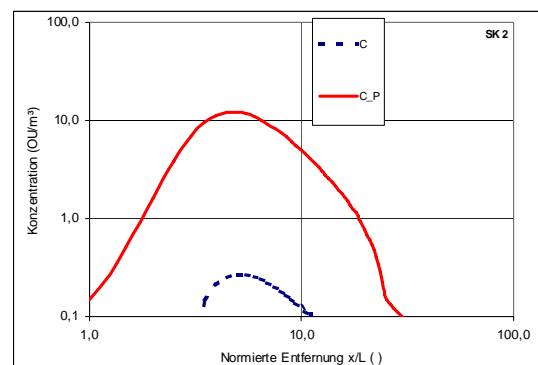
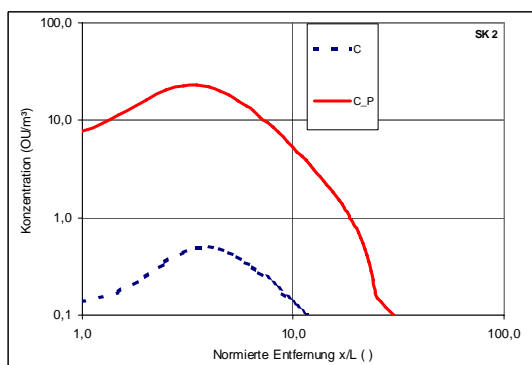
Für IP 1: $C_p = 0,248 * 45,39 = 11,26 \text{ GE/m}^3$

Für IP 2: $C_p = 0,240 * 44,73 = 10,74 \text{ GE/m}^3$

Daraus ist abzuleiten, dass an beiden Aufpunkten IP1 und IP2 bei Wind von der Quelle zu den Aufpunkten und bei Stabilitätsklasse 2 durchwegs mit Geruchswahrnehmungen zu rechnen ist. Eine Erhöhung des Fanges von 7 m auf 10 m (dies entspricht der Grenze des Modellanwendungsbereiches von $h_e/h_B = 2,5$) würde nur im unmittelbaren Nahbereich (IP 1), nicht jedoch am Aufpunkt IP 2 eine essentielle Absenkung der Immissionskonzentration bewirken.

Abbildung 22: Fanghöhe 7 m

Abbildung 23: Fanghöhe 10 m



Für eine eingehendere Beurteilung des Ausmaßes einer möglichen Geruchsbelästigung wird daher eine genauere Betrachtung der meteorologischen Randbedingungen (Ausbreitungsklassenstatistik, Windverteilung) bzw. die Anwendung eines komplexen Ausbreitungsmodells erforderlich sein.