

TG Gerüche

Technische Grundlage für die Beurteilung und Minderung von Gerüchen
in der Lebensmittelverarbeitung

Impressum

Bundesministerium für Digitalisierung und Wirtschaftsstandort
Stubenring 1, 1010 Wien
Wien, 2020. Stand: 6. März 2020

Copyright und Haftung:

Auszugsweiser Abdruck ist nur mit Quellenangabe gestattet, alle sonstigen Rechte sind ohne schriftliche Zustimmung des Medieninhabers unzulässig.

Es wird darauf verwiesen, dass alle Angaben in dieser Publikation trotz sorgfältiger Bearbeitung ohne Gewähr erfolgen und eine Haftung des Bundeskanzleramtes und der Autorin/des Autors ausgeschlossen ist. Rechtausführungen stellen die unverbindliche Meinung der Autorin/des Autors dar und können der Rechtssprechung der unabhängigen Gerichte keinesfalls vorgeifen.

Rückmeldungen: Ihre Überlegungen zu vorliegender Publikation übermitteln Sie bitte an betriebsanlagentechnik@bmdw.gv.at.

Inhalt

Vorwort	1
1 Einleitung.....	2
2 Begriffsbestimmungen.....	3
3 Grundlegendes zu Gerüchen	6
3.1 Geruchsstoffe, Geruchsqualitäten	6
3.2 Geruchsschwellen.....	6
3.3 Geruchsbelästigung	7
3.4 Geruchswahrnehmungen	8
3.5 Emissionsmesstechnik	9
3.5.1 Messung organischer Kohlenstoffverbindungen	9
3.5.2 Olfaktometrie	9
3.5.3 Elektronische Nasen	10
3.6 Immissionsbetrachtung	10
3.6.1 Geruchsmodellierung	11
3.6.2 Geruchsbegehungen.....	12
3.7 Geruchsbeurteilung.....	13
4 Minderungsmaßnahmen	15
4.1 Primärmaßnahmen.....	15
4.2 Ableitung von Abluft und Abgasen.....	15
4.3 Sekundärmaßnahmen	16
4.3.1 Physikalische Minderungsmaßnahmen.....	18
4.3.2 Chemische Minderungsmaßnahmen	28
4.3.3 Biologische Minderungsmaßnahmen.....	34
5 Verfahrensübersicht	39
5.1 Bäckereien und Backshops	39
5.1.1 Emissionsrelevante Verfahrensschritte	39
5.1.2 Emissionen.....	39

5.1.3 Emissionsminderungsmaßnahmen	40
5.1.4 Emissionsbegrenzung	40
5.2 Räuchern von Fleisch und Fisch (Selchen).....	40
5.2.1 Allgemeines	40
5.2.2 Räucheranlagen	41
5.2.3 Räucherverfahren	42
5.2.4 Raucherzeugung	45
5.2.5 Emissionen.....	46
5.2.6 Emissionsminderungsmaßnahmen	46
5.2.7 Emissionsbegrenzung	47
5.3 Gaststätten und Großküchen	48
5.3.1 Emissionsrelevante Verfahrensschritte.....	48
5.3.2 Emissionen.....	50
5.3.3 Emissionsminderungsmaßnahmen	54
5.4 Kartoffelverwertung	58
5.4.1 Emissionsrelevante Verfahrensschritte.....	58
5.4.2 Emissionsminderungsmaßnahmen	59
5.4.3 Emissionsbegrenzung	59
5.5 Kleinbrauereien und Kleinbrennereien	59
5.5.1 Kleinbrauereien	59
5.5.2 Kleinbrennereien	61
5.5.3 Emissionsrelevante Verfahrensschritte.....	62
5.5.4 Emissionsminderungsmaßnahmen	63
5.5.5 Emissionsbegrenzung	63
5.6 Knochen-, Blut- und Fettverwertung.....	64
5.6.1 Emissionsrelevante Verfahrensschritte.....	64
5.6.2 Emissionen.....	64
5.6.3 Emissionsminderungsmaßnahmen	65
5.6.4 Emissionsbegrenzung	65
5.7 Kaffeeröstereien.....	66

5.7.1 Emissionsrelevante Verfahrensschritte.....	66
5.7.2 Emissionen.....	68
5.7.3 Emissionsminderungsmaßnahmen	69
5.7.4 Emissionsbegrenzung	70
5.8 Kakao- und Schokoladenindustrie	70
5.8.1 Emissionsrelevante Verfahrensschritte.....	72
5.8.2 Emissionsminderungsmaßnahmen	74
5.8.3 Emissionsbegrenzung	74
5.9 Käseproduktion	74
5.9.1 Emissionsrelevante Verfahrensschritte.....	75
5.9.2 Emissionsminderungsmaßnahmen	75
Anforderungen an Einreichunterlagen	76
Tabellenverzeichnis.....	77
Abbildungsverzeichnis.....	78
Literaturverzeichnis.....	79

Vorwort

Die erste Technische Grundlage zum gestellten Thema wurde im Jahr 2004 fertiggestellt und seither nur geringfügig adaptiert. Bei der 48. Tagung der Technischen Amtssachverständigen im gewerbebehördlichen Genehmigungsverfahren (BMWFV, 2017) wurde beschlossen, die Technische Grundlage Gerüche komplett zu überarbeiten und an den neuesten Stand der Technik anzupassen. Sie wurde bei der 50. Tagung 2019 verabschiedet.

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 jedem 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/der 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. Erhebliche Belästigungen der Nachbarschaft können die Folge sein. Die besonderen Schwierigkeiten der Behandlung solcher Stoffflüsse 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 Bestimmung der Geruchsemissionen und Möglichkeiten zur Emissionsreduktion bei den häufigsten Betriebsparten der Nahrungsmittelbranche bieten. 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 ansprechendere 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.

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.

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 Geruchsschwelle bzw. Kollektivschwelle entspricht der Wahrnehmungsschwelle, die für ein Panel (Gruppe von Prüfern) gilt. Sie ist jene Geruchsstoffkonzentration, die unter Prüfbedingungen bei 50 % der Versuchspersonen gerade eine Geruchsempfindung auslöst.

GERUCHSSTOFFIMMISSION: Die Geruchsstoffimmissionen sind Einwirkungen von Geruchsstoffen auf den Menschen. Bei Konzentrationen von Geruchsstoffen oberhalb der Geruchsschwelle, können sie durch die Häufigkeit, Dauer, Qualität, Intensität und hedonische Wirkung beschrieben werden.

GERUCHSSTUNDE: Werden während des Messzeitintervalls in mindestens 10 % der Zeit (Geruchszeitanteil) Geruchsmissionen der vorbezeichneten Art erkannt, ist dieses Messzeitintervall als Geruchsstunde zu zählen.

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.

HEDONIK: Einordnung der Geruchsqualität zwischen den Extremen angenehm und unangenehm.

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

3 Grundlegendes zu Gerüchen

3.1 Geruchsstoffe, Geruchsqualitäten

Gerüche werden durch in der Luft enthaltene Geruchsstoffe ausgelöst, die je nach Quelle, oft als komplexes Gemisch verschiedener Einzelstoffe in sehr geringen Konzentrationen vorliegen. Die Geruchswahrnehmung ist ein äußerst komplexer Vorgang. Riechschwellen 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 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, Geruchsklassen und Geruchskomponenten ebenso wie beim Geschmack mancher Substanzen aus.

3.2 Geruchsschwellen

Ein wesentliches Kriterium bei der Beurteilung von Geruch ist die Überschreitung der Geruchsschwelle, auch Kollektivschwelle genannt. Gemäß DIN EN 13725 (2003) gelten nachfolgende Definitionen:

- Die Geruchsschwelle bzw. Kollektivschwelle entspricht der Wahrnehmungsschwelle, die für ein Panel (Gruppe von Prüfern) gilt. Sie ist jene Geruchsstoffkonzentration, die unter Prüfbedingungen bei 50 % der Versuchspersonen gerade eine Geruchsempfindung auslöst.
- Die Geruchsstoffkonzentration (GE/m^3) ist die Anzahl der Geruchseinheiten (GE) in einem Kubikmeter Gas. Eine Geruchseinheit ist jene Menge eines Geruchsstoffs, die in einem Kubikmeter geruchsbehaftetem Gas genau an der Geruchsschwelle vorhanden ist (die Geruchsstoffkonzentration an der Geruchsschwelle ist daher definitionsgemäß $1 \text{ GE}/\text{m}^3$). Liegt ein Wert über $1 \text{ GE}/\text{m}^3$, dann kann er als Geruch wahrgenommen werden.

3.3 Geruchsbelästigung

Geruchsempfindungen sind subjektiv. Die Geruchsbelästigung hängt stark vom "sozial Erlernten" ab.

Substanzen wirken stärker belästigend, deren Ursache man nicht kennt bzw. die man als - z.B. aus einer chemischen Fabrik - entwichenen Gefahrenstoff 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 Geruchsbelästigung 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 Geruchsbelästigung zu einer "psychohygienisch" wertvollen Regulation; werden die Beschwerden ernstgenommen, bessert sich das subjektive Empfinden meistens sehr rasch.

Ein möglicher Umgang mit Geruchsbeschwerden wird beispielsweise in der Richtlinie VDI 3883 Blatt 3 geregelt.

3.4 Geruchswahrnehmungen

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, 1997]. Da der Vorgang reversibel ist, ist dieses Adaptionsphänomen für die Immissionssituation 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 [EN 13725, 2006].

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:

$$L - L_0 = k \cdot \log (r/r_0)$$

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 in dB_{od} wie folgt dargestellt werden:

$$\text{dB}_{\text{od}} = 10 \cdot \log (c/c_0)$$

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 die doppelte oder halbe Geruchsstoffkonzentration.

3.5 Emissionsmesstechnik

3.5.1 Messung organischer Kohlenstoffverbindungen

Geruchsintensive Stoffe bei der Nahrungs- und Genussmittelherstellung liegen vorwiegend als gas- und dampfförmige flüchtige organische Verbindungen vor. Diese stellen einen wichtigen Summenparameter dar, der entsprechend dem englischen Fachausdruck Volatile Organic Compounds als VOC, manchmal auch als TVOC (total volatile organic compounds) bezeichnet wird. Emissionskonzentrationen werden mittels Flammenionisationsdetektor FID (EN 12619: 2013 sowie VDI 3481, Blatt 3, 1995) bestimmt und als organischer Gesamtkohlenstoff TOC (total organic carbon) angegeben. Allerdings können diese Ergebnisse nicht zur Ermittlung von Geruchskonzentrationen herangezogen werden, da der Bezug zwischen Konzentrationen eines Gemisches von Einzelkomponenten zur Geruchsempfindung nicht möglich und auch nicht sinnvoll ist (VDI 3788, Blatt 1).

3.5.2 Olfaktometrie

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

Die olfaktometrische Geruchsmessung ist ein standardisiertes Verfahren zur Ermittlung der Geruchsstoffkonzentration und der hedonischen Geruchswirkung. Bei der Durchführung olfaktometrischer Messungen sind die entsprechenden Normen (z.B. ÖNORM EN 13725) unbedingt zu berücksichtigen.

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 Definition 1 GE/m^3 .

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 Geruchsstoffkonzentration 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). Zur Beurteilung des Belästigungscharakters von Geruchs-Immissionen sind Informationen zur Hedonik wichtig. Die tatsächliche Wirkung einer Abluftreinigung kann über- oder unterschätzt werden, je nachdem wie die hedonische Verschiebung auf der Skala “angenehm” - “unangenehm” ausfällt.

Zur Interpretation von Messberichten sind neben einer Messstellenbeschreibung auch Angaben zur Probenahme (z.B. Vorverdünnung) und über den thermodynamischen Zustand (Temperatur, Feuchte) festzuhalten. Angaben zur verstrichenen Zeit zwischen Probenahme und olfaktorischer Analyse sind ebenfalls wichtig. Für die Ermittlung des Massenstroms ist eine normgerechte Bestimmung des Volumenstroms notwendig.

3.5.3 Elektronische Nasen

Elektronische Nasen sind Messinstrumente, die aus einem mehr oder weniger umfangreichen Chemosensor-Array unterschiedlicher elektronischer Sensoren besteht. Durch geeignete Mustererkennung und Datenanalyse sollten elektronische Nasen in der Lage sein, Gerüche zu identifizieren. Allerdings ergeben sich einige prinzipielle Probleme, da die Sensoren sowohl auf geruchsaktive als auch auf geruchslose Gaskomponenten reagieren können. Da elektronische Nasen im Prinzip nur für eine konstante Gaszusammensetzung über die Olfaktometrie kalibriert werden können, sind zeitlich schwankende Gaszusammensetzungen praktisch sehr schwierig zu beherrschen. Das Haupteinsatzgebiet liegt daher momentan im Bereich der Emissionsmessung von relativ homogenen Gaszusammensetzungen.

3.6 Immissionsbetrachtung

Im Unterschied zu “klassischen” Luftschadstoffen, wie z.B. SO_2 und NO_x , sind für Geruchswahrnehmungen nicht Halbstundenmittelwerte, sondern kurzfristige Konzentrationsspitzen für die Immissionsbeurteilung von Bedeutung. Das bedeutet, dass bei mittleren Geruchsstoffkonzentrationen unter der Geruchsschwelle dennoch ein anhaltender Geruchseindruck entstehen kann und zwar in Abhängigkeit davon, wie sehr die Konzentration um den Mittelwert schwankt. Daher wird in Österreich die Geruchsimmission auf Basis von sogenannten Geruchsstunden beurteilt.

Der Begriff einer Geruchsstunde ist in der EN 16841-1 (2017) durch mindestens sechs positive Geruchswahrnehmungen während des Messzeitintervalls von 10 Minuten definiert. Geruchsstunden können einerseits durch Ausbreitungsrechnungen, andererseits aber

auch durch Feldbegehungen erhoben werden. Die besondere Problematik bei der Immissionsabschätzung für Gerüche besteht in dem Umstand, dass

- die zur Emissionsbestimmung herangezogene olfaktorische Einzelmessung eine hohe Bandbreite aufweisen kann und
- aus berechneten mittleren Immissionskonzentrationen „Geruchsstunden“ unter Berücksichtigung der meteorologischen Gegebenheiten abzuleiten sind.

3.6.1 Geruchsmodellierung

In der Regel kann mit den in Abschnitt 4 ausführlich beschriebenen Minderungsmaßnahmen das Auslangen gefunden werden, um die Geruchseinwirkungen auf ein verträgliches Maß zu beschränken. Im Einzelfall kann eine Ausbreitungsrechnung erforderlich sein.

Es stehen vereinfachte Regressionsansätze und mehr oder weniger komplexe Ausbreitungsmodelle auf Basis der Strömungsmechanik zur Verfügung. Regressionsmodelle basieren zumeist auf einer Potenzfunktion, deren Parameter aus Berechnungen mit Ausbreitungsmodellen abgeleitet werden. Die zugrundeliegende Funktion berechnet in Abhängigkeit von der Quellstärke, der Meteorologie und der gesuchten Häufigkeit an Jahresgeruchsstunden eine Entfernung (Schutzabstand). Regressionsmodelle sind einfach in der Handhabung, aber nicht in der Lage, die kumulierende Wirkung von mehr als einem Emittenten oder komplexe Quellgeometrien zu erfassen (z.B. Schauburger et al., 2012a, 2012b).

Für die gemeinsame Beurteilung mehrerer Geruchsquellen und Fragestellungen in verbautem Gebiet oder komplexem Gelände sind Rechenmodelle mit jeweils spezifischen Anwendungsschwerpunkten und Einschränkungen in Verwendung. Wesentliche Informationen und Qualitätsanforderungen für die Berechnung und Beurteilung von Immissionsprognosen sind in der Beurteilungsgrundlage „Technische Grundlage zur Qualitätssicherung in der Luftschadstoff-Ausbreitungsrechnung“ (BMWFJ, 2013) zusammengefasst.

Jedes für die jeweilige Beurteilungssituation geeignete und anwendbare Rechenmodell kann daher für die Beurteilung von Geruchshäufigkeiten bei definierten Geruchsstoffkonzentrationen verwendet werden. Bei gleichzeitigen Einflüssen von Topographie und Gebäuden kann es erforderlich sein, zwischen Nah- und Fernfeld zu unterscheiden und jeweils unterschiedliche Berechnungsansätze zu wählen. Hinsichtlich der optimalen Wahl der Eingangsdaten wird auf die ÖNORM M 9440 verwiesen. Ausbreitungsmodelle zur Berechnung von Geruchskonzentrationen liefern in der Regel Mittelwerte mit einer Integra-

tionszeit von 30 oder 60 Minuten. Für die Geruchswahrnehmung des Menschen sind jedoch wesentlich kürzere Zeiträume maßgeblich. Es sind daher Korrekturfaktoren bzw. weitere Modellrechnungen notwendig, um aus errechneten (Halb)Stundenmittelwerten Aussagen über die Einstufung von Immissionen als „Geruchsstunde“ treffen zu können (z.B. Piringer et al., 2016; Öttl und Ferrero, 2017).

3.6.2 Geruchsbegehungen

Um Geruchsimmissionen festzustellen, kann die tatsächliche Geruchssituation an Ort und Stelle mittels Raster- oder Fahnenbegehungen durch Probanden erfasst werden. Dabei wird die Erkennungsschwelle eines Probanden 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 EN 16841-1 (2017). 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.

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 oder 250 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, es sind aber auch Erfassungen an Einzelpunkten zulässig.

Die Richtlinie schreibt als Beurteilungszeitraum mindestens ein halbes Jahr vor. Innerhalb dieses Zeitraumes sind pro Messpunkt 13 Begehungen durchzuführen, das ergibt insgesamt bei vier Eckpunkten einen Erhebungsumfang von $13 \times 4 = 52$ Begehungen je Beurteilungsfläche. Die konkreten Begehungstermine sollten repräsentativ für Wochen- und Tageszeiten sein und daher möglichst gleichverteilt festgelegt werden.

Aufgrund der vergleichsweise geringen Anzahl an Begehungen, welche für die Abschätzung der Geruchsstundenhäufigkeit eines Kalenderjahres herangezogen werden, sind Feldbegehungen mit einem erheblichen Stichprobenfehler behaftet. Daher sind Feldbegehungen a priori nicht genauer als Immissionsprognosen mit geeigneten Ausbreitungsmodellen (z.B. Öttl et al., 2018). Auch in der GIRL (2008) wird daher von äquivalenten Methoden gesprochen. Feldbegehungen haben gegenüber Modellrechnungen immer dann einen signifikanten Genauigkeitsgewinn, wenn die für eine Immissionsprognose notwendigen Eingangsdaten nicht in ausreichender Qualität zur Verfügung stehen (z.B. Emissionsdaten). Feldbegehungen sind mit einem hohen Kosten- und Zeitaufwand verbunden.

Bei Fahnenbegehungen nach EN 16841-2 (2017) 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 Zuhilfenahme 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. Die eigentliche Geruchsmessung erfolgt dann wie bei der Rasterbegehung beschrieben.

3.7 Geruchsbeurteilung

Entsprechend Hutter et al. (2016) hängen Geruchsbelästigungen neben den - noch relativ objektiv feststellbaren - Einflussfaktoren Häufigkeit, Intensität, Qualität und Hedonik der Geruchsimmission, zusätzlich von Faktoren wie Art und Zusammensetzung der Bevölkerung, Mobilität der Bevölkerung, im Freien verbrachte Zeit, Vorhandensein anderer Umweltstressoren sowie von der Charakteristik der betroffenen Person (Expositionsgeschichte, Tätigkeit während der Exposition, psychologische Bewältigungsmechanismen, etc.) ab.

Demgegenüber sieht die österreichische Gesetzgebung (siehe z.B. § 77 GewO in Verbindung mit § 74 Abs. 2) den Begriff der Zumutbarkeit einer Geruchseinwirkung als Beweis-thema vor. Wichtig in diesem Zusammenhang ist vor allem der Hinweis in den diversen Materiengesetzen darauf, dass die Zumutbarkeit (oder Erheblichkeit) einer Ge-

ruchsimmission auf ein gesundes, normal empfindendes Kind bzw. einen gesunden, normal empfindenden Erwachsenen bezogen wird. Dies impliziert, dass in Behördenverfahren subjektive Charakteristiken von Einzelpersonen, die zweifelsohne eine bedeutende Rolle für eine mögliche Geruchsbelästigung spielen, nicht Teil des Beweisthemas sind. Im Übrigen ist darauf hinzuweisen, dass Geruch kein Luftschadstoff im Sinne des § 77 Abs. 3 GewO ist.

Für die Bestimmung der Häufigkeit und Intensität einer Geruchsimmission haben sich international im Wesentlichen zwei unterschiedliche Methoden entwickelt:

- I. Konzept der Geruchsstunde mit Angabe der sogenannten Jahresgeruchsstunden (als Prozentsatz der Jahresstunden) über einer definierten Geruchsschwelle.
- II. Konzept der Geruchskonzentration in GE/m³, die in einer bestimmten Häufigkeit überschritten wird, wobei die Geruchskonzentration als Stundenmittelwert berechnet wird.

Jahresgeruchsstunden können einerseits durch Ausbreitungsrechnungen, andererseits aber auch durch Feldbegehungen erhoben werden. In Deutschland ist diese Methode in der Geruchsimmissions-Richtlinie (GIRL, 2008) verankert.

Es ist wichtig festzuhalten, dass die österreichische Gesetzgebung keine quantitativen Beurteilungskriterien zur Geruchsbeurteilung festgelegt hat. Es obliegt daher dem/der Sachverständigen, fachlich begründete Beurteilungswerte anzuwenden. Die Bewertung der Geruchsimmissionen erfolgt anhand der Geruchsstundenhäufigkeit. Die nach dem derzeitigen Stand der Technik und Wissenschaften gängigen Beurteilungskriterien sind die Geruchsimmissions-Richtlinie des deutschen Länderausschusses für Immissionsschutz (GIRL, 2008) und die Geruchsimmissionsrichtlinie Salzburg und Steiermark (Amt der Steiermärkischen Landesregierung, 2018).

In Bezug auf die mögliche Gesundheitsgefährdung von Gerüchen wird in Hutter et al. (2016) ausgeführt, dass eine intensive, länger dauernde Geruchsbelästigung als Gefährdung der Gesundheit angesehen werden kann, wenn diese zu Stress ohne ausreichende Kompensationsmechanismen führt.

Für hedonisch sehr unangenehme Gerüche wird je nach Geruchsqualität ein geringeres Ausmaß an Geruchswahrnehmungen zumutbar sein (Öttl et al., 2018; Weitensfelder et al., 2019).

4 Minderungsmaßnahmen

4.1 Primärmaßnahmen

Um die Emission von Geruchsstoffen erfolgreich mindern zu können, muss im ersten 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 leicht verderbliche Bestandteile enthalten können, ist eine vor Wärmestrahlung geschützte oder gekühlte und nur möglichst kurzzeitige Lagerung von Abfällen in geschlossenen Behältern und auf den belastungsfreien Abtransport zu achten.

Verfahrenstechnische Maßnahmen streben die Verminderung der Emission, beispielsweise 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 Geruchsentwicklungen zu erwarten sind, 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 5.3.3 enthalten.

4.2 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 geruchshältige Abluftströme allgemein üblichen Ableitbedingungen:

- senkrechte und unbehinderte Abluftabführung über Dach ins Freie
- Mindestaustrittsgeschwindigkeit der Abluft 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.

4.3 Sekundärmaßnahmen

Sekundärmaßnahmen sind Maßnahmen zur Abluftreinigung. Dabei sind die jeweiligen Betriebsbedingungen wie Konstanz des Abluftvolumenstromes sowie der Konzentration, Zusammensetzung und Variabilität der Verunreinigungen im Rohgas bei der Auswahl der emissionsmindernden Maßnahme zu beachten.

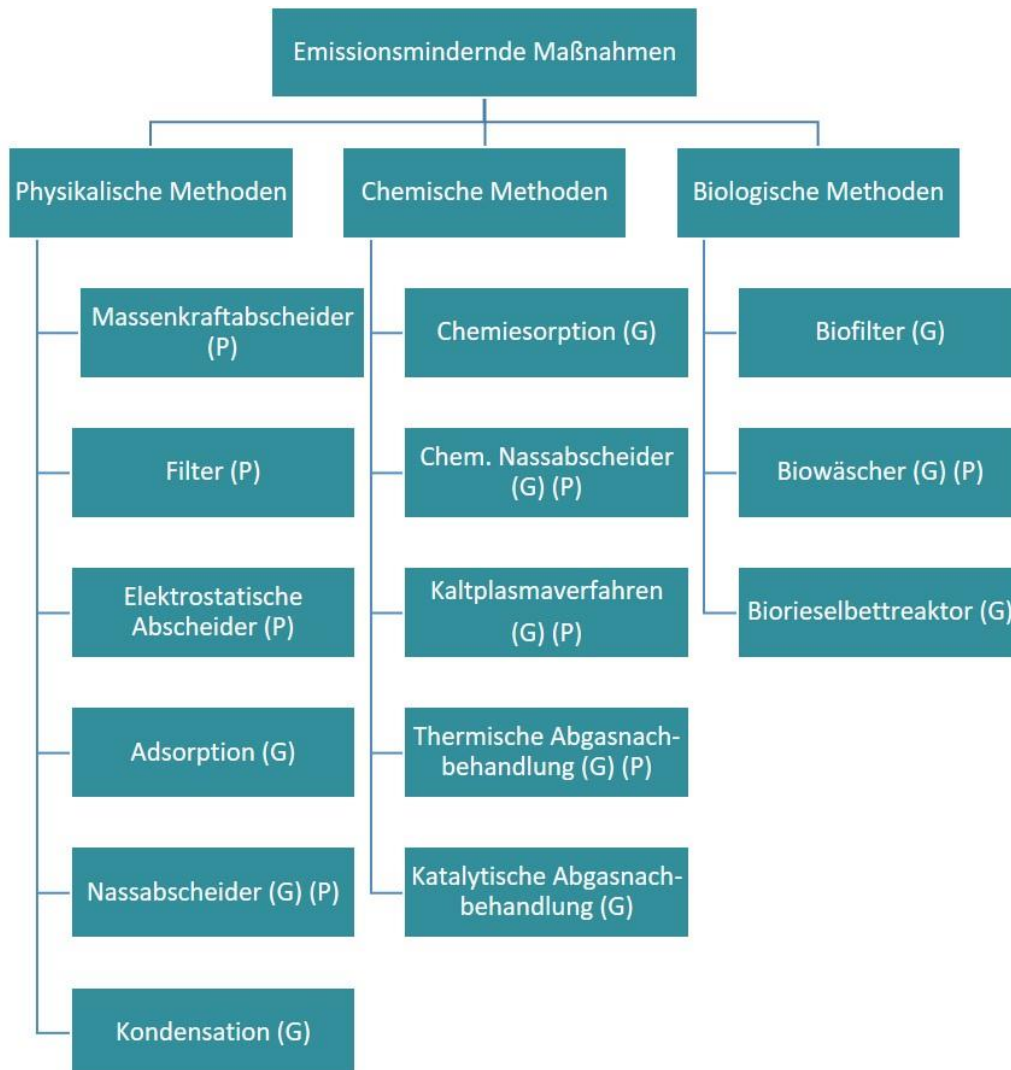


Abbildung 1: Übersicht über die verschiedenen emissionsmindernden Maßnahmen mit ihrer primären Eignung zur Entfernung von Gasen (G) und Partikeln (P)

Die emissionsmindernden Maßnahmen nach Abbildung 1 lassen sich grob den zugrundeliegenden Mechanismen zuordnen. Zu den rein physikalisch arbeitenden Methoden gehören Massenkraftabscheider und Tropfenabscheider, Filter, Prozesse, denen das Prinzip der Adsorption zugrunde liegt, elektrostatische Abscheider sowie Nassabscheider. Methoden, bei denen Verunreinigungen des Rohgases durch chemische Prozesse umgewandelt bzw. abgebaut werden sind die Kaltplasmaverfahren (Nicht-Thermische-Plasmaverfahren (NTP-Verfahren) wie UV-Anlagen, Plasmaanlagen und Ozonanlagen), die thermische und katalytische Abgasnachbehandlung, Verfahren die auf dem Prinzip der Chemisorption beruhen sowie als Sondergruppe der Wäscher die oxidierenden Nassabscheider. Zu den biologischen Maßnahmen der Emissionsminderung gehören Biofilter, Biowäscher und Biorieselbettreaktoren.

4.3.1 Physikalische Minderungsmaßnahmen

Im folgenden Abschnitt soll ein Überblick über die technischen Maßnahmen zur Emissionsminderung gegeben werden, die auf physikalischen Verfahren basieren.

4.3.1.1 Massenkraftabscheider

Die Richtlinie VDI 3676 beschreibt den Stand der Technik bezüglich Massenkraftabscheider. Massenkraftabscheider werden häufig als Vorabscheider eingesetzt. Bezüglich der Abscheideprinzipien wird zwischen Schwerkraft-, Gegenstrom-, Umlenk- (die typischen Prallplattenfilter in der Küchenabluflhaube), Fliehkraft- und Zyklonabscheidern unterschieden. Allen Massenkraftabscheidern ist gemein, dass Partikel, deren Abscheideverhalten diffusionsbestimmt ist, mit diesen Methoden kaum abgeschieden werden können.

Die Effizienz von Massenkraftabscheidern ist vom richtigen Einsatz der Systeme abhängig. Die ÖNORM EN 16282-2 weist auf den richtigen Betrieb der Abscheider hin. So müssen diese nach erfolgter Reinigung wieder an bestimmungsgemäßen Stellen in der Ablufthaube eingesetzt werden. Mindestens die erste Filterstufe muss als Abscheider ausgeführt sein. Abscheider müssen die Voraussetzungen der ÖNORM EN 16282-6 erfüllen. Die gleichen Anforderungen gelten auch für Abscheider im Bereich von Küchenlüftungsdecken nach ÖNORM EN 16282-3. Ablufthauben können in Kombination mit den Prallplatten oder Wirbelstromabscheidern auch mit UV-C Technik und integriertem Wäscher ausgeführt werden.

4.3.1.1.1 Schwerkraft-, Gegenstrom und Umlenkabscheider

Bei Umlenkabscheidern treten Richtungsänderungen von bis zu 180° des Trägermediums auf. Die auf die mitgeführten Partikel oder Tropfen wirkende Trägheitskraft führt zu einer Abscheidung der Partikel und Tropfen an den Wänden des Umlenkabscheiders und damit zu einer Trennung vom Trägermedium. Umlenkabscheider sind besonders zur Vorabscheidung größerer Partikel geeignet. Eine signifikante Abscheideeffizienz ist nur für Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser über 2,5 µm gegeben (Alexandrova, 2009). Prallplattenfilter entsprechen dem Prinzip eines Massenkraftabscheiders in Form des Umlenkabscheiders und sind daher auch als reine Vorabscheider für andere emissionsmindernde Maßnahmen zu sehen.

Prallplattenfilter sind in der Lage bis zu 30 % der Fetttröpfchen abzuscheiden (Bunge, 2016), dabei spielt die Größenverteilung eine entscheidende Rolle. Da vor allem größere Partikel abgeschieden werden, sind herstellerseitig Angaben von 98 % Abscheidegrad der Masse nicht unüblich. Hierbei ist auch immer auf die untere Grenze der Größenverteilung

zu achten. Prallplatten und Lamellenabscheider sind nach der Richtlinie VDI 3679, Blatt 3 zur Abscheidung von Tropfen mit einem aerodynamischen Durchmesser bis zu einer unteren Größe von 6 µm und Gestricke (z.B. in Form von Kombinationsabscheidern) bis zu einer Größe von 3 µm geeignet. Die zurückgezogene ÖNORM H 6030 führt Mindestabscheidegrade für Prallplattenfilter an.

4.3.1.1.2 Zyklon- und Fliehkraftabscheider

Grundsätzlich wird zwischen Zyklonabscheidern mit und ohne Umkehr der Axialströmung unterschieden. Als trennende Kraft wird die Zentrifugalkraft angewendet, die eine Wanderung der abzutrennenden Partikel nach außen bewirkt.

Zyklone und Drallabscheider sind nach der Richtlinie VDI 3679, Blatt 3 zur Abscheidung von Tropfen mit einem aerodynamischen Durchmesser von 50 bis 100 µm geeignet.

Entsprechend dem „BAT Reference Document in the Food, Drink and Milk Industries FINAL DRAFT 2018“ (European Commission, 2018) weisen Zyklone im industriellen Maßstab eine Abscheideeffizienz von rund 40 % bei Partikeln mit 10 µm Durchmesser auf. Für große Partikel werden auch 99 % erreicht, wodurch Zyklone häufig zur Vorabscheidung eingesetzt werden, um nachfolgende Methoden zu entlasten.

4.3.1.2 Filter

Filter werden in Tiefen- und Oberflächenfilter eingeteilt, die sich durch die Abscheideprinzipien unterscheiden. Die Klassifikation der Filterleistung von filternden Abscheidern erfolgt jedoch unabhängig von ihrer technischen Einteilung.

4.3.1.2.1 Klassifikation

Die bisher gebräuchliche Klassifikation von Filtern entsprechend der ÖNORM EN 779 wurde Mitte 2018 durch die ÖNORM EN ISO 16890-1 abgelöst. Während die ÖNORM EN 779 lediglich den Wirkungsgrad der Filterabscheidung bei einer Partikelgröße von 0,4 µm berücksichtigte, werden bei der aktuellen ÖNORM EN ISO 16890-1 drei Bereiche mit unterschiedlichen Partikelgrößen betrachtet. Die drei Bereiche werden als ePM1 (Partikelgrößen von 0,3 bis 1 µm), ePM2,5 (Partikelgrößen von 0,3 bis 2,5 µm) und ePM10 (Partikelgrößen von 0,3 bis 10 µm) bezeichnet. Der ausgewiesene Abscheidegrad eines Filters bezieht sich damit jeweils auf einen der drei angeführten Bereiche. Zusätzlich wird auch

ein Mindestfeinstaub-Abscheidegrad (ePM1,min) definiert, der ebenfalls den drei Bereichen zugeordnet werden kann. Die bisherigen Filterklassen der ÖNORM EN 779 können näherungsweise der neuen Klassifikation nach ÖNORM EN ISO 16890 zugeordnet werden.

Tabelle 1: Näherungsweise Zuordnung der bisherigen Filterklassen der ÖNORM EN 779 zur Klassifikation nach ÖNORM EN ISO 16890-1

PM1		PM2,5		PM10		Coarse	
ISO ePM1 95 %	F9	ISO ePM2,5 95 %	F7	ISO ePM10 95 %	M6	ISO Coarse 95 %	G4
ISO ePM1 90 %	F9	ISO ePM2,5 90 %	F7	ISO ePM10 90 %	M6	ISO Coarse 90 %	G4
ISO ePM1 85 %	F9	ISO ePM2,5 85 %	F7	ISO ePM10 85 %	M6	ISO Coarse 85 %	G4
ISO ePM1 80 %	F9	ISO ePM2,5 80 %	F7	ISO ePM10 80 %	M6	ISO Coarse 80 %	G4
ISO ePM1 75 %	F8	ISO ePM2,5 75 %	F7	ISO ePM10 75 %	M6	ISO Coarse 75 %	G4
ISO ePM1 70 %	F8	ISO ePM2,5 70 %	F7	ISO ePM10 70 %	M6	ISO Coarse 70 %	G4
ISO ePM1 65 %	F7	ISO ePM2,5 65 %	F7	ISO ePM10 65 %	M6	ISO Coarse 65 %	G4
ISO ePM1 60 %	F7	ISO ePM2,5 60 %	M6	ISO ePM10 60 %	M5	ISO Coarse 60 %	G4
ISO ePM1 55 %	F7	ISO ePM2,5 55 %	M6	ISO ePM10 55 %	M5	ISO Coarse 55 %	G3
ISO ePM1 50 %	F7		M6	ISO ePM10 50 %	M5	ISO Coarse 50 %	G3
						ISO Coarse 45 %	G3
						ISO Coarse 40 %	G2
						ISO Coarse 35 %	G2
						ISO Coarse 30 %	G2
Mindestens 50 % Abscheidegrad im unbehandelten sowie im entladenen Zustand		Mindestens 50 % Abscheidegrad im unbehandelten sowie im entladenen Zustand		Mindestens 50 % Abscheidegrad im unbehandelten Zustand. Keine Anforderung hinsichtlich entladenen Zustand		Keine Anforderung hinsichtlich entladenen Zustand	
Feinfilter		Mediumfilter		Mediumfilter		Grobfilter	

Die Klassifikation von Schwebstofffiltern erfolgt entsprechend der ÖNORM EN 1822-1. Hier wird zwischen den Gruppen E (EPA-Filter – Hochleistungsfilter), H (HEPA-Filter – Schwebstofffilter) und U (ULPA-Filter Hochleistungs-Schwebstofffilter) unterschieden.

4.3.1.2.2 Oberflächenfilter

Oberflächenfilter werden im Rahmen der Richtlinie VDI 3677, Blatt 1 behandelt. Bei Oberflächenfiltern findet die Abscheidung der Partikel an der Oberfläche des Filtermediums statt, und zwar an der sich dort ausbildenden Partikelschicht, dem sogenannten Staub- oder Filterkuchen. Dadurch verbessert sich die Abscheideleistung des Filters mit der Zeit. Die Filterelemente können als Schläuche, Patronen, Taschen, Kerzen oder Schütttschichten ausgeführt sein. Da mit zunehmender Beladung der Druckverlust steigt, muss der Filter regelmäßig gereinigt werden.

Oberflächenfilter finden Anwendung bei Prozessen mit hohen Emissionsfrachten und hohen Volumenströmen, vor allem in der Industrie, unter anderem auch in der lebensmittelverarbeitenden Industrie. Hinsichtlich der Materialauswahl ist auf die Rohgastemperatur und die Anwesenheit von aggressiven Medien zu achten.

Wirkungsgrade von Oberflächenfiltern werden entsprechend der in Tabelle 1 eingeführten Filterklassen ausgewiesen. Moderne Oberflächenfilter erreichen nach der Richtlinie VDI 3677, Blatt 1 Reingasstaubgehalte von weniger als 10 mg/m^3 .

Taschenfilter erreichen Abscheidegrade von mehr als 99 % in Prozessen der lebensmittelverarbeitenden Industrie (European Commission, 2018). Auch die feine Partikelfraktion wird noch effizient abgeschieden. Durch Taschenfilter können Staubemissionen von weniger als 5 mg/Nm^3 erzielt werden. Im Entwurf des „BAT Reference Document in the Food, Drink and Milk Industries“ (European Commission, 2018) werden Filterleistungen als Reingaskonzentrationen von ausgewählten Anlagen von weniger als 1 mg/Nm^3 für Taschenfilter angeführt. Taschenfilter werden in der lebensmittelverarbeitenden Industrie auch mit Zyklonen oder Wäschern kombiniert. Schütttschichtfilter erreichen ebenfalls Abscheidegrade von mehr als 99 %, auch bei feinen Partikeln.

4.3.1.2.3 Tiefenfilter

Die Richtlinie VDI 3677, Blatt 2 behandelt Tiefenfilter aus Fasern. Generell werden Tiefenfilter für schwach beladene Rohgasströme eingesetzt.

Die Tiefenfiltration weist ein zeitliches Verhalten von der Partikeleinlagerung im Filtermaterial zum Übergang zur Anlagerung und Kuchenbildung und damit zum Übergang zur Oberflächenfiltration auf. Das zeitliche Verhalten ist durch eine deutliche Änderung des Druckverlustes gekennzeichnet.

Tiefenfilter können bezüglich der Konfektionierung als Filtermatten, Falten-/Panelfilter oder Filterzellen, Taschenfilter, Kompakt- oder Kassettenfilter und Filterpatronen ausgeführt werden (VDI 3677, Blatt 2). Ein regelmäßiges Reinigen oder Tauschen dieser Filterpakete ist unbedingt notwendig.

Kombinationen aus Prallplatten und Tiefenfiltern werden als Vorfilter für weitere emissionsmindernde Maßnahmen eingesetzt. Dabei schützen die Vorfilter die sekundären Maßnahmen zur Emissionsminderung vor übermäßiger Belastung durch Fett und Partikel (DE-FRA-Guide, 2005). Die zurückgezogene ÖNORM H 6030 sieht zum Schutz des Abluftsystems den Einbau eines Feinstaubfilters der Klasse F6 nach ÖNORM EN 779 möglichst nahe nach den Prallplattenfiltern vor.

Die Wirkungsgrade von Tiefenfiltern wurden bisher vor allem durch die ÖNORM EN 779 und die ÖNORM EN 1822-1 definiert, wobei erstere zuletzt durch die ÖNORM EN ISO 16890-1 abgelöst wurde (siehe Tabelle 1).

4.3.1.3 Elektrostatische Abscheider

Elektrostatische Abscheider oder auch Elektrofilter werden in unterschiedlichsten Auslegungen (Volumenstrom, Baugröße, Einsatzgebiet) und Ausführungen in der Prozess- und Abgasreinigung wie auch in der Lüftungstechnik eingesetzt. Die Richtlinie VDI 3678, Blatt 1 behandelt die Prozessgas- und Abgasreinigung, die Richtlinie VDI 3678, Blatt 2 die Prozessluft- und Raumlufthereinigung.

Bei Elektrofiltern haben sich zwei Bauformen – Röhrenelektrofilter für die Nassentstaubung und Plattenelektrofilter für die Trockenentstaubung – durchgesetzt. Da die Ladungsprozesse durch Koronaentladung vergleichbar mit den Plasmaerzeugungsprozessen der Nicht-Thermischen Plasmaverfahren bzw. Kaltplasmaverfahren sind, weisen beide Verfahren Ozonbildung und Partikelabscheidung mit unterschiedlicher Gewichtung auf.

Elektrostatische Abscheider sollten nicht in erster Linie als Maßnahme zur Geruchsminimierung angesehen werden (Croydon Council - Pollution Team, 2018). Durch die Entfernung von Partikeln aus dem Abluftstrom werden aber gleichzeitig auch die von diesen ausgehenden Gerüchen entfernt. Elektrostatische Abscheider sind als vorausgehende Maßnahme für andere geruchsminimierende Maßnahmen wie z.B. NTP-Verfahren geeignet.

Die Abscheideeffizienz eines elektrostatischen Abscheiders ist eine Funktion der Partikelgröße (Abbildung 2). Daher ist bei der Auswahl eines elektrostatischen Abscheiders auch

auf die Angabe der Partikelgröße zu achten, für die die Abscheideeffizienz ermittelt wurde. Die Variation im Abscheidegrad hängt vom Mechanismus der Ladung der Partikel ab. Während für große Partikel die Feld- bzw. Impaktionsladung ausschlaggebend ist, werden kleine Partikel durch Diffusionsladungsprozesse geladen (Bunge, 2016). Bei Partikeln zwischen 0,3 und 1 μm treten beide Prozesse nur schwach in Erscheinung. Hinsichtlich verschiedener Arten von Partikelemissionen und der Partikelgröße bei Gaststätten und Großküchen wird auf Kapitel 5.3.1 verwiesen.

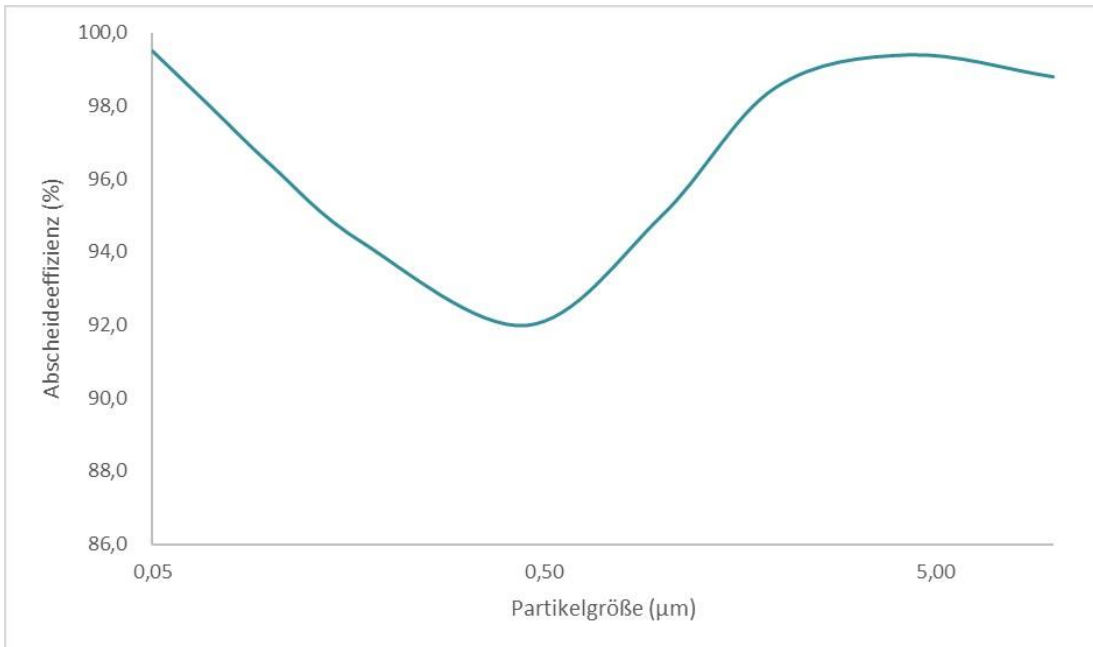


Abbildung 2: Abscheideeffizienz als Funktion der Partikelgröße eines elektrostatischen Abscheiders

Die Beladung der Oberflächen des elektrostatischen Abscheiders mit Partikeln beeinflusst deren Abscheideeffizienz. Daher müssen elektrostatische Abscheider regelmäßig gereinigt werden. Dies kann durch automatisiertes Aufheizen, Klopfen oder Waschen sowie manuell erfolgen.

Elektrostatische Abscheider erreichen typischerweise Abscheidegrade von 95 - 99 % der Partikelanzahl und 99,9 % der Masse. Hersteller verweisen oft auf 95 % Abscheidung bei 0,3 μm Partikeldurchmesser. Nach dem „Integrated Pollution Prevention and Control – Reference Document on Best Available Techniques in the Food, Drink and Milk Industries“ (European Commission, 2006) und dem Entwurf des „BAT Reference Document in the Food, Drink and Milk Industries“ (European Commission, 2018) erreichen elektrostatische Abscheider Abscheidegrade von bis zu 99,9 % und sind in der Lage auch Partikel kleiner

0,1 µm abzuscheiden. Sie können auch bei hohen Abgasströmen ($10^6 \text{ m}^3/\text{h}$) eingesetzt werden.

4.3.1.4 Adsorption

Unter Adsorption wird die Anlagerung von gasförmigen Stoffen (Adsorptiv) an der inneren Oberfläche eines hochporösen Feststoffes (Adsorbens) verstanden (VDI 3674). Das häufigste Adsorbens im Bereich der Gastronomie und der lebensmittelverarbeitenden Industrie ist die Aktivkohle.

Aktivkohlefilter sind nicht geeignet um Partikel oder Fetttröpfchen sowie Wasserdampf abzuscheiden. Die zurückgezogene ÖNORM H 6030 hat Aktivkohlefilter als zusätzliche Nachbehandlungsstufe zur Geruchsreduktion vorgesehen. Aktivkohlefiltern sollen Vorabscheider wie Prallplattenfilter und ev. Tiefenfilter vorgeschaltet werden (ÖNORM EN 16282-5). Die Vorabscheider schützen die Aktivkohlefilter vor übermäßiger Beladung mit großen Partikeln, die zu einer Verstopfung bzw. im Falle von Fettpartikeln zum Verkleben des Aktivkohlefilters führen können.

Für den Einsatz zur Emissionsminderung in Abluftanlagen wird Aktivkohle in luftdurchlässige Behälter mit Schichtstärken von 15 bis 30 mm gepackt. Diese sind entweder als Platten zickzackförmig oder als zylinderförmige Patronen ausgeführt.

Die Standzeiten von Aktivkohlefiltern sind für den jeweiligen Einsatzfall anzupassen.

Aktivkohlefilter werden auch zur Adsorption der Reaktionsprodukte bzw. zum Abbau von Ozon eingesetzt. Bei der Kombination von Ozonisierungsanlagen mit anschließendem Aktivkohlefilter kann davon ausgegangen werden, dass sich die Einsatzzeiten des Aktivkohlefilters erhöhen.

Aktivkohlefilter können nicht für kondensierende Gase eingesetzt werden.

Der Entwurf des „BAT Reference Document in the Food, Drink and Milk Industries FINAL DRAFT 2018“ (European Commission, 2018) gibt für Kohlenstoffadsorption zur Geruchsbeseitigung eine Effizienz von 80 bis 99 % an.

4.3.1.5 Nassabscheider

4.3.1.5.1 Allgemeine technische Ausführungen

Nassabscheider sind auch unter den Bezeichnungen Gas- bzw. Rauchgaswäscher bekannt. Sie dienen zur Entfernung fester, flüssiger oder gasförmiger Stoffe aus dem Abgasstrom (VDI 3679, Blatt 1). Die Verunreinigungen werden bei diesem Verfahren durch eine Waschflüssigkeit gebunden und aus dem Abgasstrom entfernt.

Die Blätter 1 bis 4 der Richtlinie VDI 3679 beschreiben die unterschiedlichen Anwendungsfälle von Nassabscheidern zur Partikelabscheidung, Absorption von Rohgasverunreinigungen, Tropfenabscheidung und den Einsatz als oxidierende Wäscher. Gemeinsam ist allen Nassabscheidern, dass die Überführung von Verunreinigungen im Abgas in die flüssige Phase des Wäschers einen intensiven Phasenkontakt, d.h. große gemeinsame Oberfläche, der beiden Medien voraussetzt. Nassabscheider haben einen kühlenden Effekt auf das Abgas, wodurch dessen Ableitbedingungen in der Regel verschlechtert werden.

4.3.1.5.2 Bautypen

Nassabscheider können entsprechend ihrer konstruktiven Merkmale bzw. nach der Art der Flüssigkeitszufuhr wie folgt eingeteilt werden (VDI 3679, Blatt 1 und 2):

- Blasensäulen oder Tauchwäscher
- Sprühwäscher
- Füllkörper- oder Bodenkolonnen
- Strahlwäscher
- Wirbelwäscher
- Rotationswäscher und Desintegratoren
- Nass- bzw. Einspritzventilatoren
- Venturiwäscher
- Kondensationswäscher
- Elektrostatisch unterstützte Wäscher oder Ionisationswäscher

4.3.1.5.3 Waschflüssigkeit

Häufigstes Waschmittel ist Wasser. Nur wenige Wäscher werden ausschließlich mit Frischwasser betrieben. Die Kreislaufführung als Prozesswasser stellt den gängigen An-

wendungsfall dar. Dabei ist eine Regeneration der Waschflüssigkeit notwendig. Beim Ableiten von Waschflüssigkeit aus dem Prozess sind die abwasserrechtlichen Aspekte zu beachten.

Kühltürme, offene Rückkühlwerke und industrielle Nassabscheider sind als Quellen von Bioaerosolen nachgewiesen worden (VDI 3679, Blatt 1). Dabei handelt es sich zum Beispiel um Legionellen und *Pseudomonas aeruginosa*. Bestehen Rahmenbedingungen im Nassabscheider und dessen Prozesssystem, die die Bildung von Mikroorganismen fördern, sind Maßnahmen zur Vermeidung bzw. Verringerung der Anzahl der Mikroorganismen zu ergreifen und deren Wirksamkeit regelmäßig zu kontrollieren.

Beim Einsatz von Bioziden und Korrosionsmitteln können diese als Tröpfchen oder gasförmig aus dem Wäscher ausgetragen werden. Der gasförmige Austrag kann durch einen ausreichend niedrigen Dampfdruck der Chemikalien, der tröpfchenförmige Austrag durch einen Tropfenabscheider verhindert werden.

4.3.1.5.4 Nassabscheider zur Partikelabscheidung

Kondensationswäscher nach der Richtlinie VDI 3679, Blatt 1 werden zur Abscheidung von kleinsten Partikeln eingesetzt, die mit herkömmlichen Wäschern nicht effizient abgeschieden werden können. Dabei wachsen kleinste Partikel durch Kondensation eines gasförmigen Stoffes an ihrer Oberfläche soweit an, dass sie zur Abscheidung durch herkömmliche Methoden geeignet (z.B. Trägheitsabscheidung) sind. Dadurch können feinste Partikel mit mittleren Durchmessern von 0,1 µm zu Tropfen von 0,3 bis 1 µm vergrößert werden.

Rauchgaswäscher werden auch zur wirksamen Reduktion von Rauch- und Ruß-Emissionen von Holzkohle-Pizzaöfen bzw. –Grills eingesetzt. Die Ausführung von Nassabscheidern als Wassersprüheinrichtungen zur Aerosolnachbehandlungen in Einrichtungen gewerblicher Küchen werden in der ÖNORM EN 16282-8 behandelt.

Den Nassabscheidern ähnlich sind Einbauten zur Verdüsung von Wasser und Erzeugung eines Nebels in der Küchenabluflhaube (Nor Salim, 2017). Dabei wurden signifikante Verbesserungen bei der Fettentfernung und der Senkung der Ablufttemperatur erzielt. In Verbindung mit unterschiedlichen Filtern in der Ablufthaube werden sehr hohe Wirkungsgrade (nahe 100 %) bei 5 µm Partikeldurchmesser beworben. Auch Kombinationen aus Nasswäschern und UV-Oxidation, verbaut in der Küchenabluflhaube, sind erhältlich. Dabei werden Wirkungsgrade von 91 % erreicht.

Der Entwurf des „BAT Reference Document in the Food, Drink and Milk Industries FINAL DRAFT 2018“ (European Commission, 2018) gibt für Nassabscheider Abscheidegrade von Stäuben von 80 bis 99 % an. In Kombination mit Zyklonabscheidern können für Stäube Grenzwerte von 50 mg/m³ bei Normbedingungen eingehalten werden (European Commission, 2006).

4.3.1.5.5 Absorption - Wäscher

Die Anwendung eines Nassabscheiders zur Absorption von gasförmigen Verunreinigungen aus dem Rohgasstrom wird durch die Richtlinie VDI 3679, Blatt 2 technisch definiert.

Nassabscheider, die in Küchenlüftungssystemen eingesetzt werden, weisen einen Wirkungsgrad von bis zu 80 % bezüglich der Geruchsminderung auf (DEFRA-Guide, 2005). Für die Emissionsminderung von gasförmigen Verbindungen durch Wäscher weist das „Integrated Pollution Prevention and Control – Reference Document on Best Available Techniques in the Food, Drink and Milk Industries“ (European Commission, 2006) Abscheidegrade von 70 bis 80 % für Schüttschichtwäscher und Prallplattenwäscher aus. Für Wäscher zur Eliminierung von Geruchsemissionen aus Räucheranlagen werden Wirkungsgrade von 50 bis 70 % bezogen auf GE/m³ angeführt (European Commission, 2018).

4.3.1.5.6 Tropfenabscheider

Die Entfernung von Flüssigkeitstropfen oder der Waschflüssigkeit eines Nassabscheiders aus dem Rohgasstrom durch Tropfenabscheider wird in der Richtlinie VDI 3679, Blatt 3 behandelt. Grundlegende Abscheidemechanismen sind Trägheitsabscheidung (Tropfenabscheider) und Diffusionsabscheidung (Nebelabscheider).

4.3.1.5.7 Chemische und Oxidierende Wäscher

Bei alkalischen oder sauren Wäschern bzw. bei Wäschern die der chemischen Neutralisation dienen, kann Aerosolbildung auftreten. Dabei werden Konzentrationen an Partikeln von $5 \cdot 10^5$ bis 10^7 cm⁻³ erreicht. Besonders saure Gase neigen zur Nebelbildung.

Eine Sonderform der Nassabscheider sind die oxidierenden Wäscher nach der Richtlinie VDI 3679, Blatt 4. Zusätzlich zu den physikalischen Abscheidebedingungen treten hier auch chemische Redox-Prozesse auf. Durch die zusätzliche Oxidation der Verunreinigungen tragen diese Wäschertypen auch zusätzlich zur Geruchsminderung bei.

4.3.1.6 Kondensation

Kondensationsverfahren eignen sich für Rohgasströme mit hohem Wasser- oder Lösungsmittelgehalt. In der technischen Umsetzung der Kondensation wird zwischen indirekter und direkter Kondensation unterschieden (Nitsche, 2015).

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

Die direkte Kondensation eignet sich besonders zur Behandlung der Kammeratmosphäre bei Selchen mit Umluftanlagen und der Abgase aus Kondensatrauchanlagen. Durch Zusatz von Chemikalien in das Kühl- und Waschmedium können stark riechende organische Verbindungen - soweit sie löslich sind - chemisch umgewandelt und desodoriert werden. Kondensationswäscher nach der Richtlinie VDI 3679, Blatt 1 werden zur Abscheidung von kleinsten Partikeln eingesetzt.

Im Bereich der Emissionsminderung ist die Kondensation in der Regel nur als Vorabscheidung zu bewerten, da niedrig siedende Komponenten nicht entfernt werden (VDI 2264).

Sofern die Abluft aus wasserdampfhaltigen und wasserlöslichen Brüden oder Dämpfen besteht, kann im Ausnahmefall die Kondensation als alleinige Geruchsminderungsmaßnahme einsetzbar sein. Kondensation spielt auch bei der Wrasenabscheidung von Backautomaten eine Rolle. Diesbezüglich wird auf die Bedeutung von Kondensationsvorgängen bei der Tropfenabscheidung entsprechend Richtlinie VDI 3679, Blatt 3 verwiesen.

4.3.2 Chemische Minderungsmaßnahmen

Die grundlegenden Prinzipien sind Chemisorption, die Kaltplasmaverfahren, thermische und katalytische Nachverbrennung und die chemische Nassabscheidung. Vollständigkeitshalber wird in diesem Kapitel auch der Einsatz geruchsreduzierender Chemikalien behandelt.

Chemische und Oxidierende Wäscher gehören grundsätzlich zu den chemischen Minderungsmaßnahmen. Da sie aber eine Sonderform der Nassabscheidung darstellen und in ihrer grundlegenden Definition den Nassabscheidern entsprechen, werden sie im Abschnitt 4.3.1.5 behandelt.

4.3.2.1 Chemisorption

Bei der Chemisorption erfolgt die Abtrennung der luftverunreinigenden Stoffe im Rohgas durch eine chemische Reaktion mit einem Sorptionsmittel. Das Sorptionsmittel kann dabei im primären verfahrenstechnischen Schritt oder sekundär im Rahmen einer nachgeschalteten Abgasreinigungsstufe eingesetzt werden. Die Richtlinie VDI 3928 beschreibt die verfahrenstechnischen Grundlagen, die Sorptionsmittel und die apparative Ausführung.

Für die Durchführung einer Chemisorption eignen sich trockene, quasitrockene und nasse Verfahren. Aktivkohle und –kokse können durch Chemisorption Stoffe binden, besonders dann, wenn sie vorher imprägniert werden. Eine Aufstellung der handelsüblichen Imprägnierungen von Aktivkohlen findet sich in der Richtlinie VDI 3928.

4.3.2.2 Kaltplasmaverfahren

Zu den Kaltplasmaverfahren zählen UV-Anlagen im Abluftstrom, Plasma- und Ozonanlagen in oder außerhalb des Abluftstromes (ÖNORM EN 16282-8). Die Richtlinie VDI 2441 erläutert die technischen Details zu diesen Verfahren. Das erzeugte Plasma wird auch als Nicht-Thermisches-Plasma (NTP) bezeichnet. Daher werden Kaltplasmaverfahren auch als NTP–Anlagen bezeichnet. Allen Anlagen liegen ähnliche Mechanismen bezüglich der Reduktion von Geruchsstoffen und des Abbaus von organischem Material zugrunde.

Vor dem Einsatz von Kaltplasmaverfahren wird grundsätzlich eine Abgaskonditionierung empfohlen. Vor allem die Partikelabscheidung spielt hier eine entscheidende Rolle.

Das zu reinigende Abgas wird in eine Reaktionskammer geleitet. Die Verweilzeit beträgt im Regelfall weniger als eine Sekunde. Durch die ablaufenden chemischen Reaktionen wird eine Geruchsminimierung bzw. ein Total- oder Teilabbau organischer Verbindungen erreicht. Fetttropfchen werden dabei oxidiert und erhärten, sodass ihre Anlagerung im Abluftsystem erschwert bzw. die Reinigung desselben erleichtert wird. Die Oxidationsprodukte von organischen Verbindungen weisen meist eine geringere Volatilität im Vergleich zu ihren Ausgangssubstanzen auf. Durch die Oxidationsprozesse wird die Wasserlöslichkeit erhöht. Beides führt entsprechend der Richtlinie VDI 2441 zur erhöhten Abtrennung aus der Gasphase. Die Oxidationsprodukte kondensieren dabei auf bestehende Partikel oder Oberflächen oder bilden neue Partikel. Diese Prozesse erlauben nachgeschalteten Maßnahmen (z.B. Elektrostatischer Abscheider oder Gaswäscher) die entstandenen gasförmigen bzw. partikulären Produkte abzutrennen. Eine Reaktionszeit der Verunreinigungen im Rohgas von mindestens 3 Sekunden soll vor weiteren emissionsmindernden Maßnahmen bzw. dem Auslass eingehalten werden.

Die ÖNORM EN 16282-8 sieht Sicherheitsmaßnahmen für Ozonemissionen, sowie einen Grenzwert von 10 ppm in der Abluft vor. Überschüssiges Ozon kann mittels Eisen/Mangan-Katalysatoren oder Aktivkohle abgebaut werden (VDI 2441). Hier wird auch das Katalysatormaterial Braunstein als sogenannter „Ozon-Scrubber“ eingesetzt. Auch poröses Eisenoxid (Zwei-Banden Ferrihydrit) ist als „Ozon-Scrubber“ geeignet (Mathew, 2011).

Bei Kaltplasmaverfahren können Geruchsminderungen von 50 – 95 %, abhängig von der Art der Geruchsstoffe, erwartet werden. In Laborstudien wurden Reduktionen der aus Fetten bestehenden Partikel von bis zu 28 % berichtet. Das „Integrated Pollution Prevention and Control – Reference Document on Best Available Techniques in the Food, Drink and Milk Industries“ (European Commission, 2006) und das „BAT Reference Document in the Food, Drink and Milk Industries FINAL DRAFT 2018“ (European Commission, 2018) weist für NTP-Anlagen Reduktionen von Geruchsemissionen in der Höhe von 75 bis 96 % im industriellen Maßstab aus.

Es wird nicht empfohlen, ausschließlich Ozon bzw. die zu Grunde liegenden Verfahren, zur Entfernung von Partikeln und Geruch einzusetzen (Bunge, 2016). Bezüglich UV/Ozon-Anlagen weist das „BAT Reference Document in the Food, Drink and Milk Industries FINAL DRAFT 2018“ (European Commission, 2018) darauf hin, dass sich diese Systeme nicht für heiße und feuchte Abgasströme in der Industrie eignen.

4.3.2.2.1 UV-Anlagen

UV-Anlagen dienen der Aerosolnachbehandlung innerhalb des Abluftstroms. Durch die kurzwellige UV-Strahlung wird Ozon aus Luftsauerstoff gebildet, welches mit organischen Partikeln und Gasen reagiert. Oxidationsrückstände sind Wasser, Kohlenstoffdioxid, niedermolekulare Verbindungen und Fettaschen.

UV-Systeme werden auch zur Fettfreihaltung der Lüftungskanäle eingesetzt. Dabei kommen langlebige Röhren mit Standzeiten von ca. 10.000 Stunden zum Einsatz. Betriebsstundenzähler sowie Störungsanzeige für den Ausfall einzelner UV-Lampen sind vorzusehen.

Der Einsatz der UV-Technologie wird für Kantinen und Restaurantküchen, „Front cooking stations“, Mobile Kochstationen, Grillstationen, Fastfood Restaurants, die Fisch- und Fleischindustrie, Bäckereien und Kaffeeröstereien empfohlen.

4.3.2.2 Plasmaanlagen

Bei Plasmaanlagen wird ein nicht-thermisches oder auch „kaltes“ Plasma durch Entladungseffekte bei hohen Feldstärken erzeugt. Als Plasma bezeichnet man ein ionisiertes Gas das aus freien Elektronen, Ionen und neutralen Teilchen besteht. Plasmen emittieren elektromagnetische Strahlung mit unterschiedlichsten Wellenlängen (Project PlasTEP, 2012).

Das zu reinigende Abgas durchströmt die Elektrodenanordnung und tritt in Kontakt mit dem darin erzeugten Plasma. Die beim elektrischen Durchbruch entstehenden Mikroentladungen dauern wenige Nanosekunden. Die Wechselwirkung der freien Elektronen mit Molekülen der Luft (O_2 und H_2O) erlaubt die Bildung von reaktiven Radikalen (O , OH , und HO_2), welche den chemischen Abbau der Gasmoleküle der Abluft (z.B. organische Moleküle als Geruchsträger) fördern. Ein Luftplasma kann ebenfalls Ozon sowie diverse Stickstoffoxide bilden.

Die für die Emissionsminderung relevanten Prozesse laufen auf zeitlichen Skalen unter einer Sekunde ab. Dabei dominieren bei Anwesenheit von Luftsauerstoff oxidative Prozesse. Organische Verbindungen werden durch Dehydrierung und anschließende Oxidation zu Peroxy-Radikalen chemisch modifiziert. Peroxy-Radikale können weiter zu CO_2 und Wasser oxidieren oder zu einer Radikalkettenreaktion führen (VDI 2441). Abbaumechanismen von organischen Substanzen wie Geruchsstoffen durch die gebildeten reaktiven Spezies werden durch (Kim et al., 2017) beschrieben.

4.3.2.3 Ozonanlagen

Ozonanlagen gehören technisch gesehen zu den Plasmaanlagen und zeichnen sich durch die Herstellung des reaktiven Ozons getrennt von den Abgasen aus. Ozon wird in Ozonanlagen nach den Verfahren der Richtlinie VDI 2441 durch UV-Strahlung und Korona- bzw. Barriere-Entladung gebildet. Dabei kann gefilterte Raumluft aber auch reiner Sauerstoff zum Einsatz kommen. Für Ozonanlagen finden die Bestimmungen der ÖNORM EN 16282-8 analog zu Plasmaanlagen Anwendung. Beim Einsatz von Korona- oder Barriereentladung können durch die hohen Feldstärken bzw. die Entladungen auch Stickstoffoxide gebildet werden. Daher empfiehlt die ÖNORM EN 16282-8 2017 die Zuführung von Sauerstoff zum Ozongenerator, wenn der Gesamtabluftstrom $2.500 \text{ m}^3/\text{h}$ übersteigt.

Im Gegensatz zu den inline-Systemen haben injizierende Systeme den Vorteil, dass deren Baugruppen zur Ozonerzeugung nicht mit dem Abgas in Kontakt kommen und dadurch nicht verunreinigt werden können (Bunge, 2016).

4.3.2.3 Thermische Abgasnachbehandlung

Bei Anlagen zur thermischen Abgasnachbehandlung handelt es sich um Anlagen mit ausgekleideten Brennkammern oder um Fackeln. Die Verfahren zur thermischen Abgasreinigung werden in der Richtlinie VDI 2442 behandelt. Dabei handelt es sich um das grundlegende Verfahren der thermischen Oxidation. Die Verbrennungstemperatur liegt im Regelfall über 800° C. Die Verweilzeiten in der Brennerkammer liegen bei 0,5 bis 0,8 s.

Für den Einsatz einer thermischen Abgasnachverbrennung kann die Konditionierung des Rohgases erforderlich sein.

Bei vollständiger Verbrennung treten als Reaktionsprodukte Kohlenstoffdioxid, Wasser und Partikel auf.

Die thermische Abgasnachverbrennung findet in zahlreichen Industriezweigen Anwendung. Im Bereich der lebensmittelverarbeitenden Industrie zählen dazu unter anderem Anlagen zur Gewinnung pflanzlicher Öle und Fette, Räucheranlagen, Kaffee-, Kakao- und Schokoladeindustrie und Anlagen zum Garen und Wärmebehandeln von Lebensmitteln.

Thermische Nachverbrennungsanlagen sind in der Lage den Gehalt an organischem Kohlenstoff von einigen g/m³ im Rohgas auf wenige mg/m³ im Reingas zu senken. Das „BAT Reference Document in the Food, Drink and Milk Industries FINAL DRAFT 2018“ (European Commission, 2018) weist auf eine Effizienz von fast 100 % bezüglich der Geruchsminderung hin. VOC-Emissionen im Bereich von < 1-20 mg/m³ sind möglich.

4.3.2.4 Katalytische Abgasreinigung

Die katalytischen Abgasreinigungsverfahren bauen die Schadstoffe im Rohgas mittels oxidativer oder reduktiver katalytischer Prozesse ab. Im Vergleich zu thermischen Verfahren weisen sie meist niedrigere Reaktionstemperaturen auf. Die technischen Grundlagen der katalytischen Abgasreinigung werden in der Richtlinie VDI 3476, Blatt 1 behandelt. Die Richtlinie VDI 3476, Blatt 2 widmet sich den oxidativen Verfahren, Blatt 3 der selektiven katalytischen Reduktion.

Die Regeneration des Katalysatormaterials ist erforderlich, da Katalysatoren während des Betriebes physikalisch-chemische Veränderungen wie z.B. Rekristallisation, Phasenumwandlungen und Vergiftungen durchlaufen.

Oxidative katalytische Verfahren werden in der lebensmittelverarbeitenden Industrie (Röstereien und Räuchereien) zur Eliminierung von VOC und Gerüchen aus dem Rohgas eingesetzt. Dabei kommen meist Edelmetall- oder Mischoxidkatalysatoren zum Einsatz.

Katalytische Abgasnachbehandlungsanlagen erreichen Umsätze des abzubauenen Stoffes von mehr als 99,5 %. Bei der Reinigung des Rohgases einer Kaffeerösterei werden Reinigungsleistungen von 95 % berichtet (VDI 3476, Blatt 2). Der Einsatz von monolithischen Katalysatoren wird mit einem Wirkungsgrad von 90 % für die Reduktion von Geruchsemissionen durch katalytische Oxidation im Bereich der Gastronomie berichtet.

Durch katalytische Abgasreinigungen können laut dem „BAT Reference Document in the Food, Drink and Milk Industries FINAL DRAFT“ (European Commission, 2018) VOC-Konzentrationen von < 1-50 mg/m³ erreicht werden. Die Geruchsbeseitigungsleistung liegt im Bereich von 95 bis 100 %. Auf die Einhaltung der CO- und NO_x-Emissionswerte ist zu achten.

4.3.2.5 Geruchsreduzierende Chemikalien

Zur Geruchsminimierung in der Abluft werden auch Chemikalien angeboten, die in den Abluftstrang eingebracht werden. Diese Chemikalien sollen unerwünschte organische Gerüche minimieren und besonders für Gerüche der Gastronomie und Küchenabluft geeignet sein.

Herstellerseitig sind nur wenige Angaben zu diesen Chemikalien verfügbar. Sie bestehen aus natürlichen Inhaltsstoffen von ätherischen Ölen und sind laut Hersteller nicht-toxisch, biologisch abbaubar, wasserlöslich und umweltverträglich. Es soll sich dabei auch nicht um enzymatische oder chemische Reaktionen handeln. Der zugrundeliegende Wirkmechanismus dieser geruchsreduzierenden Chemikalien ist nicht beschrieben. Teilweise wird eine Bindung der geruchsreduzierenden Chemikalien mittels van-der-Waals-Kräfte an die geruchstragenden Moleküle oder Partikel angeführt. Hersteller geben eine Reduktion der Geruchswahrnehmung von rund 90 % an. Diese Chemikalien sollen die menschliche Nase bezüglich der Geruchsemission desensibilisieren und dadurch die Geruchsemission durch die Nase nicht mehr wahrnehmbar machen.

Der Einsatz dieser Methoden wird kritisch gesehen, da sie keine Reduktion der Geruchsemissionen sondern lediglich eine Maskierung bewirken. Die geruchsreduzierenden Chemikalien weisen einen Eigengeruch auf und können selbst zur Geruchsbelästigung beitragen (Croydon Council - Pollution Team, 2018; DEFRA-Guide, 2005).

4.3.3 Biologische Minderungsmaßnahmen

Zu den biologischen Abgasreinigungsverfahren zählen Biofilter, Biowäscher und Biorieseltreaktoren. Vollständigkeitshalber wird in diesem Kapitel auch der Einsatz enzymatischer Verfahren im Abgasstrom behandelt, die allerdings nicht zu den emissionsmindernden Maßnahmen gezählt werden können.

Biologische Abgasreinigungsverfahren können eingesetzt werden, wenn die zu reduzierenden Emissionen hinreichend schnell biologisch abbaubar sind. Die biologische Abluftreinigung 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.

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 (z.B. 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.

4.3.3.1. Biofilter

Die Richtlinie VDI 3477 listet die Eignung von Biofiltern zur Emissionsminderung auf.

Bei Biofiltern findet der Abbau der luftverunreinigenden Stoffe durch Mikroorganismen auf einem festen Trägermaterial statt. Die Abbaubedingungen sind dabei aerob (Schlegelmilch, 2008). Als Trägermaterialien können natürliche Materialien wie z.B. Rindenmulch, Hackschnitzel, Komposte, Kokosfasern und Fasertorfe aber auch anorganische Materialien mit großer innerer Oberfläche wie z.B. Blähton eingesetzt werden. Diese werden als Schüttungen oder in Form modularer Container angeordnet. Emissionen von Biofiltern können je nach Bauart diffus oder gefasst abgeführt werden.

Im Regelfall ist ein vielfältiges Kollektiv an ubiquitären Mikroorganismen an den Abbauvorgängen beteiligt. Diese verwerten die organischen Verbindungen in der zu reinigenden Abluft zu Kohlendioxid und Wasser. Relevant für die Funktion eines Biofilters ist eine ausreichend hohe Wasserversorgung. Der optimale Arbeitsbereich liegt bei 20 bis 40 °C sowie bei neutralem bzw. schwach saurem pH-Wert.

Biofilter benötigen bei Neuerrichtung bzw. bei Erneuerung des Schüttmaterials eine ausreichende Einlaufzeit bis zum Erreichen der vollen Abbauleistung. Diese kann durch Animpfen (z.B. mit Klärschlamm oder speziellen Kulturen) verkürzt werden.

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.

Biofilter weisen einen Eigengeruch auf, prozesstypische Gerüche dürfen nicht mehr nachweisbar sein. Hedonik und Geruchsstoffmenge verändern sich von der Inbetriebnahme bis zum Erreichen stationärer Betriebsparameter. Auf Grund des Eigengeruches kommt der Standortwahl des Biofilters entscheidende Bedeutung zu. Die Geruchsemissionen eines Biofilters an Eigengeruch und als Restkonzentration im Reingas belaufen sich für Großanlagen auf 150 bis 200 GE/m³ (European Commission, 2018). Bei kleineren Anlagen treten erfahrungsgemäß Geruchsemissionen von weniger als 500 GE/m³ auf. Weiters wird auf die Richtlinie VDI 3477 Anhang B „Interpretation von olfaktometrischen Daten“ verwiesen. Die Emission von Bioaerosolen durch Biofilter ist möglich.

Wesentliche Voraussetzungen bezüglich der Abgaszuleitung sind die richtige Dimensionierung sowie das Vorhandensein von Revisionsmöglichkeiten. Eine gleichmäßige Beaufschlagung und Durchströmung des Filterbettes und –materials ist Voraussetzung für einen optimalen Betrieb. Eine Abgaskonditionierung zum Erreichen einer optimalen Feuchte bzw. auch zum Entfernen von störenden Abgaskomponenten kann notwendig sein. Die zugeführte Staubkonzentration sollte zur Funktionserhaltung des Biofilters möglichst gering sein, ansonsten sind geeignete Staubminderungsmaßnahmen vorzuschalten. Auch eine Temperierung des Abgases kann erforderlich sein. Die relative Feuchte des Abgases soll über 95 % liegen.

Die Dimensionierung eines Biofilters kann auf Grund von Erfahrungswerten bzw. Pilotanlagen erfolgen.

Biofilter können auch mit unterschiedlichen anderen Verfahren zur Emissionsminderung kombiniert werden. Wird beispielsweise ein Biowäscher einem Biofilter vorgeschaltet, werden einerseits Aerosole und Stäube ausgewaschen und andererseits die notwendige Feuchte für den Biofilter eingebracht (Schlegelmilch, 2008).

4.3.3.1.1 Auflagenvorschlag für Biofilter

Um den ordnungsgemäßen Betrieb einer Biofilteranlage sicherstellen zu können sind nach dessen Errichtung Auflagen zu definieren, um die Einhaltung des Standes der Technik sicherzustellen. Diese können folgende Punkte umfassen:

- Einmalige olfaktometrische Abnahmemessung der Abluftreinigungsanlage (ARA) nach ausreichender Konditionierung gemäß DIN EN 13725:
 - Rohgas-Mittelwert
 - Reingas-Mittelwert
 - Abscheidegrad-Mittelwert (Staub, Geruch und Ammoniak)
- Wiederkehrende olfaktometrische Messungen gemäß DIN EN 13725 können in regelmäßigen Abständen oder bei Tausch des Trägermaterials erforderlich sein.
- Elektronisches Betriebstagebuch (EBTB) mit permanenter Aufzeichnung und Nachweisbarkeit folgender Parameter für die Abluftreinigungsanlage (ARA):
 - Energieverbrauch der ARA: [kWh]
 - Medienverbräuche (Frischwasser, Abwasser, Laugen, Säuren und andere Stoffe, falls diese eingesetzt werden): [kg] oder [l]
 - Abschlammung (Wäscher): [m³]
 - Luftvolumenstrom: [m³/h]
 - Roh- und Reingastemperatur: [°C]
 - Relative Feuchte für Roh- und Reingas: [%]
 - Differenzdruck der ARA: [Pa] oder [mbar]
 - pH-Wert und Leitfähigkeitswert bei Abluftwäschern oder mehrstufigen Systemen: [-; mS/cm]
 - Umwälzmenge des Waschwassers: [m³/h]
- Richt- bzw. Grenzwerte (sind projektabhängig anzupassen):
 - Einhaltung der erforderlichen Minimalluftfrate für den Winter- und Sommerbetrieb gemäß DIN 18910
 - Differenzdruck: anlagenspezifischer Grenzwert
 - Reingas-Grenzwert: Tagesmittelwert (TMW) <300 GE/m³ und Halbstundenmittelwert (HMW) <600 GE/m³
- Wartung:
 - Wartungsvertrag zwischen Hersteller und Betreiber
 - Biofiltermaterialtausch (Hackschnitzel, Zellulose, etc. nach zwölfmonatigem Betrieb der Anlage)

4.3.3.2 Biowäscher

Die grundlegenden Prinzipien des Biowäschers sind die physikalische Absorption, die auch den Nasswäschern zugrunde liegt, und die anschließende biochemische Verarbeitung der absorbierten Verunreinigungen des Rohgases (VDI 3478, Blatt1). Im Gegensatz zu Biofiltern und Biorieselbettreaktoren sind bei Biowäschern die Bakterien nicht auf Träger-schichten fixiert, sondern im Waschwasser suspendiert.

Die Waschflüssigkeit stellt gleichzeitig das Nährangebot an die Mikroorganismen bereit. Der pH-Wert liegt zwischen 5,5 und 9, kann aber bei Sonderanwendungen auch im stärker sauren Bereich liegen. Verweilzeiten im Biowäscher liegen typischerweise zwischen 5 und 15 s (European Commission, 2018).

Bei Betriebsstillständen bzw. Veränderungen der Rohgaszusammensetzung sind eine kontinuierliche Versorgung der Biomasse mit Sauerstoff und Nährstoffen, sowie eine Umwälzung der Waschflüssigkeit erforderlich.

Tropfenabscheider am Reingasaustritt des Biowäschers verhindern den Austrag der Waschflüssigkeit mit dem Reingas.

Biowäscher erreichen Wirkungsgrade über 80 % bei der Geruchsreduktion (Schlegelmilch, 2008).

4.3.3.3 Biorieselbettreaktoren

Biorieselbettreaktoren bestehen aus Füllkörperpackungen, die regelmäßig zur Aufrechterhaltung der mikrobiologischen Aktivität mit Wasser und darin gelösten Nährstoffen besprüht werden (VDI 3478, Blatt 2). Verfahrenstechnisch sind Biorieselbettreaktoren Füllkörperwäscher, deren Berieselung nicht zum Auswaschen der Verunreinigungen aus dem Rohgas beiträgt. Im Gegensatz zum Biowäscher sind die Mikroorganismen hauptsächlich als Biofilm auf den Füllkörpern fixiert und weniger im Wasser suspendiert. Die Berieselung dient ausschließlich der Aufrechterhaltung des Feuchtemilieus und soll keine auswaschende Wirkung haben.

Die Mikroflora im Biorieselbettreaktor ist abhängig von Temperatur, pH-Wert, Nährstoffangebot, Substrat und dem zu reinigenden Rohgas. Auch Biorieselbettreaktoren haben durch die Mikroflora einen biogenen Geruch, der bei der Situierung der Anlage zu beachten ist.

Um optimale Abbaubedingungen im Biorieselbettreaktor zu erreichen soll das Rohgas staub- und aerosolarm sein, möglichst geringe Schwankungen in der Zusammensetzung und Konzentration aufweisen und bezüglich Temperatur den Lebensbedingungen der Mikroorganismen ähneln.

Tropfenabscheider am Reingasaustritt des Biorieselbettreaktors verhindern den Austrag des Berieselungswassers mit dem Reingas.

Biorieselbettreaktoren können Reinigungsleistungen von mehr als 90 % aufweisen (Margesin, 1995). Die Anwendungsgebiete sind mit den Biowäschern vergleichbar.

4.3.3.4 Enzymatische Verfahren im Abluftstrom

Die ÖNORM EN 16282-8 verweist im Anhang D auf mikrobiologische Aerosolnachbehandlungssysteme, die mikrobiologisch-aktive Lösungen mittels Dosier-Sprühsystem in die Abluftanlage einbringen.

Mikrobiologische Aerosolnachbehandlungssysteme dienen nicht der Emissionsminderung bzw. Elimination von Gerüchen, sondern der Reinigung des Abluftsystems und der Reduktion der Brandgefahr (Riedel, 2015). Enzymatisch aktive Lösungen spalten dabei Fette und verhindern dadurch eine Versottung der Lüftungsanlage. Durch den Abbau der Fette und die Verhinderung der Anlagerung wirken diese Systeme in diesem Bereich bedingt geruchsreduzierend, können allerdings nicht als emissionsmindernde Maßnahme angesehen werden.

5 Verfahrensübersicht

5.1 Bäckereien und Backshops

5.1.1 Emissionsrelevante Verfahrensschritte

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

5.1.2 Emissionen

Durch die hohen Temperaturen in der Kruste laufen chemische Reaktionen ab, bei denen besonders zahlreiche Geschmackstoffe gebildet werden. In erster Linie handelt es sich um Melanoidine, Furfurole, Zuckercouleur, Aldehyde und Ester. 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 Backvorgang von 800 – 1600 Geruchseinheiten pro Kilogramm fertiger Backware, wobei dieser Wert von verschiedenen Faktoren (Produkt, Ofentemperatur, Backverfahren usw.) abhängt.

Beim Aufbacken von Teiglingen wurden in der Schwadenluft Geruchsemissionen von 90 bis 150 Geruchseinheiten pro m³ gemessen.

Gegebenenfalls müssen Emissionen aus Verbrennungsvorgängen (insbesondere aus Holzöfen) gesondert betrachtet werden.

5.1.3 Emissionsminderungsmaßnahmen

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 Nährstoffangebot d.h. einen kontinuierlichen Ofenbetrieb, Ablufttemperaturen unter 40 °C und eine wassergesättigte Abluft. In der VDI Richtlinie 3477 – Biofilter ist die Auslegung, der Bau und Betrieb von Biofilteranlagen beschrieben.

5.1.4 Emissionsbegrenzung

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.

5.2 Räuchern von Fleisch und Fisch (Selchen)

5.2.1 Allgemeines

Räuchern ist eine althergebrachte 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.

Zum Themenbereich Räuchern (Selchen) existieren zwei VDI-Richtlinien. Bezüglich weiterer Vertiefung des Themas wird auf die Richtlinien VDI 2595 Blatt 1 (Räucheranlagen Lebensmittel) und Blatt 2 (Fischräuchereien) vom März 2010 verwiesen.

Anlagen zur Verarbeitung und zur Behandlung von Fisch oder Fleisch einschließlich Geflügel mit einer Verarbeitungskapazität von mehr als 75 t/d stellen IPPC-Anlagen dar (Ziffer 6.4b1 der Anlage 3 zur Gewerbeordnung). Die Tätigkeiten dieser Kategorie umfassen die Behandlung und Verarbeitung der Rohstoffe, unabhängig davon, ob sie zuvor verarbeitet wurden oder nicht, mit alleiniger Ausnahme der Tätigkeit des Verpackens. Hinsichtlich IPPC-Anlagen wird auf das BAT-Dokument „Best Available Techniques (BAT) Reference Document in the Food, Drink and Milk Industries“ hingewiesen (European Commission, 2018).

5.2.2 Räucheranlagen

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). Zumeist werden Räucheranlagen als diskontinuierlich betriebene Chargenanlagen ausgeführt, aber auch kontinuierliche Durchlaufanlagen sind (in großen Betrieben) möglich. Hinsichtlich der Arbeitsweise beim Räucherprozess, der Rauchführung sowie der anfallenden Abbrauchmengen lassen sich Räucheranlagen in unterschiedliche Systeme einteilen.

5.2.2.1 Durchzugsanlagen

Durchzugsanlagen werden während des Räucherprozesses offen mit Frischluftzufuhr betrieben. Diese Anlagen besitzen, abhängig von der Menge der Frischluftzufuhr, entsprechende Abbrauchvolumenströme. Die Rauchströmung in diesen gemauerten oder aus Metall gefertigten Kammern entsteht entweder durch thermischen Auftrieb oder durch einen Saugzugventilator. Die Abgase werden über Kamine abgeleitet.

Durchzugsanlagen entsprechen im gewerblichen Maßstab nicht dem Stand der Technik.

5.2.2.2 Anlagen mit Umluftbetrieb

Bei Anlagen mit Umluftbetrieb wird der Selchrauch zwischen Raucherzeuger und Selchkammer im Kreislauf geführt, wobei ein gewisser Frischluftanteil für den Abtransport der

Produktfeuchte sorgt. Die Anlagen werden somit abrauchreduziert betrieben. In der Regel kommt Glimmrauch aus einem externen Raucherzeuger zum Einsatz. Die Räucher-
kammern werden als Ein- oder Mehrwagen-Anlagen zumeist in Edelstahl-Ausführung her-
gestellt und besitzen lufttechnische Einrichtungen für Um- und Abluft. Die Anlagenpro-
zesse werden in der Regel über Mikroprozessor-Steuerungen programmierbar gesteuert.

5.2.2.3 Kreislaufanlagen

Kreislaufanlagen werden während des Räucherprozesses geschlossen betrieben. Es er-
folgt keine Zufuhr von Frischluft. Die im Allgemeinen zur Raucherzeugung verwendete
Frischluft wird hier durch Behandlungsluft aus der Anlage ersetzt. Geringe Abgasmengen
fallen durch thermische Ausdehnung der Behandlungsluft und beim Ablüften nach Been-
digung des Räuchervorgangs an. Die Räucher-
kammern werden als Ein- oder Mehrwagen-
Anlagen zumeist in Edelstahl-Ausführung hergestellt und besitzen lufttechnische Einrich-
tungen für Um- und Abluft. Die Anlagenprozesse werden über Mikroprozessoren pro-
grammierbar gesteuert. Kreislaufanlagen werden in der Regel mit einem Flüssig- oder
Reibrauchverfahren betrieben.

5.2.3 Räucherverfahren

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

5.2.3.1 Heißräuchern

Werden rohes Fleisch oder roher Fisch über wenige Stunden hinweg bei einer Temperatur
von 50 bis 100 °C gegart und konserviert, spricht man von Heißräuchern. Dabei findet in
der Räucher-
kammer aufgrund der hohen Behandlungstemperaturen gleichzeitig ein Gar-
und Trocknungsprozess statt. Die Räucher-
kammern werden zusätzlich beheizt, die Heiz-
leistung für eine Selchwageneinheit (2 m³ Inhalt, Warenaufnahme ca. 100 – 350 kg) be-
trägt ca. 30 kW. In der Regel sind diese Räucheranlagen mit Einrichtungen zur Regelung
von Temperatur und rel. Luftfeuchtigkeit ausgestattet. In den Richtlinien VDI 2595 Blatt 1
(Räucheranlagen Lebensmittel) und Blatt 2 (Fischräuchereien) werden für das Heißräu-
chern folgende Verfahrensmerkmale angegeben:

Tabelle 2: Verfahrensmerkmale Heißräuchern

Parameter	Wert für Fleisch	Wert für Fisch
Temperatur	bis ca. 80 °C	bis ca. 100 °C
rel. Luftfeuchtigkeit	bis 99 %	50-90 %
Behandlungszeit	bis 120 Minuten	20-250 Minuten
Räucherzeit	5-100 Minuten	5-250 Minuten
Räuchermittelverbrauch	bis 12 g/kg Produkt	< 20 g/kg-400g/kg Produkt
Abgasvolumenstrom für eine Selchwageneinheit (2 m ³ Inhalt, Warenaufnahme ca. 100-350 kg)	i.A. ca. 100 m ³ /h	i.A. ca. 100 m ³ /h

Typische Produkte stellen Brühwürste (z.B. Frankfurter Würstel, Extrawurst, Knacker), Dauerwürste (Wiener, Polnische, Cabanossi) oder Selchfleisch sowie Fische wie Makrele, Aal oder Forelle dar.

5.2.3.2 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. Der Räuchervorgang ist üblicherweise in mehrere Räucher- und Frischluftphasen eingeteilt, die Räucherzeit ist daher kürzer als die Behandlungszeit. Namensvorsätze wie „Land-“ oder „Bauern-“ werden in Österreich dem Lebensmittelkodex nach für Produkte verwendet, die kaltgeräuchert wurden.

Tabelle 3: Beispielhafte Prozessschritte einer Kaltrauchanlage

Schrittnummer	Prozessschritt	Temperatur
Schritt 1	36 h Klimareifen	25 °C
Schritt 2	6 h trocknen	24 °C
Schritt 3	35 min Räuchern	24 °C
Schritt 4	10 min Rauchvernichten	24 °C
Schritt 5	30 min Evakuieren	22 °C

Schrittnummer	Prozessschritt	Temperatur
Schritt 6	30 min Räuchern	22 °C
Schritt 7	5 min Rauchvernichten	22 °C
Schritt 8	12 h Klimareifen	22 °C
Schritt 9	30 min Evakuieren	21 °C
Schritt 10	30 min Räuchern	21 °C
Schritt 11	5 min Rauchvernichten	21 °C
Schritt 12	30 min Evakuieren	21 °C
Schritt 13	30 min Räuchern	21 °C
Schritt 14	5 min Rauchvernichten	21 °C
Schritt 15	6 h Klimareifen	20 °C
Schritt 16	30 min Trocknen	18 °C
Schritt 17	30 min Räuchern	18 °C
Schritt 18	5 min Rauchvernichten	18 °C
Schritt 19	1 h Evakuieren	15 °C

In den Richtlinien VDI 2595 Blatt 1 (Räucheranlagen Lebensmittel) und Blatt 2 (Fischräuchereien) werden für das Kalträuchern folgende Verfahrensmerkmale angegeben:

Tabelle 4: Verfahrensmerkmale Kalträuchern

Parameter	Wert für Fleisch	Wert für Fisch
Temperatur	bis ca. 50 °C	15-30 °C
rel. Luftfeuchtigkeit	bis 99 %	60-85 %
Behandlungszeit	bis ca. 6 Wochen	bis 24 Stunden
Räuchermittelverbrauch	bis 150 g/kg Produkt	30 g/kg-280 g/kg Produkt
Abgasvolumenstrom	für eine Selchwageneinheit (2 m ³ Inhalt, Warenaufnahme ca. 100-350 kg) i.A. ca. 100 m ³ /h	je nach Räucheranlage zwischen 0,2-9 m ³ /kg Produkt

Typische Produkte stellen Roh- und Dauerwürste (Kantwurst, Landjäger), Schinken und Speck sowie Fische wie Lachs oder Heringsfilet dar.

5.2.3.3 Schwarzräuchern

Das Schwarzräuchern stellt ein spezielles Räucherverfahren dar, bei dem als Räuchermittel Nadelholzspäne, Reisig von Nadel- und Weichhölzern, harzhaltige Sägespäne oder Hartholzspäne eingesetzt werden. Das Schwarzräuchern erfolgt ansonsten nach dem Verfahren des Kalt- oder Heißräucherns.

Die Verfahrensmerkmale und auch die Zusammensetzung des Rauchgases unterscheiden sich nicht wesentlich von jenen des Heiß- bzw. Kalträucherns.

Ein typisches Produkt stellt der Schwarzwälder Schinken (kaltgeräuchert) dar.

5.2.4 Raucherzeugung

5.2.4.1 Glimmrauch

Glimmrauch wird durch die Verschwelung von Sägespänen, Hackschnitzeln oder anderen Räuchermitteln erzeugt. Dies erfolgt meist im externen Raucherzeuger oder auch in der Räucherammer selbst. Die Pyrolysegeschwindigkeit kann bei Glimmraucherzeugern durch die konstruktive Gestaltung des Spänetopfes beeinflusst werden. Dabei werden unterschiedliche Temperaturverteilungen im Spänebett erzielt. In mechanisch gesteuerten Glimmraucherzeugern wird die Rauchentwicklung im Wesentlichen über den Räuchermittelvorschub und die Luftzufuhr eingestellt. Die Zündung erfolgt in der Regel elektrisch.

5.2.4.2 Reibrauch (Frikionsrauch)

Für die Herstellung von Reibrauch (Frikionsrauch) 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.

5.2.4.3 Dampfrauch

Bei Dampfrauch wirkt überhitzter Wasserdampf (Temperatur 360–400 °C) auf 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 nach-geschalteten Kondensator niedergeschlagen werden.

5.2.4.4 Flüssigrauch

Das Räuchern mit Flüssigrauch ist kein klassisches Räucherverfahren, sondern eine Aromatisierung der Produkte. Bei diesem Verfahren wird in einer (beheizten) Kammer ein flüssiges Rauchkonzentrat mittels Druckluft über Düsen vernebelt (zerstäubt).

5.2.5 Emissionen

Räucherabgas stellt ein komplexes Stoffgemisch dar, von dem nur ein relativ kleiner Teil der Komponenten qualitativ bekannt ist. Enthalten sind neben Kohlenstoffmonoxid verschiedenste gas- und dampfförmige organische Substanzen, z.B. Phenole, Acrolein, Formaldehyd, polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe sowie organische Säuren.

Je nach spezifischem Abgasvolumenstrom sind Rohgaskonzentrationen an flüchtigen organischen Verbindungen bis zu 5000 mg/m³ als organischer Gesamtkohlenstoff (TOC) möglich. Etwa 40 % bis 60 % der Emissionen liegen in Aerosolphase vor.

Die Geruchsintensität liegt im Bereich von 10³ bis 10⁵ GE/m³. Zwischen den Massenkonzentrationen an organisch gebundenem Kohlenstoff und den Geruchsstoffkonzentrationen gibt es nur eine sehr schwache Korrelation.

5.2.6 Emissionsminderungsmaßnahmen

In Bezug auf die Emissionsminderung von Räucheranlagen können die Richtlinien VDI 2595 Blatt 1 (Räucheranlagen Lebensmittel) und Blatt 2 (Fischräuchereien) als Beurteilungshilfe herangezogen werden. Darin werden verschiedene Verfahren zur Abgasreinigung beschrieben und auch Auswahlkriterien und Wirtschaftlichkeitsrechnungen behandelt. Als die gängigsten Abgasreinigungsverfahren werden genannt:

- Nachverbrennungsanlagen (thermisch, katalytisch)
- Absorption (Nasswäscher)
- Adsorption/Elektroverfahren (Aktivkohlefilter, Elektroabscheider)
- Biofilter
- kombinierte Verfahren

5.2.7 Emissionsbegrenzung

Hinsichtlich Emissionsbegrenzung wird in den beiden Richtlinien ausgeführt, dass es nicht möglich ist, mit angemessenem Aufwand jede emittierte Substanz einzeln zu messen. Daher wird als Emissionswert für die Massenkonzentration die Summe der organischen Kohlenstoffverbindungen in Höhe von 50 mg/m^3 herangezogen. In der Regel sind drei Einzelmessungen mit einer Messdauer von jeweils 30 Minuten (Halbstundenmittelwerte) bei ungestörtem Dauerbetrieb durchzuführen.

Der ausgewiesene Emissionswert für TOC von 50 mg/m^3 gewährleistet, dass bei Ableitbedingungen nach dem Stand der Technik erfahrungsgemäß keine erheblichen Geruchsbelästigungen auftreten. In Einzelfällen kann es unter Umständen notwendig sein (z.B. in Beschwerdefällen), olfaktometrische Messungen durchzuführen.

In Deutschland stellen Räuchereien mit einer Produktionskapazität von 1 Tonne Fleisch- oder Fischwaren oder mehr je Woche genehmigungsbedürftige Anlagen im Sinne der 4. BImSchV dar. In der Vollzugsempfehlung Formaldehyd ist für derartige Anlagen eine Emissionsbegrenzung vorgesehen, wonach die Emissionen an Formaldehyd im Abgas die Massenkonzentration 10 mg/m^3 oder den Massenstrom 25 g/h nicht überschreiten dürfen [Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Immissionsschutz (LAI), 2015].

Diese Bestimmung soll gemäß aktuellem Entwurf zur Anpassung der TA Luft vom 16.07.2018 auch in die Neufassung der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft aufgenommen werden.

Auflagenvorschlag für eine Emissionsmessung

In der Räucherabluft der Räucheranlage darf die Massenkonzentration an organischen Stoffen, angegeben als Gesamtkohlenstoff (TOC), von 50 mg/m^3 bei Normbedingungen (273 K und 1013 hPa) nicht überschritten werden.

Dieser Emissionswert ist messtechnisch nachzuweisen. Zur Ermittlung der Massenkonzentration sind 3 Einzelmessungen über eine Messzeit von je mindestens 0,5 Stunden durchzuführen. Die Probenahmezeit bzw. Mittelungszeit zur Ermittlung der Emissionsmassenkonzentration als HMW hat mindestens einen Evakuierungsvorgang zu enthalten. Der Emissionswert von TOC ist eingehalten, wenn der Mittelwert jeweils aus den 3 Einzelmessungen 50 mg/m^3 bei Normbedingungen nicht überschreitet. Die Messungen sind entsprechend nachvollziehbar im Sinne der ÖNORM EN 15259 zu dokumentieren. Dem Messbericht ist eine graphische Darstellung des Verlaufs von TOC-Massenstrom und TOC-

Massenkonzentration sowie der Bezugs- und Rechengrößen (Temperatur und Abgasgeschwindigkeit) beizufügen.

5.3 Gaststätten und Großküchen

5.3.1 Emissionsrelevante Verfahrensschritte

Die Zusammensetzung der Emissionen aus der Gastronomie und der Lebensmittelverarbeitenden Industrie ist stark von den primären Prozessen der zuzubereitenden Speisen abhängig. Während industrielle Prozesse meist unter kontinuierlichen Bedingungen bzw. auch bei kaum wechselnden Zusammensetzungen der Abgasfrachten ablaufen, ist dies in der Gastronomie nicht gegeben. Hier muss von stark wechselnden Belastungen der Abluft und Zusammensetzung des Rohgases ausgegangen werden.

Folgende Tabelle bietet eine Übersicht über die emissionsrelevanten Verfahrensschritte und deren Hauptemissionen:

Tabelle 5: Übersicht der Verfahrensschritte bei der Zubereitung von Speisen und Hauptemissionen bei ordnungsgemäßigem Betrieb

Verfahrensschritt	Beschreibung	Emissionen
Dämpfen	Garen in Wasserdampf bei einer Temperatur um 100 °C und mehr	Wrasen, VOC
Garziehen	Garen in Wasser oder Wasserdampf bei Temperaturen von 75-100 °C	Wrasen, VOC
Dünsten	Garen in Stoffmischungen aus Wasser, Fett und Wasserdampf bei Temperaturen um 100 °C	Wrasen, VOC
Kochen	Garen in Wasser von 100 °C	Wrasen, VOC, Aerosole
Braten	Garen in einem Fettfilm bei einer Temperatur um 200 °C	Aerosole, Blaurauch, VOC, ev. Rauch
Schmoren	Garen in einem Stoffgemisch bei Temperaturen um 120 °C nach vorherigem Braten	Wrasen, VOC, Aerosole
Frittieren	Garen in einem Fettbad bei Temperaturen von 160-200 °C	Fette (Tröpfchen, Dämpfe)
Backen	Garen in Luft bei einer Temperatur von 200-250 °C	Wrasen, VOC

Verfahrensschritt	Beschreibung	Emissionen
Grillen	Garen bei Temperaturen von 300 °C durch Leitung und Strahlung	Aerosole, Rauch, Blaurauch, Fette (Tröpfchen, Dämpfe, Aerosole)
Rösten	Garen bei Temperaturen um 350 °C durch Leitung, Konvektion und Strahlung	VOC, Aerosole, ev. Rauch

Zu den rein gasförmigen Emissionen gehören:

- Anorganische Gase: Vor allem in der lebensmittelverarbeitenden Industrie treten auch anorganische Verunreinigungen im Rohgas wie zum Beispiel Schwefelwasserstoff und Ammoniak auf.
- Organische Gase und Dämpfe/VOC: Flüchtige organische Verbindungen sind typische Träger des Geruchs. Im Bereich der Gastronomie und lebensmittelverarbeitenden Industrie handelt es sich hierbei im Rohgas beispielsweise um Aldehyde, Alkohole, Phenole, Carbonsäuren und deren Ester, Ketone, stickstoff- und schwefelhaltige organische Verbindungen, Amine, Mercaptane, Thiole. Sie sind meist wasserlöslich und photolytisch, chemisch oder biologisch abbaubar.

Zwischen gasförmigen und partikulären Emissionen liegen Emissionen, deren Phasenzustand je nach Konzentration und Abgastemperatur zwischen gasförmig, flüssig und teilweise fest wechseln kann bzw. die in verschiedenen Phasenzuständen emittiert werden:

- Fette in Form von Tröpfchen, Partikeln und Dämpfen: Diese werden von Fritteusen und Brättern emittiert, wobei die Verteilung zwischen Dämpfen und Partikeln stark vom zugrundeliegenden Prozess abhängt (Alexandrova, 2009). Während die Emissionen von Fritteusen hauptsächlich dampfförmig sind, sind die von Brättern eher partikelförmig. Zu dieser Emissionsart gehören auch die dampfförmigen Emissionen beim Überschreiten des Rauchpunktes von Fetten, die durch das Ausgasen der leichtflüchtigen Komponenten entstehen, aber noch nicht zum Blaurauch zu zählen sind. Der tröpfchenförmige Anteil der Fette in der Küchenabluft hat Durchmessergrößen von 0,5 µm bis über 10 µm. Generell gilt, je kleiner die abzuscheidenden Tröpfchen sind, desto aufwendiger wird die Abscheidetechnik. Bei Tröpfchengrößen < 1 µm (Fettaerosole) versagen die herkömmlichen Methoden der Fettabscheidung, der Einsatz spezieller Techniken wird erforderlich.
- Wrasen: Bei Wrasen handelt es sich um nebelartig kondensierten Wasserdampf in Verbindung mit anderen Emissionen wie Fetten oder organischen Dämpfen. Sie werden auch als Schwaden oder Brüden bezeichnet und treten bei allen Koch- und Garprozessen aber auch bei Bain-Marien, Getränkebrühanlagen, Geschirrspülanlagen, Backöfen und Backautomaten sowie Brauereien auf.

Zu den rein partikulären Emissionen gehören:

- **Aerosole:** Als Aerosole werden im Folgenden Partikel bezeichnet, deren aerodynamischer Durchmesser deutlich kleiner als die oben angeführten Fetttröpfchen, -partikel sowie Ruße und Aschen sind. Diese bewegen sich in der Größenordnung von 0,5 µm aerodynamischen Durchmesser. Sie sind auch Bestandteil des Blaurauches. Durch Agglomerationseffekte, bedingt durch die hohe Partikelanzahl, können im Bereich der Abscheider aber auch Partikeldurchmesser von 30 µm auftreten. 80 % der Aerosolmasse entfallen auf den Partikelbereich von 0,1 bis 8,0 µm. Für kochende Öle wurden Partikelemissionen mit Größenverteilungen im Bereich von 1-4 µm gemessen (Gao, 2013). Bis zu 90 % der Aerosole im Küchenbereich der Gastronomie entfallen auf Triglyceride und Fettsäuren (Andrejs, 2002).
- **Blaurauch:** Als Blaurauch bezeichnet man die gas- und partikelförmigen Produkte von Fetten und Proteinen, die durch Temperatureinwirkung thermisch gecrackt werden. Dabei werden die langkettigen Kohlenwasserstoffe thermisch in kurze Bruchstücke gespalten, die als gasförmige oder partikuläre Endprodukte abrauchen. Blaurauch kann bei allen Prozessen bei denen Fette und Proteine auf heißen Oberflächen zur Anwendung kommen auftreten, wie z.B. Braten oder Grillen. Die Partikelgrößen von Blaurauch liegen im Bereich der Aerosole. Direkte Partikelemissionen von Kochprozessen (Braten, Toasten, Backen und Grillen) werden mit 0,13 bis 0,25 µm Durchmesser angeführt (Morawska, 2003; Pulschke, 2004).
- **Rauch, Ruße und Aschen:** Rauch und Ruße treten vor allem beim Betrieb von Holzkohlegrills und –Pizzaöfen auf, können aber auch bei extremen Bratprozessen freigesetzt werden. Auch die Emission von Asche ist grundsätzlich an Verbrennungsprozesse von festen Brennstoffen gebunden. Emissionsmessungen von Holzkohle-befeuerten Grills und holzbefeuerten Pizzaöfen weisen einen hohen Anteil von Feinstaub kleiner 2,5 µm auf. 90 bis 95 % der Massenströme liegen im Bereich des PM 2,5.
- **Stäube:** Bei Stäuben handelt es sich um partikelförmige Emissionen mit sehr unterschiedlichen Partikelgrößen. Stäube treten neben industriellen Prozessen auch im Bereich der Bäckereien sowie der Vorbereitung von Speisen auf.

All diese Emissionen sind meist auch geruchsintensiv bzw. mit geruchsintensiven Stoffen belastet und tragen damit zu einer Emission von Geruchsstoffen bei.

5.3.2 Emissionen

Die Emissionen von Gaststätten und Großküchen variieren nach Art der Zubereitungen und Küchengröße.

Küchen lassen sich grob in Klein-, Mittel- und Großküchen einteilen.

Bei Klein-Küchen handelt es sich um gelegentlich genutzte Kochstellen bzw. Zubereitungsstellen für kleine Speisen in geringem Umfang wie z.B. Bistros oder Cafes. Klein-Küchen weisen typische Abluftvolumenströme von rund 2.000 m³/h oder weniger auf.

Als Mittel-Küchen können typische Einrichtungen in Bewirtungs- und Beherbergungsbetrieben sowie Restaurants mittlerer Größe angesehen werden. Die Abluftvolumenströme von Mittel-Küchen variieren im Bereich von 2.000 bis 10.000 m³/h.

Zu Groß-Küchen zählen z.B. große Kantinen, Betriebsversorgungseinrichtungen, Versorgungsküchen (z.B. Krankenhaus- und Heimküchen). Groß-Küchen weisen in der Regel Volumenströme von mehr als 10.000 m³/h auf.

Auf Basis vorliegender Messberichte, die im Zuge von Verwaltungsverfahren zugänglich wurden, wurden Roh- und Reingasemissionen sowie Wirkungsgrade der Abgasreinigung von Klein-, Mittel- und Groß-Küchen sowie von Holzkohlegrills und holzbefeuerten Pizzenöfen ermittelt und statistisch in Form von Boxplots gewertet (Abbildungen 3 bis 5). Angegeben sind der Median (schwarze, horizontale Linie), der Bereich zwischen 25 % und 75 % Quartil (rote Fläche), sowie der gesamte Bereich der Streuung (schwarze, vertikale Linie). Sind der Umfang bzw. die statistische Signifikanz des Datenmaterials zu gering, werden die entsprechenden Daten nicht präsentiert.

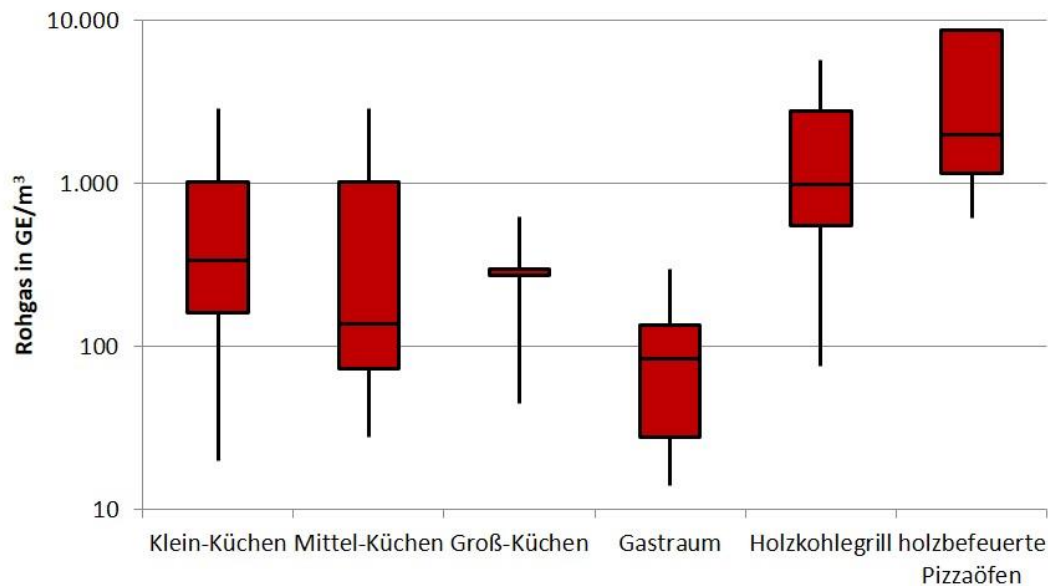


Abbildung 3: Boxplot der Rohgasemissionen verschiedener Emittenten in der Gastronomie

Die Rohgasemissionen von Klein-, Mittel- und Groß-Küchen variieren im Bereich von 100 bis 1.000 GE/m³, wobei je nach Art der Speisen und deren Zubereitung deutlich höhere oder auch niedrigere Werte auftreten können.

Im Gegensatz zu der Abluft der Küchen selbst weist die Abluft des Gastraums (Nichtraucherbereich) Geruchsemissionen von untergeordneter Größenordnung (im Bereich von 20 bis 50 GE/m³) auf. Erfahrungsgemäß sind diese nicht beurteilungsrelevant. Die Abluft des Gastraumes ist im Regelfall als Verdünnungsluft der Küchenabluft geeignet. Spezielle Nutzungen des Gastraums (z.B. Zigarrenclub, Shisha-Bar, ...) erfordern eine Beurteilung im Einzelfall.

Besonders hohe Emissionen an Geruchsstoffen im Bereich von ca. 1.000 bis 10.000 GE/m³ weisen Holzkohlegrills und holzbefeuerte Pizzaöfen auf. Hier können auch Luftschadstoffe wie NO_x oder PM₁₀ beurteilungsrelevant sein.

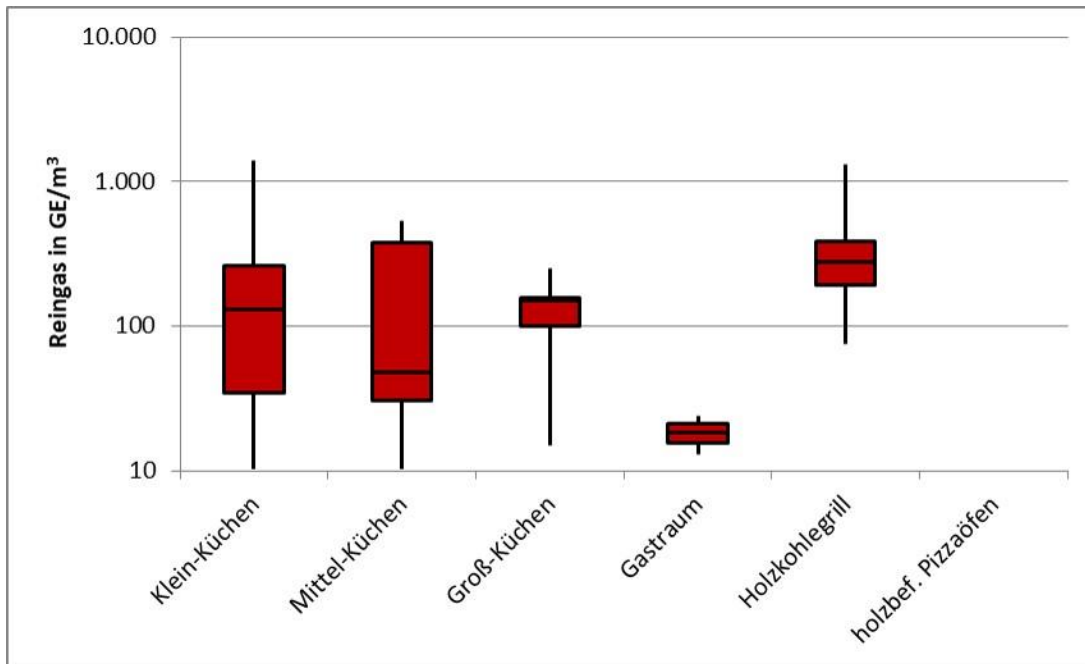


Abbildung 4: Boxplot der Reingasemissionen verschiedener Emittenten in der Gastronomie

Die Anwendung von emissionsmindernden Maßnahmen führt bei allen Küchentypen, sowie bei Gasträumen zu einer deutlichen Reduktion der Emissionen (Abbildung 4).

Die emissionsmindernden Maßnahmen bei Küchen und Holzkohlegrills weisen kaum Wirkungsgrade von mehr als 70 % auf. Dies beruht auf der sich stark verändernden Zusammensetzung der Abluft als auch der variablen Emissionsstärke (Abbildung 5).

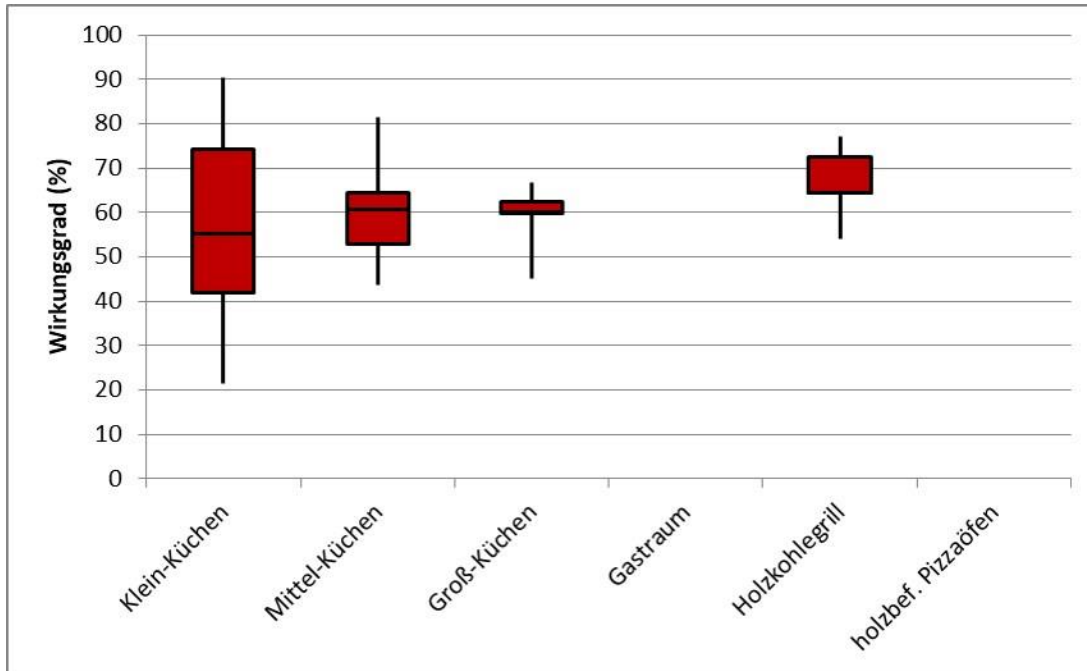


Abbildung 5: Wirkungsgrade der emissionsmindernden Maßnahmen verschiedener Emittenten in der Gastronomie

Neben der Küche selbst, eventuell dem Gastraum oder besonderen Zubereitungsplätzen wie Holzkohlegrills und holzbefeuerte Pizzaöfen können auch andere Bereiche im Gastronomiebetrieb emissionsrelevant werden. Besonders Abfälle aus der Gastronomie können zu Geruchsquellen werden. Daher sind biogene Abfälle in dicht geschlossenen und vor direkter Sonneneinstrahlung geschützten Behältern, möglichst in eigenen Räumen, zu lagern. Diesbezüglich sei auch auf die VDI 2160 „Abfallsammlung in Gebäuden und auf Grundstücken“ verwiesen.

5.3.3 Emissionsminderungsmaßnahmen

Lüftungstechnische Anlagen müssen sicherstellen, dass Gerüche, luftfremde Stoffe und Feuchtigkeit dem Stand der Technik entsprechend abgeführt werden. Werden die Zu- und Abluftanlagen normgemäß (z.B. ÖNORM EN 16282) ausgeführt, gilt diese Anforderung bezüglich der Luftqualität als erfüllt. Luftleitungen müssen innen abriebfest, korrosionsbeständig und glatt sein. Fortluftkanäle, die durch kalte Räume führen (z.B. ungeheizte Dachböden) oder im Freien angebracht sind, müssen wärme gedämmt werden, um Kondenswasserbildung zu vermeiden. Kanäle müssen immer ein Gefälle aufweisen und an den Tiefpunkten mit Entwässerungstutzen ausgestattet sein. Diese sind entweder periodisch zu entleeren oder an das Küchenabwassersystem anzuschließen.

Die Fortluft ist so ins Freie zu führen, dass bei allen Betriebsbedingungen und klimatischen Verhältnissen keine unzumutbare Belästigung von Nachbarn auftritt. Die Ausblasgeschwindigkeit ist entsprechend den allgemeinen Ableitbedingungen (Abschnitt 4.2) und den örtlichen Gegebenheiten festzulegen. Können die Anforderungen an die Ableitbedingungen nicht erfüllt werden oder kann das erforderliche Schutzniveau dadurch nicht erreicht werden, sind emissionsmindernde Maßnahmen erforderlich.

Für den Einsatz in Küchen kommen vor allem Massenkraftabscheider, Filter, Aktivkohlefilter und Kaltplasmaverfahren in Frage. Massenkraftabscheider schaffen die Voraussetzung für den Einsatz der anderen Techniken durch nahezu fettfreie Abluft. Aktivkohlefilter, Kaltplasmaverfahren sind bei hohem Wasserdampfgehalt in der Abluft in ihrer Funktion beeinträchtigt. 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.

Tabelle 6: Zuordnung der Eignung der emissionsmindernden Maßnahmen zu den Emissionsarten

Methoden		Aerosole	Blaurauch	Rauch, Ruße, Aschen	Stäube	Fette (Tropfen, Partikel)	Fette (Dämpfe)	Wrasen	Anorganische Gase	Organische Gase und Dämpfe
physikalische	Massenkraftabscheider ¹	o	o	o	+	+	-	o	-	-
	Filter	o	+	+	+	o	o	o	-	-
	Elektrostatische Abscheider	+	+	+	+	+	-	-	-	-
	Adsorption ²	-	-	-	-	-	-	-	o	+
	Nassabscheider	+	+	+	o	o	o	+	+	+
	Kondensation	-	-	-	-	-	+	+	o	+
chemische	Chemisorption ²	-	-	-	-	-	-	-	+	+
	UV-Anlagen	-	-	-	-	+	o	-	-	+
	Plasmaanlagen	-	-	-	-	+	+	-	-	+
	Ozonanlagen	-	-	-	-	+	+	-	-	+

+ gut geeignet; o bedingt geeignet; - nicht geeignet

¹ Um die Wirkungsgrade und Lebensdauern nachgeschalteter emissionsmindernder Maßnahmen nicht zu verringern, sind Massenkraftabscheider zur Abscheidung von Fetten (Tröpfchen und Partikel) unbedingt vorzuschalten.

² Methoden zur Adsorption wie z.B. Aktivkohlefilter oder zur Chemisorption, wenn z.B. Aktivkohle als Trägermaterial eingesetzt wird, sollten nicht mit partikulären Emissionen oder Fetten beaufschlagt werden, da dadurch Verstopfungen der Packung auftreten und die Lebenszeit des eingesetzten Produktes deutlich verkürzt werden kann.

Tabelle 7: Aufstellung der Einsatzbedingungen für die emissionsmindernden Maßnahmen

	Methoden	Betriebsbedingungen	Errichtungsaufwand	Wartungsaufwand	Wartungsintervalle	Energieaufwand
physikalische	Massenkraftabscheider	kL	g	E	t	k
	Filter	dL	g	EoS	t-m	k
	Elektrostatische Abscheider	dL	m-h	S	j	m
	Adsorption	dL	m	EoS	m-j	k
	Nassabscheider	dL	m-h	S	j	h ¹
	Kondensation	dL	g-h	EoS	j	k-h ²
chemische	Chemisorption	dL	m	EoS	m-j	k
	UV-Anlagen	dL	m	S	j	m
	Plasmaanlagen	dL	m	S	j	m
	Ozonanlagen	dL	m	S	j	m

Betriebsbedingungen: kL kontinuierliche Last; dL diskontinuierliche Last; alle angeführten Methoden sind auch für diskontinuierlichen Betrieb geeignet.

Errichtungsaufwand: g gering; m mittel; h hoch

Wartungsaufwand: E Eigenwartung; S Servicefirma; EoS Eigenwartung oder Servicefirma

Wartungsintervalle: j jährlich; m monatlich; w wöchentlich; t täglich

Energieaufwand: k keiner (Druckverluste im Abluftsystem möglich); m mittel (meist elektrische Energie für den Betrieb von Lampen oder Hochspannungsquellen), h hoch (z.B. Energie für Pumpen)

¹ Der Energieaufwand von Nassabscheidern wird stark durch die Bauart des Nassabscheiders beeinflusst.

² Kondensationsanlagen sind in unterschiedlichsten Bauarten je nach Einsatzzweck erhältlich. Je nach Betriebsart (Frischwasser, Peltier-Elemente, Kältemaschine) variieren die Betriebskosten.

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 Kartoffelverwertung

Zu diesem Themenbereich existiert eine VDI-Richtlinie (VDI 3895 Blatt 2 vom November 2014). Diese VDI-Richtlinie befasst sich mit Emissionen beim Wärmebehandeln von Kartoffeln im industriellen Bereich (Verarbeitungsmenge von mehr als 1 t je Tag). Die zitierte Richtlinie befasst sich auch mit Anlagen zum Sterilisieren der Kartoffeln (Sterilprodukte) in geschlossenen Behältnissen, mit Stärkeproduktion, mit Braten bzw. Frittieren, sowie Frischprodukten (Kartoffelsalat, Kartoffelteig). Bezüglich weiterer Vertiefung des Themas wird auf die zit. VDI-Richtlinie verwiesen.

5.4.1 Emissionsrelevante Verfahrensschritte

Bei der Herstellung von Kartoffelerzeugnissen ist bei den entsprechenden 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.

Beim Braten und Frittieren werden Fetttropfchen 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.

Die genannten Prozesse kommen zum Beispiel bei der Herstellung folgender Produkte vor:

- Kartoffelpüree: Es werden die vorbehandelten und geschälten Kartoffeln Wärmebehandlungen unterzogen und nach diesen Wärmebehandlungsschritten zerkleinert und gegebenenfalls gewürzt. Im Anschluss daran erfolgt die Trocknung zu einem verkaufsfertigen Produkt.

- Pommes Frites: 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.
- 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.

5.4.2 Emissionsminderungsmaßnahmen

- Mechanische Fettabscheidung
- Ölnebelabscheider, Tellerseparatoren etc. (für Tröpfchen > 1,0 µm), Brüdenkondensation oftmals kombiniert mit Abluftwäscher
- Absorption: Durch basische Waschwässer erfolgt Chemisorption (Verseifen der Fette)
- Nachverbrennung: thermische/katalytische Nachverbrennung, hoher Primärenergieverbrauch
- Biofilter: in der Regel nicht optimal, da sich die Filteroberfläche durch zu hohe Fettmassenströme verlegt

5.4.3 Emissionsbegrenzung

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.

Die Begrenzung von Geruchsemissionen kann anhand der zum Einsatz kommenden Abluftreinigung festgelegt werden, um deren Wirksamkeit dauerhaft sicherzustellen.

5.5 Kleinbrauereien und Kleinbrennereien

5.5.1 Kleinbrauereien

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 Herstellung von Bier unterteilt sich in verschiedene Hauptphasen.

Es sind dies:

- die Malzherstellung
- das Schroteten
- das Maischen
- das Abläutern
- das Würzekochen und
- die Gärung

Bei den in der vorliegenden Technischen Grundlage behandelten Kleinbrauereien entfällt die emissionsintensive Malzherstellung, da das Malz fertig bezogen wird.

Beim als Schroteten bezeichneten Vorgang wird das Malz zerkleinert. Dies kann mittels Walzen, Mühlen, etc. erfolgen.

Anschließend wird das geschrotete Malz mit Wasser angerührt (gemaischt) und bei Temperaturen im Bereich von 45 – 70 °C die im Malz enthaltene Stärke durch die arteigenen Amylasen, welche bei der Malzherstellung entstehen, in Zucker und Dextrin umgewandelt.

Beim Abläutern wird die Bierwürze von den in der Maische vorhandenen Feststoffen abgetrennt. Der Rückstand sind die Treber.

Die so gewonnene Bierwürze wird dann ca. 1 bis 2 Stunden stark aufgekocht. Während dieser Zeit wird der Hopfen zugesetzt. Dies ist die Phase, in der die meisten Geruchsemissionen entstehen.

Anschließend werden die in der Würze ausgefallenen Eiweißstoffe und die nicht gelösten Hopfenbestandteile im Whirlpool (Verfahren zur Separation der Feststoffe) von der Würze getrennt (Trubkegel).

Nach dem Kühlen der Würze leitet man die Gärung durch die sog. Anstellhefe ein. Hier kann zwischen Ober- und Untergärung unterschieden werden. Bei der Gärung entsteht geruchsloses Kohlendioxid. Dieser Vorgang dauert in Abhängigkeit von der eingesetzten Hefe zwischen 3 und 7 Tagen.

Anschließend wird das Bier in Fässern oder Tanks gelagert. Bis zur Trinkreife vergehen weitere 1 – 5 Monate.

5.5.2 Kleinbrennereien

Unter einer Brennerei im Sinne dieser Grundlage wird die Herstellung eines Brandes aus Obst oder stärkehaltigen Produkten verstanden. Folgende Verfahrensschritte sind bei Obstbrennereien betriebstypisch:

- Obstanlieferung
- Zwischenlagerung
- Entkernen
- Zerkleinern
- Gärung
- Rohbrand
- Feinbrand

Der Obstbrei wird in die Gärtanks gepumpt und mit Hefe versetzt. Innerhalb von 3-4 Wochen bildet sich aus dem Zucker Alkohol und Kohlendioxid. Im Kohlendioxidstrom werden Geruchsstoffe nur in geringem Ausmaß mitgeführt.

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.

In der auch mit einem Dampfmantel beheizten Feinbrennblase wird die zweite Destillation vorgenommen, bei der am Kühler der 60-72 %ige Brand kondensiert.

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

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 zusätzlich folgende Arbeitsschritte ähnlich wie beim Brauen des Biers vorgelagert:

- Schrotten = mechanisches Zerreißen der Zellwände
- Stärkeaufschluss = Freisetzung der Stärke
- Stärkeverzuckerung = Umwandlung der Stärke in Zucker

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

5.5.3 Emissionsrelevante Verfahrensschritte

Bei Kleinbrauereien können neben den hier nicht näher behandelten Abgasen von Feuerungsanlagen folgende relevante Emissionen auftreten:

- Staub beim Schrotten des Malzes
- Geruchsstoffe
 - beim Würzekochen sowie
 - bei der Manipulation der Treber (Lagerung und Umschlag)
- Kohlendioxid bei der Gärung

Die Staubemissionen sind bei geschlossenen Schrotmühlen 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. Die Emissionskonzentrationen unterliegen bei der Würzekochung starken Schwankungen, wobei die höchsten Geruchsstoffkonzentrationen zu Kochbeginn aus den Würzekomponenten und kurz nach der Hopfenzugabe aus den flüchtigen Hopfeninhaltsstoffen resultieren. Die Würzezusammensetzung und die Prozessführung stellen wesentliche Faktoren für die Geruchsstoffkonzentration dar.

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

Moderne Kleinbrennereien 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 Geruchsbildung 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.

5.5.4 Emissionsminderungsmaßnahmen

Bei dem in Österreich am häufigsten vertretenen Typ der Kleinbrauereien (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.

Empfehlungen für die Abluftführung können Abschnitt 4.2 entnommen werden.

Bei Kleinbrennereien beschränken sich die Emissionsminderungsmaßnahmen 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.

5.5.5 Emissionsbegrenzung

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

5.6 Knochen-, Blut- und Fettverwertung

5.6.1 Emissionsrelevante Verfahrensschritte

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 den Einzelkomponenten verstärken. Dies ruft den typischen unangenehmen Geruch hervor, der bei z.B. 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. Das Fett wird über Dekanter von den Grieben (Grammeln) getrennt. Die Grieben werden getrocknet und gepresst.

5.6.2 Emissionen

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.

5.6.3 Emissionsminderungsmaßnahmen

- 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 ist in gekühlten Erdtanks mit möglichst kurzen Zulauf- und Entleerungsleitungen zu lagern; die Befüllung ist unter Anwendung des Gaspindelverfahrens oder unter Zuführung der Verdrängungsluft in eine Abluftreinigungsanlage vorzunehmen [VDI 2596].
- Sammelfahrzeuge sind sofort in geschlossenen Räumen (Schnellauftore) zu entladen und nach Entladung zu reinigen.
- Apparate und Maschinen sind von der Rohmaterialaufgabe bis zum Produktaustrag weitgehend als geschlossenes System auszuführen.
- Fußböden müssen leicht zu reinigen sein und mit hohlkehlenartigem Anschluss an die Wände hergestellt sein.
- 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 4 genannten Verfahren in Betracht, am gebräuchlichsten sind Biofilteranlagen. Bei fetthältigen Abluftströmen ist auf eine entsprechende Vorreinigung Bedacht zu nehmen.

5.6.4 Emissionsbegrenzung

Mit geschlossenen, entsprechend dimensionierten Biofilteranlagen kann der Emissionswert von 300 GE/m^3 unterschritten werden. In der Praxis wurden bei Anlagen mit einem Abluftvolumenstrom von ca. $100.000 \text{ m}^3/\text{h}$ Emissionswerte von ca. $50 - 150 \text{ GE/m}^3$ erreicht.

5.7 Kaffeeröstereien

5.7.1 Emissionsrelevante Verfahrensschritte

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 bis 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.

Die Röstzeiten liegen zwischen 1,5 und 10 min. Die Kühlzeit entspricht beim Chargenbetrieb maximal der Röstzeit.

Die gängigen Röstverfahren sind:

- Klein- oder Ladenröster
- Chargen- oder Trommelröster
- Chargenröster mit Schalenbetrieb mit Wärmeübertragung durch Konvektion
- Chargenröster als Fließbett-Röster
- Kontinuierliche Röster

Klein- oder Ladenröster

Diese Anlagen sind Trommelröster mit Chargengrößen zwischen 1 und 50 kg. Der Röstvorgang entspricht jenen von Chargenröstern.

Die Steuerung des Röstvorgangs erfolgt häufig vollautomatisch, wobei die Parameter für die Gasfeuerung, die Trommelgeschwindigkeit sowie die Röst- und Kühlluft individuell anpassbar sind.

Für die Abluftreinigung sind Zyklonabscheider vorgesehen.

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 Gas- 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.

Beim Entleeren der Röstkammer von Chargenröstern können erhebliche diffuse Geruchsemissionen in den Aufstellungsraum auftreten, die zu berücksichtigen sind.

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 eingedüst 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.

5.7.2 Emissionen

Folgende Emissionsquellen und Emissionen treten auf:

- Beim Rohkaffeetransport und der Anlieferung: Rohkaffeestaub aus den Staubfilteranlagen
- Bei der Rohkaffeearbeitung: 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).

Die im Rohgas gemessenen Geruchskonzentrationen liegen in einem Bereich von 100 GE/m³ (Kleinrösterei) bis zu 3 x 10⁵ GE/m³, die Gesamt-C-Massenkonzentrationen (TOC) betragen bis zu 10.000 mg/m³. Die höchsten Geruchsstoffkonzentrationen in der Ab- bzw. Umluft treten während des Röstvorganges auf.

Emissionsquellen

- 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 Anlagenteile
- Staub und Gerüche beim Absaugen der Packmaschinen
- Gerüche aus Vakuumpumpen

5.7.3 Emissionsminderungsmaßnahmen

Die in Kapitel 5.7.2 beschriebenen Emissionen können durch folgende Maßnahmen vermindert oder verteilt werden:

Für die Minderung staubförmiger Emissionen werden filternde Abscheider (s. Abschnitt 4.3.1.2), Massenkraftabscheider (Zyklone, siehe Abschnitt 4.3.1.1) und bei industriellen Anlagen elektrostatische Abscheider eingesetzt (siehe Abschnitt 4.3.1.3).

Die Minderung gasförmiger Emissionen erfolgt durch thermische Nachverbrennung, katalytische Nachverbrennung und biologischen Abbau (siehe Abschnitte 4.3.2 und 4.3.3).

Zur Vermeidung diffuser Emissionen sind Fenster oder Türen der Verarbeitungs- und Lagerräume geschlossen zu halten (siehe Abschnitt 4.1). Die Räume sind mit einer mechanischen Zu- und Abluftanlage zu versehen. Im Bedarfsfall sind emissionsmindernde Maßnahmen zu ergreifen.

5.7.4 Emissionsbegrenzung

Bei der Anwendung der in Kapitel 5.7.3 beschriebenen Abluftreinigungsverfahren sind bei Neuanlagen der kaffeeverarbeitenden und –bearbeitenden Industrie folgende Emissionswerte erreichbar:

- Staubförmige Emissionen bei einem Massenstrom über 0,2 kg/h <math> < 20 \text{ mg/m}^3 </math>, unter 0,2 kg/h maximal 150 mg/m³ [VDI 3892, 2015]
- 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/m³ unterschritten werden
- In Deutschland wird für Anlagen mit einer Produktionskapazität ab 500 kg pro Tag [BImSchV, 2017] die Formaldehyd Emissionskonzentration mit maximal 15 mg/m³ begrenzt [Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Immissionsschutz (LAI), 2015]

5.8 Kakao- und Schokoladenindustrie

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.

Im Anschluss an die thermische Behandlung werden die gekühlten Kakaobohnen gebrochen.

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

Im Anschluss wird durch Erhitzen auf über 100 °C zunächst das überschüssige Wasser entfernt und sodann – vielfach im gleichen Apparat – ein Röstprozess vorgenommen.

Der so behandelte Kakaokernbruch wird danach zu einer feinkörnigen Kakaomasse vermahlen.

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 Behandlungszeit. 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 entstandene Kakaomasse entgast.

Der Endveredelungsprozess wird meist 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. Beim Trockenconchieren wird die vom Walzwerk kommende Schokoladenmasse bei steigenden Temperaturen bis 90 °C intensiv durchgeknetet, wobei wasserdampfflüchtige 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 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.

5.8.1 Emissionsrelevante Verfahrensschritte

5.8.1.1 Verarbeitung von Rohkakao

5.8.1.1.1 Reinigen

Das Reinigen der Kakaobohnen erfolgt durch Siebung, Fluidisierung und Sichtung. Bis zu 3 % des Aufgabegutes fallen als Staub aus den Reinigungsanlagen an.

5.8.1.1.2 Trocknen (Darren), Rösten, Präparieren

Beim Trocknen ist mit ca. 3 % Wasserdampf und Geruchsstoffen, speziell Essigsäure (bis zu 0,05 %) und Staub (bis zu 3 %), zu rechnen.

Beim Rösten können bis zu 5 % Wasserdampf einschließlich bis zu 0,1 % Geruchsstoffe (z.B. organische Säuren, Aldehyde, Ester, Pyrazine), davon Essigsäure 0,01 – 0,08 %, auftreten.

Es können sehr hohe Geruchsstoffkonzentrationen bis zu 1.600.000 GE/m³ im Rohgas gemessen werden. Beim Bohnen-Rösten (einschließlich Trocknung) fallen bis zu 3 % Staub, bei der Nibs- (Kakaokernbruch) Röstung fällt kein Staub an.

Beim Präparieren werden je nach eingesetzter Wassermenge bis zu 15 % Wasserdampf und Geruchsstoffe frei, bevor das Trocknen und Rösten einsetzt.

5.8.1.1.3 Kühlen

Geringe Mengen von Wasserdampf und Geruchsstoffen können entweichen.

5.8.1.1.4 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.

5.8.1.1.5 Zerkleinern

Die Zerkleinerung kann unter Atmosphärendruck, Über- oder Unterdruck erfolgen. Es werden dabei bis zu 1 % Wasserdampf, Geruchsstoffe und Aerosole emittiert.

5.8.1.1.6 Entgasen

Es können bis zu 2 % Wasserdampf, 0,05 % Essigsäure, weiters saure Aromabegleitstoffe und Geruchsstoffe (Aldehyde, Ketone, Ester) und Aerosole, entweichen.

5.8.1.2 Verarbeitung von Kakaomasse

Beim Abpressen und Dosieren der Kakaobutter können Geruchsstoffe entstehen. Bei der Gewinnung des Kakaopulvers kann Staub entstehen.

5.8.1.3 Herstellung von Schokolade

Beim Mischen, Kneten und Zerkleinern können Staub und Geruchsstoffe emittiert werden. Bei der Veredelung können Wasserdampf, Essigsäure und leicht flüchtige aromatische Stoffe entweichen.

5.8.2 Emissionsminderungsmaßnahmen

In der Kakao- und Schokoladenindustrie werden thermische Abgasnachbehandlungsverfahren und Absorptionsverfahren zur Emissionsminderung eingesetzt.

5.8.3 Emissionsbegrenzung

Grenzwerte werden in der VDI 3893 für die folgenden Parameter festgelegt.

- Staubförmige Emissionen
- Gasförmige, geruchsintensive Emissionen
- Gesamtkohlenstoff bei Anwendung der thermischen Verbrennung

5.9 Käseproduktion

Bei der Verarbeitung von Milch zu Käse ist vor allem die Käselagerung (Reifung) mit relevanten Geruchsemissionen verbunden.

Frischkäsesorten sind ungerieft verzehrfähig. Bei diesen Käsesorten ist nicht mit relevanten Geruchsstoffkonzentrationen zu rechnen.

Hartkäsesorten erreichen erst nach einer mehr oder weniger langen Lagerung bei angepasstem Klima und entsprechender Behandlung und der dabei stattfindenden Reifung ihren erwünschten Verzehrstatus.

Der Hartkäse reift zwischen sechs Wochen und zwölf Monaten. In dieser Zeit werden die Laibe regelmäßig gewendet und mit Salzlake abgerieben. Damit wird verhindert, dass der Käse austrocknet und von Schimmel befallen wird. Bei der Käsereifung spielen Stoffwechselprozesse eine entscheidende Rolle. Die Mikroorganismen werden der Käsemilch als Kulturen zugesetzt. Unter geeigneten Bedingungen (Luftfeuchtigkeit und Temperatur sowie Ammoniakgehalt) bilden die Mikroorganismen durch Säuerung und den Abbau von Eiweiß und Milchzucker die spezifischen Aromastoffe des Käses. Je länger ein Käse reift, desto mehr wird das Eiweiß im Käse abgebaut und umso geschmacksintensiver wird das Aroma. Die Konsistenz und Lochbildung des Käses werden ebenfalls durch Kulturen beeinflusst.

Die Käsereifung wird unterteilt in Vorreifung und Hauptreifung. Erstere beginnt mit der Milchsäuregärung.

Bei der Hauptreifung ist die Proteolyse der dominierende Prozess, der abhängig von den Käsesorten mit mehr oder wenig aktiver Lipolyse begleitet wird.

5.9.1 Emissionsrelevante Verfahrensschritte

Maßgebend für die Geruchsstoffkonzentration in den Käsekellern ist der Ammoniakgehalt in der Luft. Ammoniak wird beim Abbau von Proteinen sowie Fett während des Reifungsprozesses gebildet. Weiters fallen CO₂, Aldehyde, Alkohole, Schwefelsäure, Methylketone und Ester in untergeordnetem Maße an. Je nach Lagermenge, Reifedauer und Belüftungsart treten Ammoniakkonzentrationen bis zu 50 ppm auf.

5.9.2 Emissionsminderungsmaßnahmen

Grundsätzlich empfiehlt sich für die Abluftführung die Beachtung der für geruchshältige Abluftströme allgemein üblichen Ableitbedingungen.

Anforderungen an Einreichunterlagen

Im Sinne des § 353 GewO 1994 sind in den Einreichunterlagen folgende Inhalte erforderlich:

- Planliche Darstellungen
 - Lageplan unter Berücksichtigung der Nachbarschaft
 - Grundrisse (Maschinen und Anlagen, Lage der Lüftungsgeräte, der Ansaug- und Ausblasöffnungen sowie die Kanalführung lufttechnischer Anlagen, Feuerstätten)
 - Schnittdarstellungen und Ansichten (Gebäudegeschoße mit Maßangabe, Gebäudeöffnungen, Lage in Bezug zum umliegenden Gelände und Gebäuden, Lage und Höhe von Ansaug- und Ausblasöffnungen, die Kanalführung lufttechnischer Anlagen, Kennzeichnung Emissionsquellen)
- Betriebsbeschreibung
 - Maschinen- und Anlagenliste
 - Angaben über Änderungen im Bestand, Raumnutzung, Ausstattung
 - Betriebszeiten und Einsatzdauer der Anlagen (Schichtbetrieb, Betriebsstunden, Auslastung)
 - Lüftungsprojekt (Luftmengen, Filterklasse, Ansaug- und Ausblasgeschwindigkeit, Ablufttemperatur, etc.)
- Emissionsdaten: Schadstoffkonzentration (in mg/m^3) bzw. Schadstoffmassenstrom (in kg/h) von Feuerungsanlagen; bei Notwendigkeit einer Geruchsabschätzung (z.B. mittels Ausbreitungsrechnung) sind ergänzende Angaben über die Geruchskonzentration (in GE/m^3) bzw. den Geruchsmassenstrom (MGE/h) erforderlich.
- Emissionsmindernde Maßnahmen (z.B. Vorfilter inkl. Filterklassen, Aktivkohle inkl. Verweilzeiten, UV-C Anlage, E-Filter, Biofilter, Wäscher, etc.)

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Näherungsweise Zuordnung der bisherigen Filterklassen der ÖNORM EN 779 zur Klassifikation nach ÖNORM EN ISO 16890-1	20
Tabelle 2: Verfahrensmerkmale Heißräuchern	43
Tabelle 3: Prozessschritte einer Kaltrauchanlage	43
Tabelle 4: Verfahrensmerkmale Kalträuchern	44
Tabelle 5: Übersicht der Verfahrensschritte bei der Zubereitung von Speisen und Hauptemissionen bei ordnungsgemäßigem Betrieb	48
Tabelle 6: Zuordnung der Eignung der emissionsmindernden Maßnahmen zu den Emissionsarten	56
Tabelle 7: Aufstellung der Einsatzbedingungen für die emissionsmindernden Maßnahmen	57

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersicht über die verschiedenen emissionsmindernden Maßnahmen mit ihrer primären Eignung zur Entfernung von Gasen (G) und Partikeln (P)	17
Abbildung 2: Abscheideeffizienz als Funktion der Partikelgröße eines elektrostatischen Abscheiders	23
Abbildung 3: Boxplot der Rohgasemissionen verschiedener Emittenten in der Gastronomie	52
Abbildung 4: Boxplot der Reingasemissionen verschiedener Emittenten in der Gastronomie	53
Abbildung 5: Wirkungsgrade der emissionsmindernden Maßnahmen verschiedener Emittenten in der Gastronomie	54

Literaturverzeichnis

Technische Regelwerke und Normen

Amt der Steiermärkischen Landesregierung: „Richtlinie zur Beurteilung von Geruchsmissionen“. Bericht Nr. Lu-08-2018.

BMWFJ: „Technische Grundlage zur Qualitätssicherung in der Luftschadstoff-Ausbreitungsrechnung“. Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend, Wien, 27 S, 2013.

Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Immissionsschutz (LAI): Vollzugsempfehlung Formaldehyd, 2015.

DIN EN 13725:2006-04, „Luftbeschaffenheit – Bestimmung der Geruchsstoffkonzentration mit dynamischer Olfaktometrie“.

DIN 18910:2017-08, „Wärmeschutz geschlossener Ställe - Wärmedämmung und Lüftung - Planungs- und Berechnungsgrundlagen für geschlossene zwangsbelüftete Ställe“.

European Commission: „Integrated Pollution Prevention and Control – Reference Document on Best Available Techniques in the Food, Drink and Milk Industries“, 2006.

European Commission: „Best Available Techniques (BAT) Reference Document in the Food, Drink and Milk Industries Working Draft in Progress“, 2018.

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, LANUV NRW: „Geruchsmissions-Richtlinie GIRL: Festlegung und Beurteilung von Geruchsmissionen“; in der Fassung vom 29. Februar 2008 und einer Ergänzung vom 10. September 2008.

ÖNORM EN 779:2012-10 (zurückgezogen), „Partikel-Luftfilter für die allgemeine Raumlufttechnik - Bestimmung der Filterleistung“.

ÖNORM EN 1822-1:2011-01, „Schwebstofffilter (EPA, HEPA, ULPA) - Teil1: Klassifikation, Leistungsprüfung, Kennzeichnung“.

ÖNORM H 6030:2006-09 (zurückgezogen), „Lüftungstechnische Anlagen für Küchen - Anforderungen, Auslegungskriterien, Betrieb“.

ÖNORM H 6031: 2014-12, „Lüftungstechnische Anlagen - Einbau und Kontroll-prüfung von Brandschutzklappen und Brandrauch-Steuerklappen - Nationale Ergänzungen zu ÖNORM EN 12101-8 und ÖNORM EN 15650“.

ÖNORM M 9440: 2019-10, Ausbreitung von luftverunreinigenden Stoffen in der Atmosphäre – Berechnung von Immissionskonzentrationen. Wien, 24 S.

ÖNORM EN 12619: 2013-05, „Emissionen aus stationären Quellen - Bestimmung der Massenkonzentration des gesamten gasförmigen organisch gebundenen Kohlenstoffs - Kontinuierliches Verfahren mit dem Flammenionisations-detektor“.

ÖNORM EN 13725: 2006-04, „Luftbeschaffenheit – Bestimmung der Geruchsstoffkonzentration mit dynamischer Olfaktometrie“.

ÖNORM EN 15259:2007-12, „Luftbeschaffenheit - Messung von Emissionen aus stationären Quellen - Anforderungen an Messstrecken und Messplätze und an die Messaufgabe, den Messplan und den Messbericht“.

ÖNORM EN 16282-2:2018-04, „Einrichtungen in gewerblichen Küchen - Elemente zur Be- und Entlüftung - Teil 2 Küchenlüftungshauben - Gestaltungs- und Sicherheitsanforderungen“.

ÖNORM EN 16282-3:2018-04, „Einrichtungen in gewerblichen Küchen - Elemente zur Be- und Entlüftung - Teil 3 Küchenlüftungsdecken - Gestaltungs- und Sicherheitsanforderungen“.

ÖNORM EN 16282-5:2017-10, „Einrichtungen in gewerblichen Küchen - Elemente zur Be- und Entlüftung - Teil 5: Luftleitungen - Gestaltung und Dimensionierung“.

ÖNORM EN 16282-6:2014-11 Entwurf, „Großküchengeräte - Einrichtungen zur Be- und Entlüftung von gewerblichen Küchen - Teil 6: Abscheider; Gestaltungs- und Sicherheitsanforderungen“.

ÖNORM EN 16282-8:2017-10, „Einrichtungen in gewerblichen Küchen - Elemente zur Be- und Entlüftung - Teil 8: Anlagen zur Aerosolnachbehandlung - Anforderungen und Prüfungen“.

ÖNORM EN 16841-1: 2017-03, „Außenluft – Bestimmung von Geruchsstoffimmissionen durch Begehungen, Teil 1: Rastermessung“.

ÖNORM EN 16841-2: 2017-03, „Außenluft – Bestimmung von Geruchsstoffimmissionen durch Begehungen, Teil 2: Fahnenmessung“.

ÖNORM EN ISO 16890-1:2017-06, „Luftfilter für die allgemein Raumluftechnik - Teil 1: Technische Bestimmungen, Anforderungen und Effizienzklassifizierungssystem, basierend auf dem Feinstaubabscheidegrad (ePM)“.

Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft (Entwurf Stand: 16.07.2018), Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, Bundesrepublik Deutschland, 2018.

VDI 2160, „Abfallsammlung in Gebäuden und auf Grundstücken - Anforderungen an Behälter, Standplätze und Transportwege“, Verein Deutscher Ingenieure, 2008.

VDI 2264, „Inbetriebnahme, Betrieb und Instandhaltung von Abscheideanlagen zur Abtrennung gasförmiger und partikelförmiger Stoffe aus Gasströmen“, Verein Deutscher Ingenieure, 2001.

VDI 2441, „Prozessgas- und Abgasreinigung durch Kaltplasmaverfahren“, Verein Deutscher Ingenieure, 2016.

VDI 2442, „Abgasreinigung - Verfahren und Technik der thermischen Abgasreinigung“, Verein Deutscher Ingenieure, 2014.

VDI 2595, Blatt 1, „Emissionsminderung - Räucheranlagen Lebensmittel (außer Fisch)“, Verein Deutscher Ingenieure, 2010.

VDI 2595, Blatt 2, „Emissionsminderung - Fischräuchereien“, Verein Deutscher Ingenieure, 2010.

VDI 2596, „Emissionsminderung – Schlachtbetriebe“, Verein Deutscher Ingenieure, 2009.

VDI 3476, Blatt 1, „Abgasreinigung - Verfahren der katalytischen Abgasreinigung - Grundlagen“, Verein Deutscher Ingenieure, 2015.

VDI 3476, Blatt 2, „Abgasreinigung - Verfahren der katalytischen Abgasreinigung - Oxidative Verfahren“, Verein Deutscher Ingenieure, 2010.

VDI 3478, Blatt 1, „Biologische Abgasreinigung - Biowäscher“, Verein Deutscher Ingenieure, 2011.

VDI 3478, Blatt 2, „Biologische Abgasreinigung - Biorieselbettreaktoren“, Verein Deutscher Ingenieure, 2008.

VDI 3674, „Abgasreinigung durch Adsorption - Prozessgas- und Abgasreinigung“, Verein Deutscher Ingenieure, 2013.

VDI 3676, „Massenkraftabscheider“, Verein Deutscher Ingenieure, 1999.

VDI 3677, Blatt 1, „Filternde Abscheider - Oberflächenfilter“, Verein Deutscher Ingenieure, 2010.

VDI 3677, Blatt 2, „Filternde Abscheider - Tiefenfilter aus Fasern“, Verein Deutscher Ingenieure, 2004.

VDI 3678, Blatt 1, „Elektrofilter - Prozessgas- und Abgasreinigung“, Verein Deutscher Ingenieure, 2009.

VDI 3678, Blatt 2, „Elektrofilter - Prozessluft- und Raumluftrreinigung“, Verein Deutscher Ingenieure, 2010.

VDI 3679, Blatt 1, „Nassabscheider - Grundlagen, Abgasreinigung von partikelförmigen Stoffen“, Verein Deutscher Ingenieure, 2014.

VDI 3679, Blatt 2, „Nassabscheider - Abgasreinigung durch Absorption (Wäscher)“, Verein Deutscher Ingenieure, 2014.

VDI 3679, Blatt 3, „Nassabscheider - Tropfenabscheider“, Verein Deutscher Ingenieure, 2010.

VDI 3679, Blatt 4, „Nassabscheider - Abgasreinigung durch oxidierende Gaswäscher“, Verein Deutscher Ingenieure, 2014.

VDI 3883, Blatt 3, „Wirkung und Bewertung von Gerüchen - Konfliktmanagement im Immissionsschutz - Grundlagen und Anwendung am Beispiel von Gerüchen“, Verein Deutscher Ingenieure, 2014.

VDI 3883, Blatt 4, „Wirkung und Bewertung von Gerüchen, Bearbeitung von Nachbarschaftsbeschwerden wegen Geruch“, Verein Deutscher Ingenieure, 2017.

VDI 3892, „Emissionsminderung - Röstkaffee produzierende Industrie - Anlagen mit einer Tagesproduktion von mindestens 0,5 Tonnen Röstkaffee“, Verein Deutscher Ingenieure, März 2015.

VDI 3893, „Emissionsminderung – Anlagen zum Rösten von Kakao und zur Herstellung von Schokolademassen“, Verein Deutscher Ingenieure, 2011.

VDI 3895, Blatt 2, „Emissionsminderung - Anlagen zum Garen und Wärmebehandeln von Lebensmitteln. Verarbeitung von Kartoffeln zu Halbfertig- oder Fertigprodukten“, 2014.

VDI 3928, „Abgasreinigung durch Chemisorption“, Verein Deutscher Ingenieure, 2017.

Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen in der Fassung der Bekanntmachung vom 31. Mai 2017 (Deutschland, BGBl. I S. 1440), 2017.

Wissenschaftliche Publikationen

Alexandrova, A.: Extract and Cleaning of contaminated air in commercial kitchens - Ultra-violet Technology, Mikkeli University of Applied Sciences, 2009.

Albrecht, W.: Handbuch der Getränketechnologie – Technologie der Obstbrennerei, Verlag Eugen Ulmer, 2010

Andrejs, B., Fauss, J., Weigl, M., Rietschel, P.: Ventilation in the Kitchen – Aerosol concentration and key components in the vapour, Proceedings: Indoor Air, 2002.

Brauer, L.: „Gefahrstoff-Sensorik; Farbe, Geruch, Geschmack, Reizwirkung gefährlicher Stoffe; Geruchsschwellenwerte“. Ecomed-Verlag; Stand: 25. Ergänzungslieferung 11/97; ISBN 3-609-73675-5.

Bunge, J.: Technical Paper - Kitchen Exhaust Treatment, airepure australia, 2016.

Croydon Council - Pollution Team: „Planning Applications: Food and Drink Premises - Requirements for extraction/ventilation systems,“ www.croydon.gov.uk, Abgerufen: 2018.

DEFRA-Guide: „Guidance on the Control of Odour and Noise from Commercial Kitchen Exhaust Systems - Withdrawn,“ Department for Environment Food and Rural Affairs, London, 2005.

Gao, J., Cao, C., Wang, L., Song, T., Zhou, X., Yang, J., Zhang, X.: Determination of Size-Dependent Source Emission Rate of Cooking-Generated Aerosol Particles at the Oil-Heating Stage in an Experimental Kitchen, *Aerosol and Air Quality Research*, 13, 488-496, 2013.

Hutter, H. P., D. Altenburger, N. Bauer, R. Cervinka, C. Ekmekcioglu, K. Kociper, M. Kundi, H. Moshammer, E. Neudorfer, G. Schauburger, R. Schlacher, P. Tappler, P. Wallner: “Leitfaden – Medizinische Fakten zur Beurteilung von Geruchsimmissionen“, 2016.

Kim, K.-H., Szulejko, J. E., Kumar, P., Kwon, E. E., Adelodun, A. A., Reddy, P. A. K.: Air ionization as a control technology for off-gas emissions of volatile organic compounds, *Environmental Pollution*, 225, 729-743, 2017.

Kreipe, H.: *Handbuch der Getränketechnologie – Getreide und Kartoffelbrennerei*, Verlag Eugen Ulme, 1981.

Kunze, W.: *Technologie Brauer und Mälzer*, VLB Berlin, 1994, ISBN 3-921-690-31-5.

Margesin, R., Schneider, M., Schinner, F.: *Abluftreinigung - Theorie und Praxis biologischer und alternativer Technologien*, Umweltbundesamt, Wien, 1995.

Mathew, T.: *Ozon-Fänger*, Angewandte Chemie Presse-Information, 27, 2011.

Morawska, L., Salthammer, T.: *Indoor Environment - Airborne Particles and Settled Dust*, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 2003.

Nitsche, M.: *Abluft-Fibel*, Springer Verlag, 2015.

Nor Salim, N. A., Asmuin, N., Jones, J., Cornthwaite, D., Farid Sies, M., Zakaria, H.: Experimental Study of Grease Emission Filtration for Kitchen hood by Water Mist, *ARPN Journal of Engineering and Applied Science*, 2017.

Oettl, D., and E. Ferrero: A simple model to assess odour hours for regulatory purposes. *Atmos. Environ.* 155, 162-173, 2017.

Oettl, D., M. Kropsch, and M. Mandl: Odour assessment in the vicinity of a pig-fattening farm using field inspections (EN 16841-1) and dispersion modelling. *Atmos. Environ.* 181, 54-60, 2018.

Piringer, M., W. Knauder, E. Petz, G. Schaubberger: Factors influencing separation distances against odour annoyance calculated by Gaussian and Lagrangian dispersion models. *Atmos. Environ.* 140, 69-83, 2016.

Pulschke, P.: The handbook of Environmental Chemistry Vol. 4 Part F: Indoor Air Pollution, Springer-Verlag, Berlin – Heidelberg, 2004.

Project PlasTEP: Plasma Treatment for Environment Protection, Tartu, Estonia, 2012.

Riedel, A.: Vergleich verschiedener Konzepte zur Realisierung der RLT-Anlage eines Gaststättenbetriebes, Berufsakademie Sachsen Staatliche Studienakademie, 2015.

Schaubberger, G., M. Piringer, O. Jovanovic, E. Petz: A new empirical model to calculate separation distances between livestock buildings and residential areas applied to the Austrian guideline to avoid odour nuisance. *Atmos. Environ.* 47, 341 – 347, 2012a.

Schaubberger, G., R. Schmitzer, M. Kamp, A. Sowa, R. Koch, W. Eckhof, F. Eichler, E. Grimm, J. Kypke, E. Hartung: Empirical model derived from dispersion calculations to determine separation distances between livestock buildings and residential areas to avoid odour nuisance. *Atmos. Environ.* 46, 508-515, 2012b.

Schlegelmilch, M.: Geruchsmanagement - Methoden zur Bewertung und Verminderung von Geruchsemissionen, Abfall aktuell, Stuttgart, 2008.

Weitensfelder, L., H. Moshhammer, D. Öttl, I. Payer: Exposure-complaint relationships of various environmental odor sources in Styria, Austria. *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 9806-9815, 2019.

Bundesministerium für Digitalisierung und Wirtschaftsstandort

Stubenring 1, 1010 Wien

+43 1 711 00-0

betriebsanlagentechnik@bmdw.gv.at

bmdw.gv.at