
Name der Forschungsstelle(n)

AiF-Vorhaben-Nr. / GAG

Bewilligungszeitraum

Schlussbericht für den Zeitraum : _____

zu dem aus Haushaltsmitteln des BMWA über die



geförderten IGF-Forschungsvorhaben

Normalverfahren

Fördervariante ZUTECH

Forschungsthema :

Für ein ZUTECH-Vorhaben sind folgende zusätzliche Angaben zu machen:

Der fortgeschriebene Plan zum Ergebnistransfer in die Wirtschaft

ist beigefügt

liegt bereits vor

wird fristgerecht nachgereicht

Ort, Datum

Unterschrift der/des Projektleiter(s)

AIF-VORHABEN-NR.: 11817 N

Titel des Vorhabens:

***Informationssystem zur optimierten Technik-
auswahl für die Geruchsemissionsminderung***

Forschungsstelle:

Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V. (IUTA)

Bearbeitung:

Dipl.-Ing. Monika Vogt
Dipl.-Ing. Achim van Huet

DUISBURG IM AUGUST 2000

INHALTSVERZEICHNIS

1	ZUSAMMENFASSUNG DER ERZIELTEN ERGEBNISSE	3
2	MOTIVATION UND ANLASS	5
3	ZIELE DES VORHABENS	7
4	DURCHFÜHRUNG DES PROJEKTS	8
4.1	Datenbeschaffung	8
4.2	Struktur der Datenbank	10
4.3	Tagungsbericht	12
5	ZUSAMMENFASSUNG DER RECHERCHIERTEN DATEN	13
5.1	Rechtliche Rahmenbedingungen	13
5.2	Geruchsstoffe – Auftreten und Wahrnehmung	18
5.3	Geeignete Geruchsminderungstechniken	21
5.4	Erfahrungen bei der Planung und beim Betrieb von Geruchsminderungsanlagen	48
6	INHALTE UND STRUKTUR DER DATENBANK	51
7	AUSBLICK	61
8	VERWENDETE LITERATUR	62
9	IM RAHMEN DES PROJEKTES STEHENDE PUBLIKATIONEN	63
10	ANHÄNGE	64

Schlussbericht

1 Zusammenfassung der erzielten Ergebnisse

Das Institut für Energie- und Umwelttechnik (IUTA) hat ein Informationssystem erstellt, das den gegenwärtigen Stand der Technik im Bereich der Geruchsminderung beschreibt.

Für die Minderung von Gerüchen werden häufig klassische Verfahren der Luftreinhaltung wie die Absorption, die Adsorption, die thermische, regenerative und katalytische Nachverbrennung sowie Biobeete (Biofilter) eingesetzt. Verfahrensneuentwicklungen betreffen beispielsweise das nichtthermische Plasmaverfahren, die enzymatische Katalyse nach Abscheidung in einem Nebel, das Biotrickling sowie Weiterentwicklungen von Biobeeten. Die Minderung von Gerüchen stellt eine besondere Herausforderung dar. Einerseits tragen i.d.R. eine Vielzahl von Geruchsstoffen zu einer Geruchsbelästigung bei, andererseits sind die Konzentrationen der abzuscheidenden Geruchsstoffe äußerst gering.

Das Informationssystem stellt verfahrenstechnische Grundlagen dar, nennt Anbieter von Systemen und Komponenten, gibt Beispiele für branchentypische Geruchsstoffe, macht auf neue Entwicklungen und Verfahren aufmerksam und legt Erfahrungen über

realisierte Anlagen dar. Ergänzend ist eine umfangreiche Literatur- und Patentdatenbank sowie eine Datenbank über Geruchsstoffe, ihre Herkunft und Abscheidemöglichkeiten erstellt worden. Das Informationssystem ist daher sowohl als Planungsinstrument für die Projektierung einer Geruchsminderungsanlage als auch als Nachschlagewerk für Anlagenbauer und Genehmigungsbehörden geeignet.

Mit der Darstellung von Geruchsminderungsmaßnahmen nach dem Stand der Technik und neuen Verfahrensentwicklungen befasste sich eine IUTA-Veranstaltung am 14. und 15. Juni 2000 in Duisburg. Referenten aus Industrie und Forschung stellten geeignete Verfahren zur Geruchsemissionsminderung und ihren Einsatz in der Praxis vor. Anlässlich dieser Veranstaltung wurde das Informationssystem zur optimierten Technikauswahl für die Geruchsemissionsminderung erstmals der Fachöffentlichkeit präsentiert.

Da der Bereich der Geruchsemissionsminderung ein vergleichsweise junges Aufgabengebiet der Luftreinhaltung ist, sehen wir in den kommenden Jahren Bedarf an der Weiterführung und Aktualisierung des Informationssystems. Einige interessante Technologien befinden sich zur Zeit noch in der Entwicklung (Mischnebelabsorption mit enzymatischer Katalyse, Nicht-Thermisches-Plasmaverfahren), andere Verfahren werden jetzt seit maximal einem Jahrzehnt zur Geruchsminderung eingesetzt und können daher erst heute oder in naher Zukunft hinsichtlich ihres optimalen Einsatzes beurteilt werden.

Die Verbreitung des Informationssystems wird in Form einer CD-ROM erfolgen, die ab dem Winter 2000/2001 über das Institut für Energie- und Umwelttechnik zu beziehen sein wird. Bei entsprechender Nachfrage wird das Informationssystem fortlaufend aktualisiert und ergänzt.

Das Ziel des Vorhabens wurde erreicht.

2 Motivation und Anlass

Kleine und mittlere Unternehmen des produzierenden Gewerbes werden von Behördenseite zunehmend aufgefordert, Maßnahmen zur Minderung von Geruchsemissionen zu ergreifen. Basis für diese Forderungen ist vor allem die Geruchsmissionsrichtlinie (GIRL), in der Grenzwerte für Geruchszeitanteile in Wohn- und Industriegebieten festgelegt werden.

Als Folge der zunehmenden behördlichen Anforderungen ist ein Investitionsschub in Anlagen zur Geruchsminderung betrieblicher Abluft festzustellen. Betroffene stehen häufig vor dem Problem der Wahl geeigneter Verfahren. Diese ist allein auf Grundlage der bei den Anlagenbauern zu erhaltenden Informationen schwer möglich.

Die Dimensionierung und Auslegung der Reinigungsverfahren erfordern viele Informationen über vergleichbare Problemstellungen und ihre Lösungen. Nur so können Pilotversuche zur Verfahrensauslegung an der Abluftquelle vor Ort optimal vorbereitet werden. Der schnell wachsende Markt mit vielfältigen Variationen in der Technik bietet jedoch nicht die erforderliche Transparenz.

Gerade für die kleinen und mittleren Unternehmen im Anlagenbau bleibt daher ein hohes Risiko kostenträchtiger Nachrüstungen zur Einhaltung der geforderten hohen Abscheidungsgrade. Immer wieder müssen Reinigungsanlagen schon nach kurzer Betriebsphase mit weiteren Verfahrensstufen nachgerüstet werden.

Übersichtstabellen mit Beispielen technischer Lösungen werden in VDI-Richtlinien für einzelne Verfahren zur Verfügung gestellt. Abgesehen davon sind in der Literatur nur sehr vereinzelt Informationen zu Anlagentechnik und Auslegung bei konkreten Reinigungsaufgaben vorhanden. Es fehlte ein Informationssystem, in dem der Stand der Technik zusammengefasst und die an Referenzanlagen gewonnenen Erfahrungen dargestellt werden, so dass die in Frage kommenden Techniken für die Abluftreinigung mit ihren verschiedenen Verfahrensvarianten und Anwendungsfällen verglichen werden können.

Als besonders betroffen von Geruchsemissionen zeigt sich die Umgebung von Anlagen der Abfallwirtschaft, der Lösemittelverarbeitung, der Nahrungsmittel- und Futtermittelherstellung bzw. -verarbeitung, der Landwirtschaft sowie der Metallverarbeitung. In

nahezu allen Produktions- und Verarbeitungsanlagen, bei denen Stoffumwandlungsprozesse integriert sind, ist mit dem Auftreten von Gerüchen zu rechnen. Es handelt sich bei der Geruchsminderung demnach um eine branchenübergreifende Aufgabenstellung der Luftreinhaltung, der man sich in vielen Branchen erst seit kurzem intensiv widmet.

Zu den Geruchsstoffen aus Anlagen gehören vor allem Stickstoffverbindungen (Amine, Pyridine), Schwefelverbindungen (Mercaptane, Schwefelwasserstoff), Kohlenwasserstoffe, Aldehyde sowie organische Säuren (z.B. Buttersäure).

Geruchsempfindungen entstehen oft durch das Zusammenwirken vieler Geruchsstoffe. Dabei sind die Geruchsstoffkonzentrationen häufig sehr niedrig, führen jedoch zu einem deutlich wahrnehmbaren Geruchsempfinden. Beispielsweise muss zur Halbierung der Geruchsintensität aufgrund des logarithmischen Zusammenhangs die Geruchsstoffkonzentration um den Faktor 10 reduziert werden.

Da überdies die Eigenschaften von Geruchsstoffen nicht einheitlich charakterisierbar sind, stellt die Geruchsminderung eine Herausforderung für die Luftreinhaltung dar. Es sind Anpassungen der vorhandenen Verfahren sowie Neuentwicklungen erforderlich.

Für die Abscheidung von Gerüchen sind generell Verfahren geeignet, wie sie zur Abscheidung von Luftschadstoffen bereits weit verbreitet sind. Eine Geruchsminderung kann über folgende Verfahrenstechniken erzielt werden:

- Abbau durch Mikroorganismen nach vorheriger Absorption,
- Absorption in einer flüssigen Phase, gegebenenfalls mit anschließender chemischer oder enzymatisch katalysierter Reaktion,
- thermische Zerstörung mit oder ohne Katalysator,
- Adsorption an einem Feststoff, z.B. Aktivkohle, oder
- Ionisation oder Anregung der Abluftbestandteile mit anschließender Oxidation der Geruchsstoffe.

Zum Einsatz kommen zunehmend Kombinationen z.B. von Adsorption und Biobeet. Darüber hinaus ist gelegentlich auch die Verdünnung industrieller Abluftströme mit Luft zulässig und wird z.B. zur Geruchsemissionsminderung in Bäckereien eingesetzt.

Aufgrund der gestiegenen Sensibilität der Bevölkerung bezüglich der Umweltauswirkungen von Produktionsanlagen, ist die Anzahl von Beschwerden über Geruchsbelästigungen in den vergangenen Jahren stark gestiegen. Dieser öffentliche Druck veranlasst Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden zunehmend, den Betrieb von Anlagen nur mit der Auflage zu genehmigen, dass Geruchsminderungsmaßnahmen ergriffen werden.

3 Ziele des Vorhabens

Es wurde auf Basis einer handelsüblichen Software in Form einer relationalen Datenbank ein Informationssystem erstellt, das den gegenwärtigen Stand der Technik im Bereich der Geruchsminderung darstellt.

Das Informationssystem liefert Informationen über verfahrenstechnische und naturwissenschaftliche Grundlagen, nennt Anbieter von Systemen und Komponenten, gibt Beispiele für branchentypische Geruchsstoffe, macht auf neue Entwicklungen und Verfahren aufmerksam und legt Erfahrungen über realisierte Anlagen dar.

Ergänzend ist eine umfangreiche Literatur- und Patentdatenbank sowie eine Datenbank über Geruchsstoffe, ihre Herkunft und Abscheidemöglichkeiten erstellt worden.

Das Informationssystem ist daher sowohl als Planungsinstrument für die Projektierung einer Geruchsminderungsanlage als auch als Nachschlagewerk für Anlagenbauer, Anlagenbetreiber und Genehmigungsbehörden geeignet.

Planer und Anlagenbauer können sich über realisierte Anlagentechniken in verschiedenen Branchen informieren und finden ggf. Ansprechpartner und Anregungen im Hinblick auf die Vervollständigung ihrer Angebotspalette.

Mit Hilfe des Informationssystems können Betreiber angebotene Verfahren vergleichen und bekommen eine Hilfestellung bei der Auswahl der wirtschaftlich tragfähigsten und technisch geeignetsten Maßnahme.

Die Genehmigungsbehörde kann die vorgeschlagene Lösung mit dem Stand der Technik vergleichen. Dadurch lassen sich Genehmigungsverfahren wesentlich beschleunigen, so dass insgesamt erhebliche Einsparungen an Finanzmitteln bei der Installation von

Geruchsminderungstechnologien möglich sind.

Die Datenbank zum Stand der Technik bei der Minderung von Gerüchen leistet einen Beitrag zur Schaffung der erforderlichen Transparenz in diesem Bereich der Luftreinhaltung.

Gefördert wurde die Erstellung des Informationssystems mit Mitteln des Bundesministeriums für Technologie und Wirtschaft über die Mitgliedsvereinigung *Verein zur Förderung der Energie- und Umwelttechnik* der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF).

4 Durchführung des Projekts

4.1 Datenbeschaffung

Die Auswertung von umfangreichen Literaturrecherchen in Fachdatenbanken und Fachmagazinen lieferte zahlreiche Darstellungen von Geruchsproblemen und deren technischen Lösungen in verschiedenen Branchen. Ergänzend wurden Patentrecherchen zu den Minderungstechnologien durchgeführt, um so einen Überblick auch über neuere Entwicklungen und den Stand der Forschung zu gewinnen. Auf Grundlage dieser Recherchen wurde eine Literatur- und Patentdatenbank erstellt, die auszugsweise im Anhang abgedruckt ist.

Die Beschreibungen der Minderungstechnologien und ihres Einsatzes sind allerdings unvollständig, so dass eine Befragung der betroffenen Personenkreise im Anlagenbau, bei Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden und bei Betreibern erfolgte.

Es wurden Branchenreporte, Messekataloge, Tagungsbände und die entsprechenden Internetseiten ausgewertet und insgesamt rund 120 Anbieter von Minderungstechnologien für Gerüche angeschrieben.

Rund 50 Firmen sandten Referenzlisten und Prospekte, die ausgewertet und durch persönliche oder telefonische Interviews ergänzt wurden. Für die Befragung der Anlagenbauer wurde ein modular aufgebauter verfahrensspezifischer Fragebogen entwickelt, mit dem das Angebot an Verfahren und deren Leistungsfähigkeit ermittelt

wurde. Der Fragebogen ist im Anhang abgedruckt. Mittels dieses Fragebogens wurden bisher 15 Anlagenbauer bei einem persönlichen Gespräch interviewt.

Neben allgemeinen Informationen über die Anlagenbauer wurden detaillierte Angaben zu den angebotenen Verfahren sowie technische Daten zu Referenzanlagen erfasst. Die Angaben dieser Anbieter von Geruchsminderungsverfahren wurden ergänzt durch Befragungen einiger Betreiber von Geruchsminderungsanlagen. Darüber hinaus wurden 60 Fachverbände der Industrie angeschrieben und um Unterstützung gebeten. Der Kurzfragebogen für Verbände befindet sich ebenfalls im Anhang. Insgesamt war die Resonanz auf die Befragung der Betreiber und der Fachverbände gering. Der Beurteilung ausgeführter Anlagen von seiten der Betreiber, aber auch der Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden kommt jedoch so große Bedeutung zu, dass dieser Aspekt bei dem geplanten Anschlussvorhaben im Vordergrund stehen wird.

In Fachartikeln hat IUTA im Herbst 1999 und im März 2000 auf das Projekt aufmerksam gemacht und daraufhin über 300 Zuschriften erhalten. Diese Interessenten wurden zum überwiegenden Teil angeschrieben und mit Hilfe eines Kurzfragebogens um nähere Angaben zu ihrem Bezug zum Thema Geruchsminderung gebeten. Es treffen aus dieser Umfrage weiterhin Antworten ein, so dass diese Aktion noch nicht als abgeschlossen betrachtet werden kann.

Insgesamt verfügt IUTA über einen Bestand von ca. 560 Ansprechpartnern aus den Bereichen Anlagenbau, Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden sowie Anlagenbetrieb, deren Daten bei entsprechender Freigabe in der Datenbank enthalten sein werden.

Informationen über die geeigneten Verfahren zur Geruchsminderung wurden einerseits aus den jeweiligen VDI-Richtlinien, andererseits aus der ausgewerteten Literatur zusammengestellt. Die Interviews von Anlagenbauern und –betreibern ergänzen die Daten durch Erfahrungen aus der Betriebspraxis.

Basierend auf Literaturangaben und separaten Recherchen in Stoffdatenbanken und –tabellen wurde eine Datenbank der wichtigsten Geruchsstoffe zusammengestellt. Die Geruchsdatenbank enthält Hinweise auf die Herkunft typischer Geruchsstoffe, geeigneten Abscheideverfahren und ist mit der Literatur- und Patentdatenbank für weitere Recherchen verknüpft.

4.2 Struktur der Datenbank

Bei der Erstellung des Informationssystems wurde das Angebot an geeigneten Geruchsminderungsverfahren in den Vordergrund gestellt. Dieses bestimmt daher auch die Struktur der Datenbank maßgeblich. Die Inhalte des Informationssystems und einige Abfragemöglichkeiten sind der folgenden Abbildung zu entnehmen.

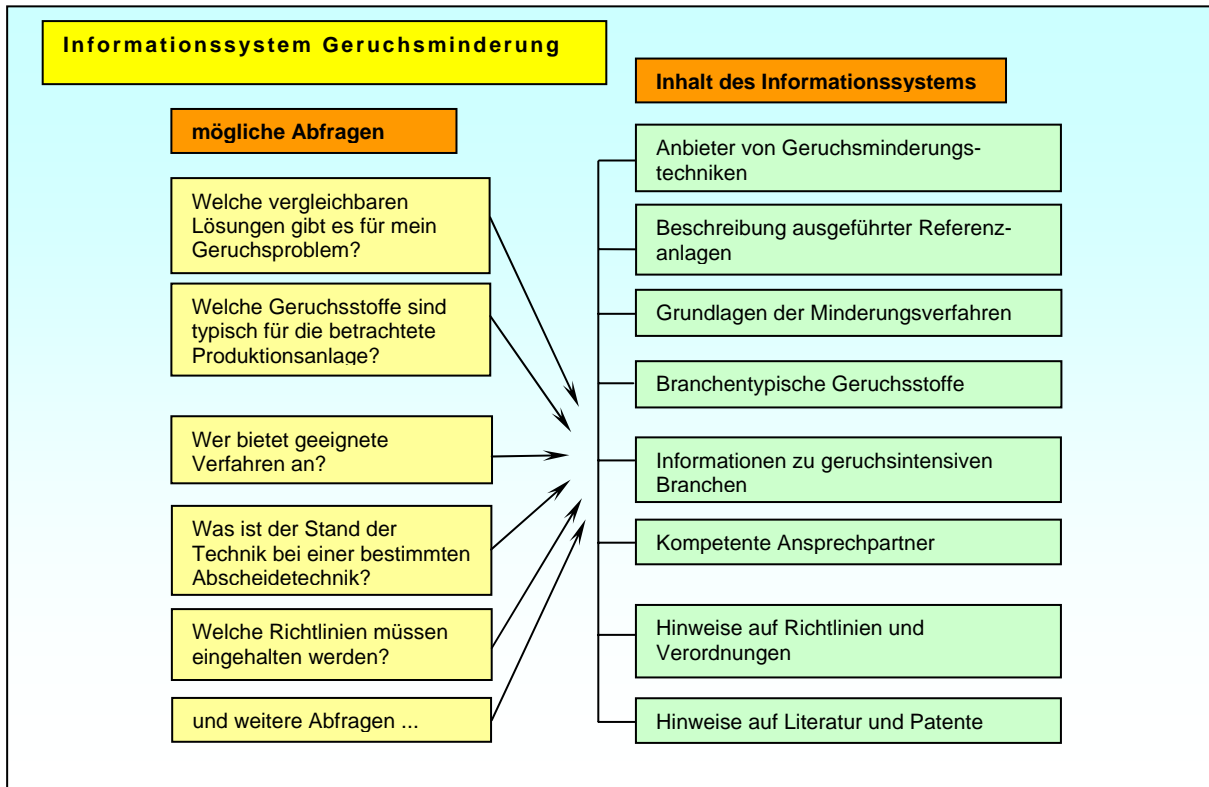


Abbildung 4.1: Struktur des Informationssystems

Das Informationssystem beinhaltet als wesentlichen Baustein eine Zusammenstellung von Anbietern von Geruchsminderungstechniken unter Angabe ihres Leistungs- und Angebotsumfangs sowie der Referenzen.

Separat erfasst wird das Leistungsangebot von rund 50 Anlagenbauern, wobei die jeweils angebotenen Reinigungsverfahren, die belieferten Branchen und die abscheidbaren Schadstoffe dargestellt werden. Einige ausgeführte Referenzanlagen werden darüber hinaus detaillierter beschrieben.

Um dem Nichtfachmann die Grundlagen der Geruchsminderungsverfahren zu erläutern, erfolgen kurze Einführungen in die Themen:

- Biobeet
- Biotricklingverfahren
- Absorptionsverfahren mit Biowäscher
- Mischnebelabscheidung mit anschließendem chemischem oder enzymatisch katalysiertem Abbau
- Adsorptionsverfahren
- Thermische, regenerative und katalytische Nachverbrennung
- Alternative oxidierende Verfahren.

Dabei werden die naturwissenschaftlichen und technischen Grundlagen erläutert und die verfahrenstechnischen Kenngrößen, wie z.B. die abscheidbaren Geruchsstoffe oder der spezifische Flächen- bzw. Raumbedarf, genannt. Dargestellt werden typische Verfahrensfliessbilder sowie der Stand der Technik und der Forschung. Es werden jeweils Hinweise auf die entsprechenden VDI-Richtlinien und weiterführende Literatur gegeben.

In der Geruchsstoff-Datenbank sind Informationen über die Entstehung von Geruchsstoffen in verschiedenen Branchen und bei bestimmten Produktionsprozessen, Geruchsschwellenwerte, geeignete Abscheideverfahren mit Hinweisen auf Referenzanlagen und Literaturstellen enthalten. Diese Datenbank der Geruchsstoffe hat einen Umfang von z.Zt. 236 Geruchsstoffen, die in 22 Geruchsstoffkategorien eingeteilt sind. Sie ist mit der Literatur- und Patentdatenbank sowie der Datenbank über das Angebot an Geruchsminderungsmaßnahmen verknüpft.

Das gesamte Informationssystem umfasst die Datenbanken:

- Angebot an geeigneten Geruchsminderungsmaßnahmen
- Literatur- und Patentdatenbank
- Adressdatenbank mit Anbietern, Behörden, Fachverbänden und Anwendern
- Datenbank der Geruchsstoffe.

Sowohl durch die Angaben der Anlagenbauer über die von ihnen belieferten Branchen als auch durch eine separate Befragung von Fachverbänden der Industrie wurden Daten zu den typischen Gerüchen in verschiedenen Wirtschaftszweigen bzw. Branchen ergänzt. Die Befragungen der Fachverbände sind noch nicht abgeschlossen und deren Ergebnisse sollen soweit möglich vor der ersten Veröffentlichung in das Informationssystem einfließen. Diese werden die typischen Geruchsstoffe in den verschiedenen Branchen, die besonderen technischen, organisatorischen und rechtlichen Bedingungen sowie geeignete Minderungstechniken umfassen.

Im Laufe des Projektes hat IUTA sowohl durch die Interviews, die Fachtagung aber auch als Reaktion auf die Publikationen in verschiedenen Fachzeitschriften eine Reihe kompetenter Ansprechpartner kennengelernt. Bei entsprechender Freigabe werden diese Personen in Verbänden, Behörden, bei Anlagenbauern und Anlagenbetreibern in die Datenbank aufgenommen und können vom Nutzer bei speziellen Fragestellungen direkt kontaktiert werden.

Das Informationssystem gibt darüber hinaus einen Überblick über die relevanten gesetzlichen Grundlagen, die sich im Wesentlichen aus dem Bundes-Immissionsschutzgesetz, der TA Luft und der Geruchsimmisionsrichtlinie ergeben.

Eine separate Datenbank mit über 220 Literaturstellen und Patenten rundet das Informationssystem ab.

4.3 Tagungsbericht

Mit der Darstellung von Geruchsminderungsmaßnahmen nach dem Stand der Technik und neuen Verfahrensentwicklungen befasste sich eine IUTA-Veranstaltung am 14. und 15. Juni 2000 in Duisburg. Referenten aus Industrie und Forschung stellten geeignete Verfahren zur Geruchsemissionsminderung und ihren Einsatz in der Praxis vor.

Vorge stellt wurden neben den klassischen Verfahren der Luftreinhaltung wie die Absorption, die Adsorption, die thermische und katalytische Nachverbrennung sowie Biobeete auch Verfahrensentwicklungen. Diese betreffen beispielsweise das nichtthermische Plasmaverfahren, die enzymatische Katalyse nach Abscheidung in einem Nebel sowie das Biotrickling.

Anlässlich dieser Veranstaltung wurde das Informationssystem zur optimierten

Technikauswahl für die Geruchsemissionsminderung erstmals der Fachöffentlichkeit präsentiert.

An der Veranstaltung nahmen rund 40 Teilnehmer aus dem gesamten Bundesgebiet teil. Bei den Referenten handelte es sich um erfahrene Fachleute, die mit zahlreichen Praxisbeispielen die Möglichkeiten und Grenzen der jeweiligen Geruchsminderungsverfahren anschaulich darstellten und mit dem fachkundigen Teilnehmerkreis in eine offene und konstruktive Diskussion eintraten. Die Veranstaltung fand nicht zuletzt aufgrund ihres Workshop-Charakters eine sehr positive Resonanz und es wurde eine Wiederholung angeregt. Es ist daran gedacht, die Veranstaltung in ca. zwei Jahren erneut anzubieten.

Das Tagungsprogramm ist dem Bericht im Anhang beigelegt.

5 Zusammenfassung der recherchierten Daten

In den folgenden Unterkapiteln werden die wesentlichen Ergebnisse der Recherchen sowie der gesetzliche Hintergrund, prinzipielle Informationen über Geruchsstoffe und die Grundlagen geeigneter Minderungsverfahren zusammenfassend dargestellt. Diese Informationen werden in überarbeiteter Form als Memos der Datenbank zugefügt und sollen dem Anwender eine kurze Einführung in die Hintergründe und Zusammenhänge der Geruchsemissionsminderung geben.

5.1 Rechtliche Rahmenbedingungen

Entsprechend dem Zweck des Bundesimmissionsschutzgesetzes (BImSchG),

„... **Menschen**, Tiere und Pflanzen, den Boden, das Wasser, die Atmosphäre sowie Kultur- und sonstige Sachgüter **vor schädlichen Umwelteinwirkungen und**, soweit es sich um genehmigungsbedürftige Anlagen handelt, **auch vor Gefahren, erheblichen Nachteilen und erheblichen Belästigungen**, die auf andere Weise herbeigeführt werden **zu schützen, und dem Entstehen schädlicher Umwelteinwirkungen vorzubeugen**“ unterliegen auch Gerüche emittierende Anlagen dem Geltungsbereich des Gesetzes. Schlüsselbegriff des BImSchG ist die Bezeichnung „schädliche Umwelteinwirkungen“, unter der man „Immissionen, die nach Art, Ausmaß oder Dauer

geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile oder **erhebliche Belästigungen** für die Allgemeinheit oder die Nachbarschaft herbeizuführen“ versteht.

Von ausschlaggebender Bedeutung ist zur Bewertung einer Geruchsemission, inwieweit eine Belästigung als „erheblich“ zu betrachten ist. Nähere Erläuterungen hierzu finden sich in § 3 BImSchG [R2]. Die Aufgabe, festzulegen, wann eine Geruchsemission zu einer Belästigung führt, kann dabei nur mit Hilfe weiterer Regelungen gelöst werden.

Unter „Luftverunreinigung“ werden im Sinne des BImSchG explizit auch Geruchsemissionen verstanden. Dies hat zur Konsequenz, dass in nahezu allen Produktions- und Verarbeitungsprozessen die Forderungen des BImSchG umzusetzen sind, da mit dem Auftreten von Gerüchen zu rechnen ist.

Die folgende Abbildung stellt die Instrumentarien dar, mit deren Hilfe eine Anlage hinsichtlich der Geruchsemissionen beurteilt wird [R1].

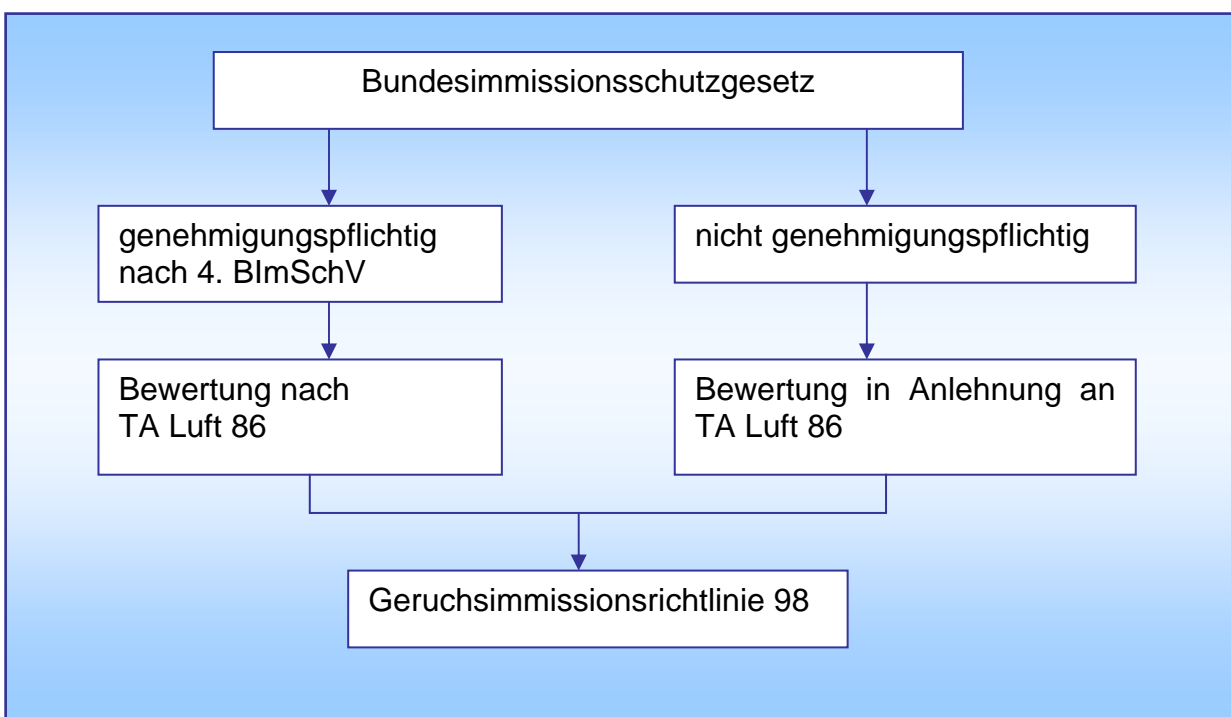


Abbildung 5.1: Gesetzliche Instrumente zur Beurteilung von Gerüchen

Das BImSchG legt in § 4 (1) fest, dass Anlagen genehmigungspflichtig sind, wenn sie „aufgrund ihrer Beschaffenheit oder ihres Betriebes in besonderem Maße geeignet sind, schädliche Umwelteinwirkungen hervorzurufen oder in anderer Weise die Allgemeinheit oder die Nachbarschaft zu gefährden, erheblich zu benachteiligen oder erheblich zu

belästigen,...“ [R4]. Dies sind z.B. Betriebe mit Massentierhaltung, Abfallbehandlungsanlagen oder Anlagen zum Beschichten oder Lackieren [R1].

Bau und Betrieb einer solchen Anlage haben so zu erfolgen, dass:

1. „schädliche Umwelteinwirkungen und sonstige Gefahren, erhebliche Nachteile und erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit und die Nachbarschaft nicht hervorgerufen werden können“ (§ 5 (1) BImSchG),
2. „Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen getroffen wird, insbesondere durch die dem Stand der Technik entsprechenden Maßnahmen zur Emissionsbegrenzung“ (§ 5 (2) BImSchG)....

Emissions- und Immissionsgrenzwerte, die die erstgenannte Forderung gewährleisten, sind für Luftverunreinigungen (auch Gerüche) in der TA Luft genannt. Von großer praktischer Bedeutung ist die Vorsorge vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Maßnahmen nach dem Stand der Technik. Im Immissionsschutz wird von Seiten des Gesetzgebers an jeden Anlagenbetreiber die Forderung gestellt, bei Ausrüstung und Betrieb solche Maßnahmen einzusetzen, die die beste Emissionsminderung gewährleisten, auch wenn diese noch nicht praxiserprobt ist.

Maßnahmen nach dem Stand der Technik müssen auch Betreiber von nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen ergreifen. Nicht genehmigungsbedürftig sind Anlagen, die im Sinne des Immissionsschutzes nur ein geringes Gefährdungspotenzial besitzen. Dies sind z.B. Betriebe, in denen weniger als 25 kg Lösemittel pro Stunde eingesetzt werden.

Zur Ergänzung und praktischen Umsetzung des BImSchG wurde 1974 die „Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft“ (TA Luft) erlassen. In ihrer heutigen Form ist sie seit 1986 gültig [R3]. Sie erlangte inzwischen einen hohen Status als vorweggenommenes Sachverständigengutachten, obgleich sie weder den Charakter eines Gesetzes noch einer Rechtsverordnung hat. Auch nicht genehmigungsbedürftige Anlagen werden häufig in Anlehnung an TA Luft beurteilt [R1].

Ziel der TA Luft ist es, Emissionen und z.T. auch Immissionen in einem Genehmigungsbescheid nach BImSchG für eine Anlage zu begrenzen oder diese Begrenzungen nachträglich anzuordnen und dadurch Vorsorge gegen schädliche

Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen zu treffen. Die TA Luft regelt auch die Festlegung eines Geruchsminderungsgrades bzw. zulässiger Massenkonzentrationen an Geruchsstoffen. Es werden explizit die zulässigen Schwankungen der Emissionen über den Tagesverlauf durch Begrenzung der Tages- und Halbstundenmittelwerte festgelegt sowie der Ablauf des Überwachungsverfahrens zur Beurteilung einer stoffemittierenden Anlage benannt. Dies umfasst auch die Durchführung von Emissions- und Immissionsmessungen sowie die Berechnung der Emissionsausbreitung in der Atmosphäre. Hierbei werden u.a. Geruchsbelastungen ermittelt und konkrete Maßnahmen zur Emissionsminderung vorgegeben. Dazu wird gefordert, die geruchsbeladene Abluft vor der Ableitung in die Atmosphäre geeigneten Reinigungsverfahren nach dem Stand der Technik zuzuleiten [R1].

Eine Anlage wird üblicherweise nach BImSchG genehmigt, indem die zuständige Behörde Emissionsgrenzwerte für bestimmte Stoffe/Stoffgruppen festlegt. Bei Geruchsemissionen ist dies aufgrund der Komplexität der Entstehung von Gerüchen häufig nicht möglich, so dass ein bestimmter Geruchsminderungsgrad oder eine bestimmte Geruchsstoffkonzentration im Abluftstrom vorgeschrieben werden [R1].

Um eine Bewertung von Geruchsbelästigungen zu ermöglichen, hat das Land Nordrhein-Westfalen 1986 einen Runderlass zur Durchführung der TA Luft veröffentlicht. Die dort getroffenen Regelungen wurden unter der Bezeichnung „NW-Richtlinie“ von den anderen Bundesländern übernommen und herangezogen, wenn Aussagen zur Erheblichkeit einer Geruchsbelästigung im Sinne des § 3 BImSchG erforderlich waren.

Nach der NW-Richtlinie kann davon ausgegangen werden, dass bei Geruchshäufigkeiten von weniger als 3 % der Jahresstunden nicht von einer erheblichen Belästigung auszugehen ist. Eine Ausnahme stellen lediglich Ekel oder Übelkeit erregende Gerüche dar. Treten Gerüche in mehr als 5 % der Jahresstunden auf, so ist in jedem Fall von einer erheblichen Belästigung auszugehen. Voraussetzung für die Berücksichtigung von Gerüchen ist nach der NW-Richtlinie das „...deutlich wahrnehmbare Auftreten von Gerüchen ...“ [R5]. Die Festlegung, ab welcher Geruchsintensität ein Geruch als deutlich wahrnehmbar zu gelten hat, wurde sehr uneinheitlich gehandhabt. Während weitgehender Konsens herrschte, einen Geruch als deutlich zu bezeichnen, wenn er eindeutig erkannt und einer Anlage zugeordnet werden kann, kam es in Einzelfällen zur Festlegung vergleichsweise hoher Geruchsintensitäten von bis zu 25 GE/m³, die in

Immissionsprognosen zugrunde gelegt wurden [R7]. Unter einem deutlich erkennbaren Geruch ist jedoch im Allgemeinen eine Geruchsintensität von 3 bis 5 Geruchseinheiten pro m³ zu verstehen.

Um dieser Ungleichbehandlung von Gerüchen emittierenden Anlagen entgegen zu wirken, hat das Land Nordrhein-Westfalen eine Geruchsimmissions-Richtlinie erarbeitet, die im Januar 1993 durch Beschluss des Länderausschusses für Immissionsschutz (LAI) zur Anwendung in allen Bundesländern empfohlen wurde. Im Mai 1998 wurde eine überarbeitete Version den Ländern vom LAI vorgelegt und mit wenigen Ausnahmen (Bayern, Bremen, Hamburg und Thüringen) in den Bundesländern per Erlass eingeführt. Sie ist damit für die Genehmigungs- und Überwachungsbehörden verbindlich geworden [R7].

Die Geruchsimmissionsrichtlinie (GIRL) legt in Abhängigkeit von der Nutzung verschiedener Gebiete Werte für die höchsten zulässigen Geruchszeitanteile im Jahr fest [R6].

Wohn-/Mischgebiet	Gewerbe-/Industriegebiet
maximal 10 % der Jahresstunden darf ein Geruch wahrnehmbar sein	maximal 15 % der Jahresstunden darf ein Geruch wahrnehmbar sein

Tabelle 5.1: Zulässige Geruchszeitanteile nach GIRL

Basis ist im Gegensatz zur NW-Richtlinie die Geruchsschwelle, also die stoffspezifische Geruchsstoffkonzentration, die bei 50 % der Probanden zu einer Wahrnehmung eines Geruchsstoffes führt. Dies entspricht der Geruchsintensität von einer Geruchseinheit.

Somit entsprechen die in der GIRL festgelegten höheren Zeitanteile aufgrund der geringeren Geruchsstoffkonzentrationen im Hinblick auf die Umwelteinwirkungen weitgehend den Vorgaben der früher angewandten NW-Richtlinie, wobei Eindeutigkeit in Bezug auf die zu berücksichtigenden Gerüche geschaffen wurde. Die GIRL berücksichtigt jedoch bei der Immissionsprognose neben den durch die zu genehmigende oder zu überwachende Anlage auftretenden Gerüchen auch die Vorbelastungen durch weitere Emittenten. Dies kann zu einer erheblichen Reduzierung der zulässigen Emissionen der zu betrachtenden Anlage führen [R1].

5.2 Geruchsstoffe – Auftreten und Wahrnehmung

Geruchsstoffe treten in nahezu allen Produktions- und Verarbeitungsprozessen auf, die mit Stoffumwandlungsvorgängen verbunden sind (siehe Tabelle). Bei den meisten Geruchsstoffen handelt es sich um organische Verbindungen, allerdings sind auch einige Geruchsstoffe anorganischer Natur (Schwefelwasserstoff, Ammoniak).

Geruchsstoffe entstehen häufig auch als Neben- und Zwischenprodukte. Die Art und Intensität der entstehenden Gerüche hängt dabei unmittelbar von den Reaktionsbedingungen ab. Nachfolgend sind Beispiele für Geruchsstoffe in verschiedenen Branchen aufgeführt.

Branche	Geruchsstoffe
<i>Deponien, Kompostwerke, Klärwerke, MBA</i>	<i>Ammoniak, Schwefelwasserstoff, Chlorwasserstoff, Amine, Aldehyde, Dichlor- und Tetrachlormethan, org. Schwefelverbindungen, Benzol, Toluol</i>
<i>Fischverarbeitung</i>	<i>Trimethylamin, Ammoniak, Aldehyde (Acrolein)</i>
<i>Ölraffinerien</i>	<i>Ethylmercaptan, Schwefelwasserstoff</i>
<i>Tierkörperverwertung</i>	<i>Buttersäure, Schwefelwasserstoff, Mercaptane</i>
<i>Filmherstellung</i>	<i>Valeriansäure, Schwefelkohlenstoff, Schwefelwasserstoff</i>
<i>Pharmaindustrie</i>	<i>Pyridin, Phenol</i>
<i>Gießereien</i>	<i>Ammoniak, Phenol, Amine</i>
<i>Kaffee-, Kakao-Röstereien</i>	<i>Acetaldehyd, Alkohole, arom. KW, Carbonsäuren, Ketone, Mercaptane, Phenole</i>
<i>Massentierhaltung</i>	<i>Ammoniak, Schwefelwasserstoff, Amine, Aldehyde</i>
<i>Lösemittelumfüllstationen, Speditionen</i>	<i>Lösemitteldämpfe, Alkohole, Ethanol, Ethylenglykol, arom. KW, Benzol, Ester, Fettsäuren, Tetrahydrofuran, halogenierte KW</i>
<i>Lebensmittelherstellung (Fertigsoßen, Fertigsuppen, Pommes frites, Fisch-, Wurst- und Schinkenräuchereien)</i>	<i>Ammoniak, Aldehyde, Alkohole, Trimethylamin, arom. KW, Ameisensäure, Essigsäure, Buttersäure, Ketone, Naphthene, Phenole, org. Schwefelverbindungen</i>
<i>Holzwerkstoffindustrie</i>	<i>Phenole, Phenylmethandiisocyanate, Carbonsäuren, Fettsäuren, arom. KW, Formaldehyd</i>

Tabelle 5.2: Geruchsstoffe in verschiedenen Branchen

Eine Geruchsempfindung ist in der Regel auf das Zusammenwirken zahlreicher Geruchsstoffe zurückzuführen. Von den bekannten chemischen Verbindungen lassen sich einige tausend Einzelsubstanzen als Geruch wahrnehmen.

Wenn auch zahlreiche Geruchsstoffe heute identifiziert und umfassend beschrieben sind, zeigen systematische analytische Untersuchungen in verschiedenen Branchen jedoch, dass bisher nicht als Geruchsstoffe erkannte Verbindungen wesentlich zu Geruchsempfindungen beitragen können [G5, G4].

Eine Charakterisierung von chemischen Verbindungen als Geruchsstoff aufgrund spezifischer Eigenschaften ist bisher nicht gelungen. Im Gegensatz zu anderen Stoffgruppen ist für Geruchsstoffe keine chemische oder physikalische Eigenschaft typisch [R1]. Wesentliche Charakteristika sind jedoch offensichtlich eine hohe Flüchtigkeit und eine gute Wasser- und Fettlöslichkeit.

Geringe Konzentrationen an Geruchsstoffen im ppb-Bereich führen oft schon zu einem deutlichen Geruchsempfinden. Dieser Umstand erfordert bei der Geruchsemissionsminderung besonders leistungsfähige Verfahren.

Für die Geruchsbewertung ist wesentlich, dass die einzelnen Geruchsarten mehr oder weniger unangenehm empfunden werden. Diese Eigenschaft wird als hedonische Wirkung der Gerüche bezeichnet.

Auch die Intensität eines Geruchsreizes wird individuell sehr unterschiedlich beurteilt und dementsprechend verbal beschrieben (0 = nicht wahrnehmbar bzw. Klasse 1 = sehr schwach bis Klasse 6 = extrem stark).

Durch die Adaption an einen andauernden Geruchsreiz schwächt sich die Wahrnehmung eines Geruchsstoffes ab, so dass trotz gleichbleibender Geruchsstoffkonzentration die Intensität weniger stark empfunden wird.

Die Gerüche weisen unter vielerlei Aspekten Ähnlichkeiten mit Geräuschen auf.

So wird z. B. diskutiert, als Maß der Geruchsintensität wegen des logarithmischen Reiz-Antwort-Verhältnisses ähnlich wie bei Geräuschen das Dezibel zu verwenden. Allerdings sind im Unterschied zu Geräuschen Gerüche nicht eindeutig mit physikalischen Geräten erfassbar.

Die niedrigste Konzentration, bei der ein Geruch wahrgenommen wird, wird als

Geruchsschwelle in der Einheit einer Konzentration, z. B. mg/m^3 , bezeichnet. Die Geruchsstoffkonzentration an der Wahrnehmungsgrenze entspricht dabei einer Geruchseinheit, wobei diese dann erreicht ist, wenn 50 % eines Probandenkollektivs den Geruch wahrnehmen. Allerdings wird der Geruch undifferenziert wahrgenommen, wohingegen an der Erkennungsschwelle, die in der Regel oberhalb der Wahrnehmungsschwelle liegt, eine eindeutige Identifikation eines Geruchsstoffes möglich ist. Diese beiden Begriffe haben bei der Beurteilung einer Geruchssituation zentrale Bedeutung.

Die in der Literatur angegebenen Geruchsschwellenwerte unterscheiden sich je nach olfaktometrischem Messverfahren und aufgrund der individuellen Unterschiede der Probanden teilweise um Faktoren bis zu 100. Darüber hinaus existieren sehr unterschiedliche Angaben zur hedonischen Wirkung von Geruchsstoffen. In der Geruchsstoffdatenbank wurden hier die verschiedenen Werte zur Orientierung aufgenommen. Eine Beurteilung, wodurch die jeweiligen Unterschiede hervorgerufen werden bzw. welcher Wert für die Praxis eine größere Bedeutung besitzt, ist im Rahmen des Projektes nicht möglich. Neben den bereits genannten Gründen können auch die Anwesenheit weiterer, für sich alleine betrachtet geruchsneutraler Stoffe einen Einfluss auf die Geruchswirkung haben. Diese geruchsbeeinflussenden Substanzen können im Messraum vorliegen oder durch die Aussenluft bzw. das Olfaktometer selber eingetragen werden.

Ob eine Geruchsemission eine Belästigung darstellt oder eine Minderungsmaßnahme erfolgreich war ist besonders schwierig zu beurteilen. Normalerweise können Emissionen als Massenkonzentration mit Hilfe physikalisch-chemischer Meßverfahren objektiv nachgewiesen und die Einhaltung von Grenzwerten so überprüft werden. Da Geruchsbelästigungen meist schon bei sehr niedrigen Stoffkonzentrationen und im Übrigen durch das Zusammenwirken verschiedener Substanzen hervorgerufen werden, ist ein Nachweis mittels physikalisch-chemischer Meßverfahren äußerst aufwendig oder überhaupt nicht möglich. Hinzu kommt, dass die belästigende Wirkung von Geruchsemissionen sehr stark von der Sensibilität und der subjektiven Einstellung der Betroffenen abhängt.

5.3 Geeignete Geruchsminderungstechniken

Im Folgenden werden geeignete Verfahren zur Geruchsemissionsminderung dargelegt. Dabei werden sowohl klassische etablierte Verfahren als auch innovative Verfahren beschrieben, die nach unserem Ermessen erwähnenswert scheinen. Einige dieser Verfahren können nicht uneingeschränkt als Stand der Technik bezeichnet werden, sind aber aufgrund bisheriger Versuchsergebnisse und der Verfahrensprinzipien so interessant, dass sie hier nicht unerwähnt bleiben sollen. Inwiefern sich diese innovativen Verfahren (Mischnebelabscheidung und alternative oxidierende Verfahren) in den kommenden Jahren in der Praxis bewähren werden, bleibt abzuwarten.

Die Geruchsminderungstechniken werden sortiert nach den wesentlichen verfahrenstechnische Prinzipien dargestellt. Neben einer allgemeinen Einführung in die Grundlagen werden, so weit verfügbar, auch Erfahrungen aus dem Anlagenbetrieb zusammenfassend dargestellt. Weiterführende Informationen findet man in den angegebenen Literaturstellen sowie der Literaturdatenbank.

5.3.1 *Biologische Abluftreinigung*

Die biologische Abluftreinigung eignet sich vor allem zur Behandlung von Abluft, deren Inhaltsstoffe schwach konzentriert sind. Neben Geruchsstoffen können auch andere Luftschadstoffe entfernt werden. Generell gilt, dass Schadstoffe wasserlöslich und biologisch abbaubar sein müssen, um sie durch biologische Abluftreinigung erfolgreich zu mindern.

Bei allen Verfahrensvarianten ist zunächst eine Absorption des Geruchstoffes in der wässrigen Phase erforderlich, in der anschließend durch aerobe Stoffwechselprozesse der Mikroorganismen ein Abbau der Geruchsmoleküle erfolgt. Ein geringer Anteil der Geruchsstoffe wird zum Aufbau von Biomasse verwendet und trägt zur Vermehrung der Mikrobekultur bei.

5.3.1.1 Biobeet

Verfahrenstechnische Grundlagen

[VDI Richtlinie 3477, Thissen, Knauf, Hübner/Schön]

Der Stoffabbau erfolgt bei einem Biobeet durch Mikroorganismen, die auf einem festen Träger angesiedelt sind. Als Trägermaterial werden traditionell organische Materialien wie Rindenmulch, Komposte, Fasertorf, Heidekraut, Holzhackschnitzel, Traubenkerne usw. und deren Mischungen untereinander oder mit anderen Struktur gebenden Materialien verwendet. So werden z.B. auch Lava oder Blähton verwendet, die aufgrund ihrer großen inneren Oberfläche gute Siedlungsbedingungen für Mikroorganismen bieten. Vereinzelt werden auch Kunststoffe und technische Textilien verwendet.

Diese Materialien sind normalerweise als Schüttschichten angeordnet und liegen auf einem gasdurchlässigen Auflagerost. Da das Trägermaterial lediglich als Siedlungsfläche und Nahrungsquelle für die Mikroorganismen dient, jedoch über keine Filterwirkung verfügt, wird in Fachkreisen die Bezeichnung „Biobeet“ anstelle des bislang gebräuchlichen Begriffes „Biofilter“ bevorzugt. Diese Bezeichnung wird auch in diesem Bericht verwendet.

Die Konditionierung des Abgases erfolgt in einem vorgeschalteten Wäscher, der einerseits die Abluft möglichst nahe dem Sättigungspunkt anfeuchtet, andererseits die Partikelbelastung reduziert. Der Wäscher nimmt darüber in Einzelfällen weitere Aufgaben wie die Abscheidung von sauren oder basischen Schadgasen, die Pufferung von Konzentrationsspitzen sowie die Temperaturregulierung der Abluft wahr.

Bei der Durchströmung des Strukturmaterials gelangen die Schadstoffe durch Stofftransportvorgänge zu den Mikroorganismen und werden von diesen verstoffwechselt. Reaktionsprodukte sind z.B. H_2O und CO_2 beim Abbau von Kohlenwasserstoffen. Diese werden von den Mikroorganismen ausgeschieden und finden sich in der Feuchte des Strukturmaterials bzw. dem Reinluftstrom wieder. Für den Aufbau der Mikroorganismen ist eine mehrwöchige Einfahrzeit mit der typischen, möglichst konstanten Abluftzusammensetzung erforderlich. Die Einfahrzeit lässt sich durch Animpfen des Strukturmaterials mit speziell adaptierten Kulturen von Mikroorganismen oder einer Mischpopulation aus dem Belebtschlamm eines Klärwerkes verkürzen.

Wichtige Parameter für die Prozesssteuerung von Biobeeten sind die Feuchte des

Rohgases und seine Temperatur. Die Zustandsgrößen dieser Parameter dürfen sich nur in engen Grenzen bewegen. Bei Überschreitung dieser Grenzen sterben die Kulturen ab und die Abscheideleistung nimmt ab. Weitere wesentliche Einflussparameter sind der pH-Wert im Strukturmaterial und die Partikelbeladung der Abluft.

Die optimale Temperatur in der Abluft richtet sich einerseits nach der Löslichkeit der Geruchsstoffe in Wasser, andererseits nach der Aktivität der Mikroorganismen. Der Stofftransport der Geruchsstoffe in die Wasserphase ist prinzipiell bei niedrigen Temperaturen günstiger, wohingegen sich die Aktivität der Mikroorganismen reduziert. Aus diesem Grund sollte die Temperatur am Biobeeteintritt in der Regel 15 °C nicht unterschreiten, wenn auch von ausreichenden Abbauraten bei Eintrittstemperaturen von 5 °C berichtet wurde. Dabei ist zu beachten, dass bei niedrigen Umgebungstemperaturen auch weniger Geruchsstoffen freigesetzt werden. Niedrigere Temperaturen als 5 °C sind jedoch zu vermeiden, um einem Einfrieren des Systems vorzubeugen.

Mit steigenden Temperaturen nimmt die Abbauaktivität der Mikroorganismen zu, während die Löslichkeit der gasförmigen Geruchsstoffe in Wasser sinkt. Praktische Erfahrungen zeigen, dass der optimale Temperaturbereich zwischen 15 und 25 °C liegt.

Ab einer Eintrittstemperatur von 35 °C nimmt die Abbauleistung der Mikroorganismen teilweise merklich ab. Je nach vorherrschender Population an Mikroorganismen können jedoch auch höhere Eintrittstemperaturen toleriert werden. Eine eventuell erforderliche Kühlung kann hinsichtlich abzuführender Wärme- und anfallender Kondensatmenge beträchtliche Investitionen erforderlich machen.

Durch die exotherme biochemische Reaktion beim Abbau von Schadstoffen erfolgt selbst bei 100%-iger Befeuchtung des zu behandelnden Abgases vor dem Eintritt in das Biobeet eine Reduzierung der relativen Feuchte. Das würde zu einer Wasseraufnahme aus dem Strukturmaterial führen und muss durch Besprühsysteme zur Berieselung des Biobeets mit Wasser verhindert werden. Dabei kann das Besprühsystem weitere Aufgaben wie das Ausspülen unerwünschter Reaktionsprodukte, die Zufuhr von Nährstoffen, von Spurenelementen, von Stoffen zur Neutralisation und von adaptierten Mikroorganismen übernehmen.

Generell wird bei Biobeeten zwischen offenen Flächenfiltern und geschlossenen Flächenfiltern unterschieden.

Offene Flächenfilter werden sehr häufig für vergleichsweise grosse Abgasvolumenströme mit relativ großen Biobeetvolumina ausgestattet. Dabei werden nicht selten Flächen von mehreren hundert m² bei einer typischen Schütthöhe von 1,5 m installiert. Es kommen i.d.R. organische Filtermaterialien bei Filterflächenbelastungen von bis zu 150 m³/(m²*h) zum Einsatz

Geschlossene Biobeete werden in vielen Fällen in standardisierter Bauweise in Containern ausgeführt, die auch platzsparend gestapelt werden können. Je nach eingesetztem Biobeetmaterial und Anwendungsfall können Filterflächenbelastungen von 500 m³/(m²*h) erreicht werden.

Einsatz zur Geruchsminderung, Verfahrensgrenzen, Stand der Technik

[Thissen, Knauf,]

Biobeete sind prinzipiell gut zur Geruchsminderung geeignet, werden aber zunehmend auch zum Abbau von organischen Kohlenwasserstoffen in einem Konzentrationsbereich bis zu einigen 100 mg/m³ in der Abluft verwendet. Die behandelten Volumenströme reichen von wenigen 10 m³/h bis zu mehreren 100.000 m³/h.

Biobeete sind beispielsweise zur Abscheidung der in der folgenden Auflistung aufgeführten Stoffe geeignet:

- aliphatische und aromatische Kohlenwasserstoffe
- Aldehyde
- Ketone
- Carbonsäuren
- Phenole
- Sulfide
- Mercaptane
- Amine
- Schwefelwasserstoff
- Ammoniak.

Allerdings wird Ammoniak in Biobeeten nicht immer vollständig abgebaut. Dies gilt insbesondere dann, wenn gleichzeitig Kohlenwasserstoffe abgebaut werden sollen.

Biobeete werden in so unterschiedlichen Branchen zur Geruchsminderung eingesetzt wie z.B. der Altölaufbereitung, der Tierkörperverwertung, der Fischmehlproduktion, der

Deponiegasbehandlung, in Fettschmelzen, in Gießereien, in Abwasserbehandlungsanlagen und bei der Aromastoffeherstellung. Allerdings sind die Aussagen zur Wirksamkeit von Biobeeten sehr unterschiedlich. Einerseits haben Biobeete einen Eigengeruch (≤ 300 GE), der in erster Linie durch das verwendete Strukturmaterial und den Abbau der Rohgaskomponenten hervorgerufen wird. Andererseits verleitet die einfache Bauform auch unerfahrene Anlagenbauer dazu, Biobeete anzubieten. Es zeigt sich aber immer wieder, dass auch für diese Anlagen spezielle Kenntnisse für einen störungsfreien Betrieb und zufriedenstellende Abscheidegrade erforderlich sind.

Neben den anfänglich offen ausgeführten Biobeeten hat sich mittlerweile die geschlossene Bauform des Biobeets als Stand der Technik für viele Anwendungen etabliert. Durch die geschlossene Bauform wird das Strukturmaterial vor Witterungseinflüssen geschützt und eine Durchströmung des Filtermaterials durch die Abluft von oben nach unten wird technisch möglich. Diese Durchströmungsform bietet günstige Voraussetzungen für den Stoffaustausch zwischen Abluft und Besprühflüssigkeit. Darüber hinaus kann die behandelte Abluft gefasst an die Umgebung abgegeben werden. Dies ermöglicht belastbare Emissionsmessungen und die Vermeidung diffuser Emissionen.

In einigen Fällen ist die Kombination eines Biobeets mit anderen Verfahren notwendig, um die gewünschte Reinigungsleistung zu erreichen. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn biologisch schwer abbaubare Schadstoffe alleine oder kombiniert mit anderen Schadstoffen, Konzentrationsschwankungen oder wechselnde Abluftzusammensetzungen auftreten. Für diese Anwendungsfälle können Biobeete mit Sorptionsverfahren gekoppelt werden.

Biologisch schwer oder nicht abbaubare Stoffe können in einem vor- und/oder nachgeschalteten chemischen Wäscher abgeschieden werden. Kurzzeitige Konzentrationsschwankungen sind durch einen Adsorber aufzufangen, so dass dem Biobeet eine konstant beladene Abluft zur Verfügung steht, auf die sich die Population der Mikroorganismen einstellen kann. Durch die Einstellung der Geruchsstoffkonzentration auf einen mittleren Wert ist das Biobeet entsprechend kleiner zu dimensionieren. Durch die thermische Desorption des Adsorbers kann das Biobeet auch in Zeiten eines geringen Konzentrationsniveaus betrieben werden.

Problematisch hat sich insbesondere die Volumenveränderung organischen Biobeetmaterials bei geänderter Materialfeuchte erwiesen. Mit steigender Feuchte quillt das Material und verdichtet sich dabei. Ein gesteigener Druckverlust ist die Folge. Trocknet das Material danach, schrumpft sein Gesamtvolumen und es bilden sich Risse im Material, durch die dann das Abgas ohne ausreichende Reinigung hindurchströmt. Bei organischem Filtermaterial sind ferner häufig Randablösungen zu beobachten, bei denen die beschriebenen Vorgänge zu einer Spaltbildung zwischen Filtermaterial und Wand führen. Dem versucht man durch eine umlaufende Randabdeckung zu begegnen.

Bei höheren Temperaturen neigen organische Filtermaterialien rasch zur Mineralisierung. Damit ist eine Verdichtung des Materials und Erhöhung des Druckverlustes verbunden. Außerdem nimmt die Abbauleistung des Biobeets ab.

Aus diesen Gründen wird das Biobeetmaterial nach Standzeiten von wenigen Monaten bis mehreren Jahren ausgetauscht.

Inerte Filtermaterialien haben grundsätzlich höhere Standzeiten von zumindest acht bis zehn Jahren, verursachen jedoch höhere Investitionskosten. Vorteilhaft bei inerten Filtermaterialien ist, dass sich durch eine exakte Einstellung des Korngrößenspektrums definierte Druckverluste erreichen lassen. Im Laufe einer längeren Betriebsdauer kann eine Auflockerung des inerten Filtermaterials erforderlich werden.

Im Falle von Reaktionszwischenprodukten oder beim Abbau von Schwefelwasserstoff oder Ammoniak können durch pH-Wert-Verschiebungen oder unvollständig abgebaute Schadstoffe die Mikroorganismen in ihrer Aktivität gehemmt werden. In einem solchen Fall ist es erforderlich, die Reaktionsprodukte in ihrer Wirkung zu neutralisieren oder aus dem Biobeetmaterial auszuspülen.

5.3.1.2 Biotrickling

(VDI 3478, Kellner, Knauff, UB Media)

Das Biotricklingverfahren stellt eine Weiterentwicklung des herkömmlichen Biobeets dar, wobei der Schadstoffabbau von Mikroorganismen durchgeführt wird, die auf einem inerten Trägermaterial immobilisiert sind. Bei der Auswahl des Trägermaterials wird insbesondere auf einen niedrigen Druckverlust geachtet. Die eingesetzten Materialien, wie z.B. Polyurethan-Würfel, sind nicht in der Lage, Wasser zu speichern, weshalb eine kontinuierliche oder diskontinuierliche Beregnung vorzusehen ist. Der

Beregnungsflüssigkeit werden Nähr- und Mineralstoffen sowie Spurenelementen in Form einer Nährlösung zugefügt.

Mit dem inerten Trägermaterial sind aufgrund des geringeren Druckverlustes im Gegensatz zum Strukturmaterial in Biobeeten wesentlich größere Bauhöhen realisierbar. Die biologische Aktivität ist häufig höher, was zusammengenommen einen geringeren Platzbedarf als beim Biobeetverfahren bedingt.

Da außer den organischen Abluftinhaltsstoffen keine weitere C-Quelle zur Verfügung steht, etabliert sich eine speziell auf den Anwendungsfall spezialisierte Mikroorganismenpopulation. Die in der Abluft enthaltenen Schadstoffe werden von diesen Mikroorganismen verstoffwechselt.

Durch regulative Maßnahmen wie Einstellung von pH-Wert und Beregnungszeiten sowie Anpassung der Nährstoffzugabe kann eine optimale biologische Aktivität erreicht werden.

Typisch sind Abluftströme von 1.000 bis 300.000 m³/h und der Abbau von Abluftinhaltsstoffen wie Ethanol, Ethylacetat, Aceton und Toluol in einem Konzentrationsbereich von 0,1 bis 3 g/m³. Biotricklingverfahren werden häufig zwei- oder mehrstufig angeboten.

Die beladene Abluft durchströmt dann beispielsweise die erste Stufe im Gegenstrom zur Beregnungsflüssigkeit. In dieser Stufe erfolgt ein erster biologischer Abbau der Abluftinhaltsstoffe. Anschließend tritt die so vorgereinigte Abluft von oben in die zweite (oder eine weitere) Stufe. In dieser erfolgt der vollständige Abbau der Schadstoffe bis zur geforderten Reinluftkonzentration. Die gereinigte Abluft wird über einen Kamin ins Freie emittiert.

Die für den Metabolismus notwendigen Nähr- und Mineralstoffe werden mittels der Beregnungsflüssigkeit, die im Kreislauf geführt wird, den Mikroorganismen zur Verfügung gestellt. Die Nähr- und Mineralstoffe werden dieser Beregnungsflüssigkeit in einer auf den Anwendungsfall abgestimmten Zusammensetzung und Menge zugesetzt. Der pH-Wert wird durch Zugabe von Lauge auf einen für die Biologie optimierten Wert geregelt. Durch diese Maßnahmen wird ein optimaler Betriebszustand des Tropfkörper erreicht.

5.3.2 Absorptionsverfahren - Physikalische, chemische und biologische Wäscher

Physikalische und chemische Wäscher werden besonders zur Reinigung stark belasteter, kleiner bis mittlerer Volumenströme verwendet.

Der Stoffübergang im Prozess wird über die zur Verfügung stehende Stoffaustauschfläche, den Stoffübergangskoeffizienten sowie die Konzentration des gelösten Reagens bestimmt, welches die Geschwindigkeit der chemischen Reaktion mit beeinflusst.

Der Abscheidemechanismus in physikalischen Wäschern läuft über die Absorption und in chemischen Wäschern über eine zusätzliche chemische Reaktion mit einem gelösten Reagens ab. Das Reagens ist entweder die Absorptionslösung selbst oder eine zugegebene Chemikalie.

Bei der biologischen Abgasreinigung in einem Biowäscher setzen Mikroorganismen den Schadstoff um. Die Mikroorganismen sind im Wasser suspendiert. Bei der biochemischen Absorption ist wegen der reaktiven Umsetzung des gelösten Gases nicht mehr ausschließlich das physikalische Lösungsgleichgewicht bestimmend für das Absorptionsergebnis.

Verfahrenstechnische Grundlagen

Unter Absorption versteht man die Abtrennung einer oder mehrerer Komponenten aus Gasgemischen durch Waschen mit einem Waschmedium, i. Allg. Wasser. Bei der Absorption werden gasförmige Schadstoffe (Absorptiv) von einer Waschflüssigkeit (Absorbens) aufgenommen. Nach Art der Bindung zwischen Absorptiv und Absorbens unterscheidet man zwischen physikalischer und chemischer Absorption. Die physikalische Absorption beruht ausschließlich auf der Löslichkeit des Schadstoffes, während im Fall der chemischen Absorption noch zusätzlich das Absorptiv mit dem Absorbens chemisch reagiert. Die Kombination von physikalischer Absorption und biologischer Umsetzung durch im Waschmedium suspendierte Mikroorganismen wird in Biowäschern realisiert.

Die Löslichkeit eines Gases erhöht sich mit abnehmender Temperatur und steigendem Druck. Absorptionsisothermen, d. h. Gleichgewichtskurven zwischen gasförmiger und flüssiger Phase bei konstanter Temperatur, werden im Allgemeinen experimentell ermittelt. Zur Absorption muss das Absorptiv durch die Grenzschicht und im Absorbens

transportiert werden. Der Absorberabscheidegrad hängt daher von dem Konzentrationsgefälle zwischen den Phasen, dem Stoffübergang an der Phasengrenzfläche und der Verweilzeit ab. Das Konzentrationsgefälle ist im Wesentlichen durch die Schadstoffmenge im Abgas vorgegeben. Im Allgemeinen nimmt der Abscheidegrad mit der Schadstoffkonzentration zu. Der Stoffübergang lässt sich durch hohe Strömungsgeschwindigkeiten verbessern, was aber wegen des damit verbundenen Energieaufwandes begrenzt ist. Die Auslegung eines Absorbers erfolgt daher in erster Linie über die Phasengrenzfläche und die Verweilzeit durch Variation des Zerstäubungsgrades und des Absorbervolumens.

Es existieren zahlreiche Absorberbauformen, die in der folgenden Abbildung schematisch dargestellt werden.

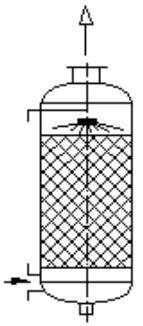
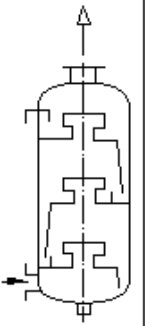
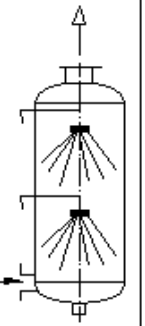
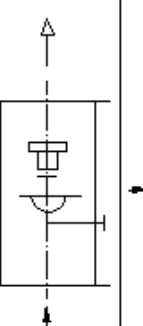
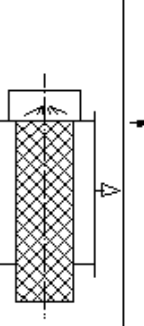
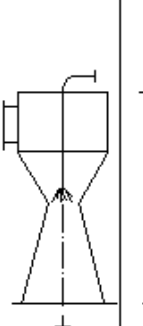
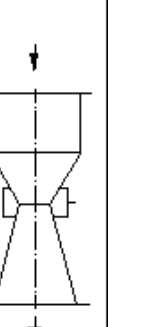
Strömungsprinzip	Gegenstrom				Querstrom	Gleichstrom	
Funktionsprinzip	Das Gas strömt im Gegenstrom durch eine mit Flüssigkeit berieselte Füllkörperkolonne	Das Gas perlt in Form von Blasen durch die Flüssigkeit	Die Flüssigkeit wird in einem Gasraum fein zerstäubt		Das Gas strömt im Querstrom durch eine mit Flüssigkeit berieselte Füllkörperschicht	Das Gas wird durch die Flüssigkeit angesaugt und mit dieser vermischt	Die Flüssigkeit wird in der Venturikehle dispergiert
Benennung	Füllkörperwäscher	Gasblasenwäscher Bodenkolonnen	Sprühurnwäscher Düsenwäscher	Rotationswäscher	Füllkörperquerstromwäscher	Strahlwäscher	Venturiwäscher
Schema							

Abbildung 5.1: Absorberbauformen (UB Media)

Das Absorbens muss das Absorptiv gut lösen und je nach Verfahrenskonzept auch noch chemisch binden. Die Aufnahmefähigkeit für das Absorptiv bei der chemischen Absorption ist durch den stöchiometrischen Umsatz vorgegeben. Das beladene

Waschmittel (Absorbat) soll einfach regeneriert oder für eine umweltverträgliche Entsorgung aufbereitet werden können. Für die Geruchsminderung wird in der Regel Wasser als Absorptionsmittel verwendet.

Wasser oder wässrige Lösungen können auch zur Absorption gut löslicher organischer Stoffe (z. B. Alkohole) verwendet werden. Für schwer lösliche Schadstoffe (z.B. praktisch alle Chlorkohlenwasserstoffe) wurden spezielle organische Absorbentien mit niedrigem Dampfdruck entwickelt. Dadurch kann die Absorbenskonzentration im Abgas gering gehalten werden.

Bei der Chemisorption werden Schadstoffe in der absorbierten Phase in weniger schädliche oder leichter abscheidbare Verbindungen umgewandelt. Neben Neutralisationsreaktionen, die durch Zugabe von Laugen (z.B. Natronlauge) oder Säuren (z.B. Salzsäure) gesteuert werden, sind vor allem Oxidationsreaktionen verbreitet. Als Oxidationsmittel werden unter anderem Ozon (O_3) und Wasserstoffperoxid (H_2O_2) eingesetzt. Oxidierbare Schadstoffe sind u. a. Aldehyde, Ketone, Phenole, Schwefelwasserstoff, Phosphorwasserstoff sowie schwefel- und stickstofforganische Verbindungen.

Um eine Verlagerung des Luftreinhalteproblems zu vermeiden, ist grundsätzlich eine Regeneration oder Aufarbeitung der gebrauchten Waschflüssigkeit durchzuführen.

Bei einer Regeneration wird das Absorptiv aus dem Absorbat entfernt; das Waschmittel kann anschließend wieder zum Absorber zurückgeführt werden. Wie beim Absorptionsvorgang lässt sich zwischen physikalischer und chemischer bzw. biochemischer Regeneration unterscheiden. Für die physikalische Regeneration müssen die Betriebsbedingungen geändert werden. Zur Überführung des Absorptivs in die Gasphase sind entweder eine Temperaturerhöhung durch Wärmezufuhr oder eine Partialdruckerniedrigung durch Entspannen auf niedrige Drücke und/oder Verdünnung durch einen Hilfsstoff (Strippen) möglich.

Bei der chemischen Regeneration erfolgt entweder eine Rückreaktion zwischen Absorbens und Absorptiv, oder das Absorptiv wird in eine Verbindung umgewandelt, die sich leichter abtrennen lässt. Die Regeneration des Waschmittels von Biowäschern erfolgt durch den biologischen Abbau der Luftschadstoffe durch die suspendierten Mikroorganismen.

5.3.2.1 Biowäscher

Zur Auslegung von Biowäschern gelten die allgemeinen Grundlagen der Absorption. Die Besonderheit liegt darin, dass die Schadstoffe in der absorbierten Phase durch die Stoffwechsellätigkeit von Mikroorganismen abgebaut werden und das Waschmedium dabei regeneriert wird. Die Mikroorganismen sind im Absorbens dispergiert.

Der biochemische Schadstoffabbau kann im Wäscher selber oder einem nachgeschalteten Reaktions- oder Belebungsbecken erfolgen.

Als Biowäscher werden Füllkörper-, Sprüh- oder Düsenabsorber in ein- oder mehrstufiger Bauweise betrieben.

Durch den biochemischen Schadstoffabbau entstehen neben den Endprodukten CO_2 und H_2O auch saure Nebenprodukte, so dass große Aufmerksamkeit auf eine pH-Wert Regulierung gelegt werden muss. Der pH-Wert sollte sich im Bereich von 5,5 bis 8 bewegen. Die Mikroorganismen müssen ferner insbesondere mit Stickstoff und Phosphor versorgt werden, da beide Elemente nicht in ausreichender Menge in der Abluft vorkommen.

Die optimale Temperatur zum biologischen Abbau von Schadstoffen liegt wie beim Biofilter bei 15 bis max. 35 °C. Die Temperatur im Biowäscher kann durch Vorwärmung oder Reduzierung des Abluftstroms bzw. Erwärmung des Waschmittels an die Umgebungsbedingungen angepasst werden. Die Mikroorganismen im Waschmittel reagieren empfindlich gegenüber länger anhaltenden Temperaturerhöhungen. Kurzzeitige Temperaturspitzen im Bereich von 40 bis 50 °C werden aufgrund der großen Wassermenge gut toleriert. Der Einbau von Kühlern ist meistens energetisch ungünstig, weshalb alternativ kühlere Luft zum Abluftstrom zugemischt werden sollte, sofern die Anlagenauslegung das zulässt.

Bei Anlagenstillständen ist die Aktivität der Mikroorganismen durch Nährstoffzugabe und Belüftung zu erhalten.

Biowäscher sind im Vergleich zu Biobeeten, die unter vergleichbaren Bedingungen arbeiten, wesentlich kleiner zu dimensionieren. Platzbedarf entsteht vor allem durch die i.d.R. erforderlichen Reaktionsbecken zur Regeneration des Waschmediums.

Biowäscher sind störanfällig bei Schwankungen in der Abgaszusammensetzung. Sie erfordern einen hohen Regelaufwand und aufgrund der Vestopfungsgefahr durch den sich bildenden Biofilm einen hohen Reinigungsaufwand ([Knauf](#)) .

Einsatz zur Geruchsminderung, Verfahrensgrenzen, Stand der Technik

Der Einsatz von Wäschern zur Geruchsminderung ist vor allem in Kombination mit Biobeeten weit verbreitet. Sie dienen dort zur Konditionierung der Abluft oder zur Abscheidung von sauren oder alkalischen Schadstoffen, die die Bioflora des Biobeetes schädigen könnten. Im Falle eines unvollständigen Schadstoffabbaus im Biobeet kann die Abluft einem nachgeschalteten Wäscher zugeführt werden, bevor sie als Reinluft an die Umgebung abgegeben wird.

Unterschreitet die Abluftkonzentration die Auslegungskonzentration des Absorptionsverfahrens, so kann es zur Strippung bereits absorbierter Stoffe in den Reingasstrom kommen. Dieser Effekt wurde in Gießereien des häufigeren beobachtet.

Durch die Anwendung thermophiler Mikroorganismen, wie sie aus Fermentationsprozessen bekannt sind, bieten sich z.B. in der Holzwerkstoffindustrie Einsatzfelder für Biowäscher. Diese ersetzen die bislang eingesetzten Biobeete, für deren Einsatz die Abluft zunächst abgekühlt werden musste. Ein gering belastete Abluftstrom von 300.000 bis 800.000 m³/h wird mit 65 bis 70 °C in den Biowäscher geleitet, in dem sich eine Betriebstemperatur von 50 bis 60 °C einstellt.

5.3.3 Mischnebelabscheidung mit chemischem oder enzymatisch katalysiertem Abbau

Verfahrenstechnische Grundlagen

([Johann-Wolfgang-Goethe-Universität Frankfurt, Bickeböller](#))

Nach dem Vorbild der Selbstreinigungsvorgänge in der Atmosphäre durch Nebel und Wolken wurde ein sogenanntes Mischnebelverfahren zur Emissionsminderung entwickelt. Dieses Verfahren ist insbesondere geeignet, Geruchsstoffe zu absorbieren und in einem Nebel mit Hilfe von sauren oder alkalischen Zusatzstoffen, teilweise durch Enzyme katalysiert, oxidativ abzubauen. Spezielle Zusatzstoffe erlauben auch die Absorption organischer Geruchskomponenten im Nebel sowie eine anschließende Oxidation der Geruchsstoffe durch den Luftsauerstoff. Diese Zusatzstoffe werden nur von wenigen

Anlagenbauern eingesetzt und bestehen aus oberflächenaktiven Substanzen und Enzymen.

Mit einem Mischnebelerzeuger lässt sich eine Größenverteilung der Tröpfchen einstellen, die der geforderten Reinigungsleistung optimal angepasst ist. Dies wird unterstützt durch die gezielte Dosierung von Chemikalien. Für eine effektive Emissionsminderung sind dies aufgrund der Vielzahl von i.d.R. gleichzeitig auftretenden Geruchsstoffen wesentliche verfahrenstechnische Vorteile.

Die erzeugten Nebeltröpfchen haben einen Durchmesser von ca. 20 Mikrometern und stellen damit eine gegenüber den üblichen Tropfen in Absorbern um ein Vielfaches erhöhte Tropfenoberfläche zur Absorption zur Verfügung.

Nebeltröpfchen unterliegen nur in einem geringen Maße der Sedimentation, sondern schweben bis zum Erreichen des Sättigungsgleichgewichts mit der absorbierten Gasphase. Durch die Abstoßung der Nebeltröpfchen untereinander bleiben diese feinverteilt. Es bildet sich ein über einen längeren Zeitraum stabiler Nebel, in dem die Absorptions- und Abbaureaktionen stattfinden.

Es werden nur geringe Mengen an Absorberlösung benötigt. Beispielsweise erfordert die Reinigung eines Abluftvolumenstroms von 1.500 m³/h lediglich 5 Liter Wasser. Wesentliche Baugruppen des Reinigungsverfahrens sind

- die Vernebelungseinrichtung mit Hochdruckpumpen, 10 µm Düsen und Dosierung von Chemikalien (eventuell auch Enzymen)
- die Reaktionsstrecke sowie
- ein Tröpfchenabscheider, der den Austrag von Nebeltröpfchen verhindert.

Das abgeschiedene Absorbat kann in einer Kläranlage aufgearbeitet werden. Die Vernebelung erfolgt bei Drücken von 70 bis 80 bar. Die in einigen Fällen eingesetzten Enzyme sind zu einem großen Teil toxikologisch als unbedenklich eingestuft worden. Sie bauen sich im Wasser innerhalb von 24 Stunden ab.

Die zugrundeliegenden Abbaumechanismen sind bislang noch nicht endgültig geklärt. Ebenfalls ist die mögliche Freisetzung von beladenen Nebeltröpfchen nach dem Tropfenabscheider nicht ausreichend erforscht. Die toxikologische Bewertung der Aerosole sollte nachgeholt werden, da diese Betrachtung anderen Voraussetzungen folgt

als die Bewertung der flüssigen Enzyme z.B. in der Lebensmittelverarbeitung und Kosmetikherstellung. Dort werden die eingesetzten Enzyme in großem Umfang verwendet.

Die bisher gemachten Untersuchungen zur Wirksamkeit der Nebelabscheidung bei der Geruchsemissionsminderung lieferten lediglich durchschnittliche Ergebnisse mit Abscheidewirkungsgraden von rund 50%. Solche Versuche wurden vor allem in der Tierhaltung und in Gießereien durchgeführt. Das Verfahren befindet sich allerdings noch in einem sehr frühen Entwicklungsstadium und wird bislang nur von einigen wenigen Ingenieurbüros und Anlagenbauern angeboten. Diesen Unternehmen fehlen die Mittel, systematische Entwicklungs- und Forschungsarbeiten zur Klärung offener Fragen zu leisten. Ein entscheidender Vorteil des Verfahrens sind die im Vergleich zu Konkurrenzverfahren wie den Biobeeten oder Absorptionsverfahren deutlich niedrigeren Investitions- und Betriebskosten. [\[Diskussion Tagung, Gespräch Dr. Helber\]](#)

5.3.4 Adsorptionsverfahren

Verfahrenstechnische Grundlagen

Im Bereich der Abgasreinigung werden Adsorptionsverfahren vor allem bei niedrigen Schadgaskonzentrationen eingesetzt. Die Adsorption ist ein nicht zerstörendes Verfahren, bei dem die Störkomponente ohne lediglich aus dem Abluftstrom entfernt wird. Die Vorteile liegen in der Möglichkeit der Wertstoffrückgewinnung oder der Schadstoffaufkonzentrierung. Im Bereich der Geruchsminderung spielt der Aspekt der Rückgewinnung in der Regel eine untergeordnete Rolle, da die vorliegenden Konzentrationen oftmals sehr gering sind.

Bei der Adsorption werden die zu adsorbierenden gasförmigen Moleküle (Adsorptiv) an einer Oberfläche, dem Adsorbens, angelagert. Die adsorbierten Moleküle werden als *Adsorpt* und das beladene Adsorbens, bestehend aus Adsorpt + Adsorbens, als *Adsorbat* bezeichnet.

Es werden die physikalische und die chemische Adsorption unterschieden. Analog zur Absorption bezeichnet man diese auch als *Physisorption* und *Chemisorption*. Bei der Physisorption werden die adsorbierten Moleküle physikalisch durch Van-der-Waals-Kräfte auf der Oberfläche festgehalten. Sie ist reversibel. Bei der Chemisorption gehen die

adsorbierten Moleküle chemische Bindungen mit der Oberfläche ein. Dieser Vorgang kann sowohl reversibel als auch irreversibel sein.

Für die Aufnahmefähigkeit eines Adsorbens ist die Größe der Oberfläche maßgeblich. Verwendung finden daher vornehmlich Adsorbentien mit einer bezogen auf die Masse oder auf das Kornvolumen möglichst großen Oberflächen. Die sog. „innere“ Oberfläche, die Oberfläche der Poren, ist dabei um ein Vielfaches größer als die äußere geometrische Oberfläche. Größe und Struktur der Poren eines Adsorbens sind für die Adsorption ausschlaggebend.

Diese innere Oberfläche wird durch Makro- ($d > 20$ nm) und Mikroporen ($d < 20$ nm) in den Adsorbenskörnern gebildet. Die spezifische Oberfläche von Adsorbentien liegt im Bereich zwischen 100 und 1500 m²/g. Die spezifischen Volumina der Makro- und Mikroporen können jeweils zwischen 0,05 und 2 cm³/g variieren.

Während bei der Adsorption Wärme frei wird (exotherm), muss zur Desorption Energie zugeführt werden (endotherm). Die Adsorption findet bevorzugt bei niedrigen Temperaturen statt. Die Beladungskapazität steigt mit abnehmender Temperatur, da das Adsorpt mit abnehmender Temperatur weniger Platz auf dem Adsorbens einnimmt. Dem entgegen steht, dass die temperaturabhängige Diffusionsgeschwindigkeit mit abnehmender Temperatur sinkt, so dass die Temperatur nicht beliebig herabgesetzt werden sollte. In der Praxis der Abluftreinigung werden Adsorptionsanlagen für etwa 20°C bis 50 °C ausgelegt.

Die Adsorption nimmt mit zunehmender Beladung des Adsorbens ab. Das Adsorbens muss in regelmäßigen Abständen ausgetauscht oder regeneriert werden. Zwischen der maximal möglichen Beladung (Beladungskapazität) und der in der Umgebung des Adsorbens vorherrschenden Konzentration des Adsorptivs (ausgedrückt über den Partialdruck) besteht im Gleichgewicht eine Beziehung. Im Adsorptionsgleichgewicht werden ebenso viele Moleküle adsorbiert wie desorbiert; es findet kein Bruttoaustausch zwischen Gasphase und Adsorpt statt. Die Gleichgewichts-Beladung des Adsorbens ist abhängig vom Partialdruck des Adsorptivs und von der Temperatur. Zur Beschreibung werden sog. Adsorptionsisothermen in der Regel experimentell ermittelt, welche die Abhängigkeit der adsorbierten Stoffmenge von der Konzentration des Adsorptivs bei konstanter Temperatur im Gleichgewicht beschreiben. Die Darstellung dieser

Adsorptionsisothermen erfolgt nach Langmuir, Freundlich, BET (Brunauer, Emmet, Teller) u. a. Gleichungen, denen unterschiedliche Modellvorstellungen zugrunde liegen.

Adsorptionsanlagen werden meist im Wechsel zwischen Adsorption und Desorption betrieben. Ad- und Desorptionsvorgang, d. h. der Schritt von der Gasphase in die adsorbierte Phase und umgekehrt, verlaufen sehr schnell. Das Adsorptiv muss jedoch zunächst an die äußere Oberfläche des Adsorbens, durch die Grenzschicht und dann schließlich an die innere Oberfläche gelangen. Geschwindigkeitsbestimmend für die Ad- und Desorption ist meist der Transport des Adsorptivs im Porenvolumen des Adsorbens, der durch Diffusion erfolgt. Sowohl Gleichgewichtsbeladung als auch eine vollständige Desorption/Entladung des Adsorbens werden in der Praxis nicht erreicht.

Niedrige Temperaturen, hoher Druck und hohe Adsorptivkonzentrationen begünstigen die Beladung. Die Beladekapazität steigt im Allgemeinen mit Siedetemperatur und Molekulargewicht des Adsorptivs. Bei der Adsorption mehrerer Stoffe (Koadsorption) kann es zu einer Verdrängung der schwerer adsorbierbaren Adsorptive (leichter flüchtige Komponenten) kommen. Unterhalb der kritischen Temperatur eines Adsorptivs kann durch Kapillarkondensation die Beladung erheblich zunehmen, da das Volumen des Adsorpt durch den Phasenwechsel deutlich abnimmt.

Die Regenerierung des beladenen Adsorbens umfasst die Desorption, ggf. die Trocknung und die Kühlung. Für die Desorption gibt es verschiedene Möglichkeiten:

- Temperaturerhöhung (Wasserdampf, partielle Vergasung)
- Druckerniedrigung
- Extraktion mit org. Lösemittel, Natronlauge oder überkritischen Gasen.

Die Extraktion, d. h. die Desorption durch Lösemittel in eine flüssige Phase, ist dann erforderlich, wenn die Desorptionstemperatur über der Zünd- oder Zersetzungstemperatur des Adsorpts liegen. Sie ist für den Bereich der Geruchsminderung weniger von Bedeutung.

Im Falle einer sehr starken adsorptiven Bindung ist die Desorption nur unter Bedingung einer Aktivierung möglich. Die Reaktivierung von Aktivkohle erfolgt durch selektive Vergasung der Adsorpte mit Wasserdampf oder Kohlendioxid bei Temperaturen zwischen 700 und 900 °C. Bei oxidischen Adsorbentien können die Adsorpte mit Luft oder Sauerstoff oxidiert werden. Bei der Reaktivierung muß darauf geachtet werden,

daß es aufgrund exothermer Reaktionen nicht zur Strukturveränderung oder gar Zerstörung des Adsorbens kommt.

Einsatz zur Geruchsminderung, Verfahrensgrenzen, Stand der Technik

Bei der Geruchsminderung bietet sich die Adsorption zur Aufkonzentrierung an. Das Adsorptiv (Störkomponente) wird aus einem gering belasteten, hochvolumigen Abluftstrom adsorbiert und anschließend an einen kleineren Volumenstrom abgegeben. Dieser hoch belastete, deutlich kleinere Abgasstrom muss nachbehandelt werden. Die Nachbehandlung kann auf verschiedene Weise erfolgen. Über eine Kondensationsstufe kann eine Rückgewinnung der entsprechenden Komponenten erfolgen. Diese im Sinne der Kreislaufwirtschaft stehende Lösung ist jedoch nur im Einzelfall wirtschaftlich und technisch vertretbar, wenn die Komponenten wiederverwertbarer Reinheit und ausreichender Quantität dem Kreislauf zugeführt werden können. Beispiele hierzu sind in der Lösemittelverarbeitung zu finden. Eine häufiger vorzufindende Kombination ist die Adsorption mit anschließender Oxidation des im Vergleich zum ursprünglichen Abgases deutlich heizwertreicheren Gasstromes oder anschließender biologischen Umsetzung. Die Nachverbrennung kann thermisch oder katalytisch, rekuperativ oder regenerativ erfolgen. Bei hinreichend hohem Heizwert ist ein autothermer Betrieb möglich (ab Kohlenstoffkonzentrationen $> 2 \text{ gC}_{\text{org}}/\text{m}_\text{N}^3$), das heißt, der Energiegehalt des Gases reicht für eine Verbrennung ohne weitere Energiezufuhr aus. Wird die Adsorption einer biologischen Nachbehandlung vorgeschaltet, können hierdurch Konzentrationsspitzen abgefangen und die Biologie gleichmäßig beaufschlagt werden. Einer Nährstoffunterversorgung während möglicher Stillstandszeiten (Wochenende, Nacht etc.) kann über den Zwischenschritt der Adsorption/Desorption entgegengewirkt werden. Für die unterschiedlichen Anforderungen wurden speziell Adsorber-Bauformen entwickelt, in denen das Adsorbens als ruhende oder bewegte Schicht angeordnet ist. Nachfolgend sind die wichtigsten Bauformen kurz dargestellt.

Festbettadsorber

Das Adsorbens kann horizontal oder vertikal durchströmt werden. Für einen quasikontinuierlichen Betrieb sind mindestens zwei Adsorber erforderlich, die gesteuert über die Reingaskonzentration im Wechsel adsorbieren oder desorbiert werden. Festbettadsorber sind weniger für staubhaltige Abgase geeignet. Die Ansprüche an die mechanischen Eigenschaften (Abriebverhalten) des Adsorbens sind bei

Festbettadsorbern gering .

Bewegtbettadsorber

Bei diesen als Wanderbett- oder Wirbelbettadsorbern ausgeführten Bauarten werden Adsorption und Desorption getrennt durchgeführt, wodurch die gesamte Anlage kleiner ausfällt. Das Verfahren ist unempfindlich gegenüber staubhaltigen Gasen. Vereinzelt werden Bewegtbetten auch als kombinierte Adsorption-Staubabscheidungs-Anlagen ausgelegt.

Rotoradsorber

Über einen Rotor wird das Adsorbens ohne mechanisch beansprucht zu werden innerhalb eines Apparates von der Adsorptionszone (die größte Zone im Rotor) zur Desorptions- und anschließend zur Trocknungs- und Kühlzone (die kleinste Zone im Rotor) bewegt. Der Rotor kann sowohl axial als auch radial durchströmt und horizontal wie vertikal bewegt werden. Das eingesetzte Adsorbens ist in Form von z. B. Fasern, Kugeln und Partikeln als Schüttung oder auf Trägermaterial aufgebracht.

Flugstromadsorber

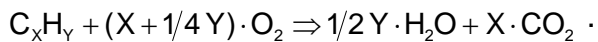
Hierbei wird dem Abgasstrom staubförmiges Adsorbens ($d_p < 500\mu\text{m}$) zugesetzt. Die Adsorption findet in der Mischungsstrecke und im nachgeschalteten Gewebefilter statt, der das Adsorbat aus dem Gasstrom abscheidet. Die feine Körnung und die große Oberfläche bewirken kurze Diffusionswege und begünstigen die Adsorptionskinetik, bergen aber auch die Gefahr einer Staubexplosion. Flugstromadsorber werden zur Abscheidung geringer Schadstoffmengen bei großen Abgasströmen eingesetzt.

Für die Adsorption sind im Wesentlichen die physikalischen Eigenschaften der Schadstoffe und die innere Feststoffoberfläche entscheidend. Verfahrenstechnisch aufwendig ist die erforderliche Regeneration des Adsorbens, die in der Regel mit Wasserdampf erfolgt. Hier ist z.B. eine Parallelschaltung mehrerer Adsorber und eine Regeneration im Lohnauftrag möglich. Im Bereich der Geruchsminderung werden auch Rotoradsorber eingesetzt. Als Adsorbentien finden vornehmlich Aktivkohlen und Kieselgele Verwendung.

Grundlagen, Charakterisierung der Adsorbentien, Apparate und Anwendungsbeispiele sind u.a. in [1]

5.3.5 Thermische Oxidation

Eine Vielzahl der geruchsintensiven Stoffe, insbesondere die Organika, können unter Anwesenheit von Sauerstoff oxidiert (verbrannt) werden. Hierbei handelt es sich um ein zerstörendes Verfahren, bei dem die vorwiegend aus Kohlenstoff (C), Wasserstoff (H) und Sauerstoff (O) bestehenden Geruchsstoffe im Idealfall vollständig zu Wasser (H₂O) und Kohlendioxid (CO₂) verbrannt werden:



In der Regel liegt das Energieniveau der Produkte höher als das der Edukte. Man spricht von einem exothermen Prozess: es wird Energie freigesetzt. Die Reaktion läuft jedoch nicht spontan ab. Zur Einleitung der Oxidation ist die Überwindung einer Aktivierungsenergie notwendig. Diese kann in Form von Wärme zugeführt und mit Hilfe eines Katalysators reduziert werden. Es lassen sich zwei grundsätzliche Methoden der Nachverbrennung unterscheiden:

- thermische Nachverbrennung (TNV) und
- katalytische Nachverbrennung (KNV).

Auf die dritte Möglichkeit der Nachverbrennung, der Flammenverbrennung, wird nicht eingegangen. Sie ist nur dann möglich, wenn der Energiegehalt des Abgases ausreicht, um eine Flamme selbständig zu erhalten. Die Flammenverbrennung ist für die Geruchsminderung unbedeutend. Darüber hinaus haben in der naheliegenden Vergangenheit weitere, alternative oxidierende Verfahren auf sich aufmerksam gemacht. Allen voran die Oxidation im nichtthermischen Plasma sowie die UV-angeregte Oxidation. Diese werden weiter unten behandelt. Nachfolgend sind die Temperaturbereiche der Oxidationsverfahren für die Verbrennung von Kohlenwasserstoffen grob skizziert.

Temperatur in °C

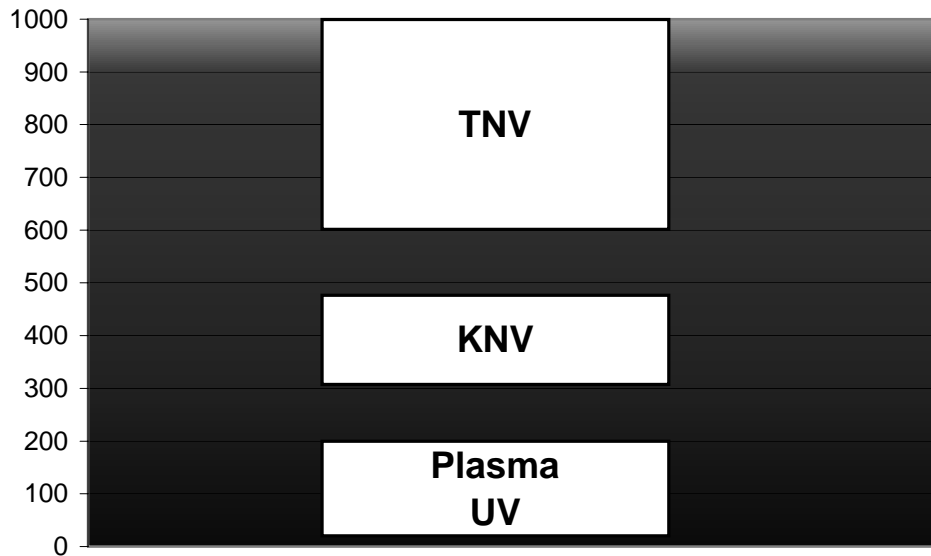


Abbildung 5.2: Temperaturbereiche Thermischer Minderungsverfahren

Weiterhin können die Verfahren hinsichtlich der Nutzung der eingesetzten bzw. der freiwerdenden Energie unterteilt werden in

- rekuperative Wärmeübertragung und
- regenerative Wärmeübertragung.

Bei rekuperativen Verfahren erfolgt die Wärmenutzung indirekt vom heißen Reingasstrom über Wärmeübertragungsflächen auf einen anderen aufzuheizenden Stoffstrom, bspw. das Rohgas. Bei der regenerativen Wärmeübertragung wird der Wärmestrom des heißen Reingasstromes zunächst in innere Energie einer Speichermasse umgewandelt und dann von dieser als Wärme auf einen aufzuheizenden Stoffstrom übertragen. Hier spricht man auch von einer halbindirekten Wärmeübertragung. Daneben existieren auch Apparate zur direkten Wärmeübertragung, die für den vorliegenden Fall jedoch von untergeordneter Bedeutung sind.

5.3.5.1 Thermische Nachverbrennung (TNV)

Bei der rekuperativen thermischen Nachverbrennung (TNV) wird die zur Erreichung der notwendigen Temperaturen erforderliche Energiezufuhr i.d.R. über Gasbrenner eingebracht. Allgemein steigt die Reaktionsgeschwindigkeit der TNV/KNV exponentiell mit der Temperatur. Bei den thermischen Verfahren wird deswegen die Schadstoffumwandlung bei hohen Temperaturen von 750°C bis 900°C durchgeführt.

Neben der Temperatur ist die Verweilzeit des Gases in der Hochtemperaturzone entscheidend für den Umsatz. Temperatur und Verweilzeit sind so aufeinander abzustimmen, dass die erforderlichen Umsatzgrade bei minimalem Energieeinsatz erreicht werden können. Das heiße Reingas wird i.d.R. zur Vorwärmung des Rohgases genutzt, um den erforderlichen Energieeinsatz nochmals zu reduzieren.

Da es keinerlei Vergiftungs- oder Alterungserscheinungen bei der thermischen Nachverbrennung zu verzeichnen gibt, ist der Einsatz im Hinblick auf die zu oxidierenden Geruchsstoffe nicht beschränkt. Sie eignet sich vornehmlich für mittlere und hohe Volumenströme, insbesondere dann, wenn die Zusammensetzung des Abgases für andere Verfahren schädlich ist (Katalysatorgifte, Biozide, hohe Staubgehalte etc.). Aufgrund des erforderlichen hohen Temperaturniveaus und daraus folgend hohen Betriebskosten einer rekuperativen TNV finden diese in der Geruchsminderung keine große Verbreitung.

5.3.5.2 Regenerative Nachverbrennung (RNV)

Ein deutlich höherer thermischer Wirkungsgrad bei der Rückgewinnung und Nutzung der eingesetzten Energie kann über die regenerative Wärmenutzung erzielt werden. Hierbei werden Regeneratoren mit ruhender Speichermasse (Festbett) und mit umlaufender Speichermasse (Rotoren) unterschieden. Bei der sogenannten **Regenerativen Nachverbrennung (RNV)** durchläuft das kalte Rohgas den aufgewärmten Regenerator und wird in der anschließenden Brennkammer auf die zur vollständigen Verbrennung notwendige Temperatur erhitzt. Das heiße Reingas verlässt die Brennkammer über den zweiten Regenerator und gibt die Wärmeenergie an diesen ab. Der Energiegehalt des ersten Regenerators sinkt bis die Gasrichtung geändert wird. Nun dient der aufgeheizte zweite Regenerator zur Erwärmung des Rohgases und der erste wird aufgeheizt. Der Zeitpunkt der Umschaltung hat maßgeblichen Einfluss auf den thermischen Nutzungsgrad und damit auf die Betriebskosten der RNV. In der nachfolgenden Abbildung ist das Prinzip der RNV mit 2 Regeneratoren skizziert.

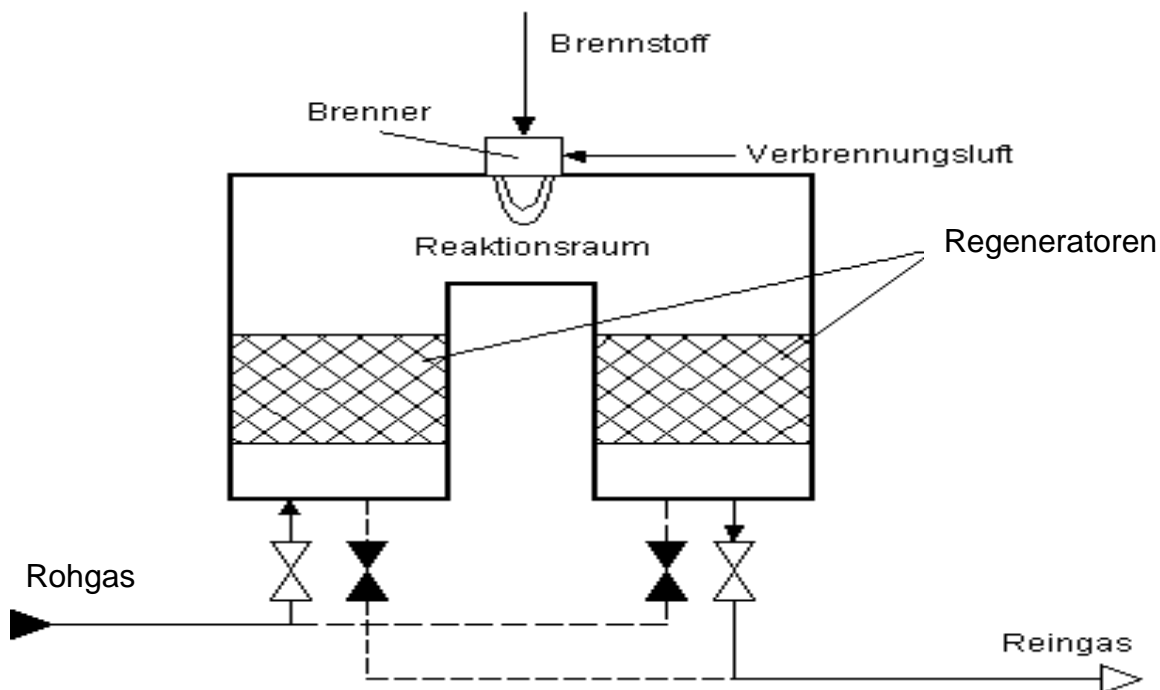


Abbildung 5.3: Funktionsprinzip der Regenerativen Nachverbrennung

Ein Nachteil dieses 2-Regeneratorenverfahrens ist, dass mit dem Umschalten der Gasrichtung das im ersten Regenerator noch befindliche Gas nicht in die Brennkammer gerät, sondern von der nun in Gegenrichtung verlaufenden Strömung als Reingas das System verlässt. Um die hierdurch entstehende Konzentrationsspitze zu vermeiden, kann man einen dritten Regenerator einsetzen. Das beim Umschalten verbleibende Rohgas im Aufheizregenerator kann mit Reingas in die Brennkammer gespült werden während die Abgasreinigung in den anderen beiden Kammern erfolgt.

Die Wärmekapazität, die den Wärmeübergang bestimmende Oberfläche sowie der Druckverlust des Speichermediums sind wichtige Parameter, die Investitionen und Betriebskosten der Anlage bestimmen. Wabenkonstruktionen werden aufgrund des z.T. erheblich geringeren Druckverlustes zunehmend den billigeren Schüttgut-Festbetten vorgezogen.

Die RNV besitzen im Vergleich zur rekuperativen TNV einen deutlich höheren thermischen Wirkungsgrad. Moderne Anlagen erreichen durch den Einsatz von Hochleistungsspeichermassen Wärmerückgewinnungsgrade von bis zu 98 %. Dazu sind Einrichtungen für die regelmäßigen Umschaltvorgänge sowie die Speichermasse und ggf.

auch Einrichtungen zur Regenerierung der teuren Speichermasse notwendig.

Die RNV gewinnt in der Emissionsminderung und auch in der Geruchsminderung zunehmend an Bedeutung.

5.3.6 Katalytische Nachverbrennung KNV

Mit Hilfe eines Katalysators können die Aktivierungsenergie und damit das erforderliche Temperaturniveau herabgesetzt sowie die Verweilzeiten infolge höherer Reaktionsgeschwindigkeiten verkürzt werden. Die Oxidation der Geruchsstoffe erfolgt bei etwa 250°C – 500°C. Im Bereich der Abluftreinigung finden vornehmlich heterogene Katalysatoren Verwendung (Störkomponente und Katalysator befinden sich in verschiedenen Phasen: hier Gas-Feststoff). Im Gegensatz zum Einsatz in der chemischen Industrie dürfen in der Abgasreinigung zum Einsatz kommende Katalysatoren keine Selektivität vorweisen. Sie müssen thermisch und mechanisch stabil sein und dürfen keinen hohen Druckverlust aufweisen. Auch hier kommen, wie bei den Regeneratoren, zunehmend keramische Wabenkörper als Trägermaterial zum Einsatz. Als aktive Komponente sind diese mit Platin, Rhodium oder Palladium belegt. Zur Oxidation organischer Verbindungen wie Lösemitteldämpfe oder Geruchsstoffe werden Trägerkatalysatoren mit sehr großer Oberfläche oder Vollkontakt-Katalysatoren aus Edelmetallen oder Metalloxiden eingesetzt.

Zur wirksamen Nutzung des Oberflächeneffektes muss man bei Vollkatalysatoren, die ganz aus Aktivsubstanz bestehen, eine entsprechende äußere Geometrie wählen, wie feine Drahtnetze oder trapezförmige Wickel. Trägerkatalysatoren verfügen über eine hochporöse Struktur mit großer innerer Oberfläche, auf der die Aktivsubstanz fixiert ist.

Oxidationskatalysatoren werden sowohl als Schüttungen (Kugeln, Zylinder), als auch, vor allem wegen des geringeren Strömungswiderstandes, als Wabenkörperelemente mit hohem Anteil gerader Strömungskanäle eingesetzt.

Wesentlichstes Auswahlkriterium ist die bei der Geruchsminderung realisierbare Raumgeschwindigkeit ($\text{m}^3 \text{ Abgas} / (\text{m}^3 \text{ Katalysatorvolumen} \times \text{Stunde})$). Sie muss meist in halbtechnischen Versuchen vor Ort mit dem Originalabgas für die verschiedenen Betriebszustände bestimmt werden. Aus den Messwerten ergeben sich für die geforderte Geruchsfreiheit Kombinationsmöglichkeiten von Katalysatoreintrittstemperatur und

Raumgeschwindigkeit als Grundlage für ein Anlagenkonzept. Um den Energieverbrauch dieser Anlagen zu senken, setzt man auch hier neben rekuperativen Wärmeübertrager vermehrt regenerative ein.

Der Einsatz katalytischer Verfahren unterliegt einigen Einschränkungen. Es besteht insbesondere die Gefahr einer Desaktivierung des Katalysators durch irreversible Vergiftung, thermische Alterung und Verschmutzung. Besonders Katalysatorgifte wie Schwefel-, Phosphor-, Halogen-, Arsen-, Blei- oder Siliciumverbindungen führen in Abhängigkeit von der auftretenden Konzentration zum Teil zu erheblichen Verkürzung der Katalysatorenlebensdauer. Der Einsatz von Katalysatoren erfordert Kenntnisse über die Zusammensetzung der zu reinigenden Abluft. Für jeden Einsatzfall ist anhand der Abluftzusammensetzung zu entscheiden, ob der Einsatz von Katalysatoren technisch und wirtschaftlich sinnvoll ist.

Nachfolgend sind typische Auslegungs- und Betriebsdaten einiger katalytischer Verbrennungsanlagen wiedergegeben:

Rohgasvolumenstrom	100 - 100.000 m ³ /h
Rohgaskonzentration	0,1 - 10 g/m ³
Verbrennungstemperatur	300 - 500 °C
Verweilzeit	ca. 1 s
Wirkungsgrad	> 90 %
Raumgeschwindigkeit	500 - 100.000 m ³ /(m ³ h)
typische Raumgeschwindigkeit	10.000 m ³ /(m ³ h)
spezifische Trägeroberfläche	1 - 400 m ² /g
aktive Oberfläche	0,1 - 30 m ² /g

Die Reinigung kohlenwasserstoffhaltiger Abluftströme durch Verbrennung ist eine sehr wirksame, aber aufwendige Methode, die überwiegend bei höheren Schadstoffkonzentrationen in der Abluft angewendet wird. Bei gering belasteten Abluftströmen bietet sich die Kombination mit einer Adsorptionsstufe an, um die Nachverbrennung und den erforderlichen Brennstoffeinsatz klein zu halten.

Zusammenfassend können allgemein folgende Vorteile der thermischen Oxidation angegeben werden:

- kein Anfall fester oder flüssiger Abfallstoffe
- hohe Reinigungsleistung
- hohe Verfügbarkeit
- geringer Wartungsaufwand und
- lange Lebensdauer (gilt für KNV nur eingeschränkt).

Eine unvollständige Verbrennung kann jedoch zu neuen Schadstoffen wie Kohlenmonoxid und nicht oder nur teilweise oxidierten organischen Verbindungen führen. Sind im Abgas Elemente wie Schwefel, Stickstoff, Halogene und Phosphor enthalten, entstehen bei der Verbrennung anorganische Schadstoffe wie Schwefeloxide, Stickstoffoxide und Halogenwasserstoffe, die bei unzulässig hohen Konzentrationen durch nachgeschaltete andere Abgasreinigungsverfahren abgeschieden werden müssen. Bei den üblicherweise geringen Schadkonzentrationen bei der Geruchsminderung ist dies jedoch nicht die Regel.

Die Katalysatoren reagieren unterschiedlich auf desaktivierende Einflüsse. In der Regel sind Vollkatalysatoren widerstandsfähiger als Trägerkatalysatoren. In diesem Zusammenhang erscheint ein im Rahmen der Tagung vorgestellter neuer robuster und kostengünstiger Katalysator sehr interessant, der aus Spänen der metallverarbeitenden Industrie hergestellt wird.

5.3.7 Alternative oxidierende Verfahren

Zunehmend werden für gering belastete Abluftströme alternative oxidierende Verfahren, wie die kaltplasmakonditionierte Nachverbrennung mit oder ohne Katalysator, diskutiert. Dabei erfolgt die Oxidation ohne vorherige Erwärmung der Abluft. Über Entladungsvorgänge in einem nicht thermischen, sogenannten kalten Plasma werden die Gasbestandteile angeregt und ionisiert. Geringe Abluftströme können mit ihrem gesamten Volumenstrom durch die Anregungseinheit geleitet werden. Bei größeren Abluftströmen wird ein Abluftteilstrom bzw. konditionierte Luft angeregt und dann dem Abluftstrom zugeführt. Nach der Ionisation werden vor allem Kohlenwasserstoffe durch

den erzeugten aktiven Sauerstoff oxidiert. Je nach Verfahrensweise ist ein Katalysator zum Abbau der teilweise hohen Ozongehalte nachzuschalten.

Verfahrenstechnische Grundlagen (VDI RL)

Bei der Behandlung einer Abluft mittels nichtthermischen Plasmas (NTP) oder mittels UV-Erregung ist der erforderliche spezifische Energieeinsatz zum Abbau der Störkomponenten (Energie in J/Stoffmenge in mol) in weiten Bereichen näherungsweise konstant. Hier unterscheidet sich das Verfahren wesentlich von den anderen thermischen Verfahren. Diesen Verfahren ist gemein, dass die notwendige spezifische Energie zur Umsetzung der Störkomponenten mit abnehmender Konzentration i.d.R. überproportional zunimmt. NTP-Verfahren bieten sich demnach zur Geruchsminderung an.

Die zur Einleitung der gewünschten Reaktion notwendige Energie wird nicht thermisch, sondern elektromagnetisch über Photonen bzw. elektronisch über direkte Entladung im elektrischen Feld in das System eingebracht. Viele der gewünschten Reaktionen, wie beispielsweise die Oxidation von Kohlenwasserstoffen mit Sauerstoff zu Wasser und Kohlendioxid, sind exotherm und stellen die frei werdende Energie im System zur Verfügung. Zur Aufrechterhaltung der Reaktion ist von außen nur ein geringer Energieeintrag nötig. Bei der elektronischen Anregung bilden sich Radikale, stark oxidierende Moleküle, freie Atome und bei der Entladungsanregung auch mehr oder weniger stabile Ionen. Das entstehende hoch reaktive, instabile Gas wird als nichtthermisches Plasma bezeichnet. Der Energiegehalt entspricht dem eines über 1000°C heißen Gases, wobei die Gastemperatur nur unwesentlich erhöht wird.

Das Plasma selbst, d.h. der Plasmazustand des Gases, hat nur eine sehr kurze Halbwertszeit. Die Lebensdauer der entstehenden Radikale, Ionen etc. ist sehr unterschiedlich. Die verschiedenen Anregungsstufen des atomaren Sauerstoffs weisen Beständigkeiten von unter 10^{-3} s auf, während das im Plasma bzw. in den nachfolgenden Reaktionen entstehende Ozon je nach Milieu über 10^3 s vorliegen kann. Im Plasma bzw. im hochreaktiven Gas reagieren die Störkomponenten. Kohlenwasserstoffe beispielsweise werden in der Regel bis zum CO_2 oxidiert. Das Abgas kann bei kleinen Volumenströmen direkt durch das NTP-Modul geführt und angeregt werden. Bei größeren Volumenströmen wird lediglich ein Teilstrom konditioniert und dem Volumenstrom wieder zugeführt.

Die Wirkung der alternativen Oxidationsverfahren steht sofort nach dem Einschalten zur Verfügung. Die Reaktionsmittel Ozon, Ionen, Radikale werden im System erzeugt, wodurch eine Vorhaltung von Stoffen i.d.R. nicht erforderlich ist. Es wird lediglich elektrische Energie benötigt.

Verfahrensgrenzen, Stand der Technik

Obwohl das Verfahrensprinzip heute schon eingesetzt wird, sind die Reaktionsmechanismen im Detail nicht bekannt. Nicht geklärt ist, welcher Mechanismus für den Abbau primär verantwortlich ist (Ozon, Hydroxylradikale, molekularer Sauerstoff in seinen verschiedenen Anregungsstufen, Stickstoffradikale, Anregung der Störkomponenten...). Somit kann a priori keine Aussage darüber getroffen werden, ob ein Katalysator den Abbau der vorgefundenen Geruchsstoffe forciert oder nur zur Zersetzung des nicht reagierten Ozons dient.

Über die Parameter der Entladung kann die Produktion der Radikale, Ionen etc. in gewissen Grenzen gesteuert werden. Eine optimale Auslegung solcher Systeme ist jedoch nur dann möglich, wenn die Reaktionsmechanismen bekannt sind. Gleiches gilt für die Beherrschung von sich ändernden Betriebsbedingungen oder für die Übertragung von Ergebnissen oder Erfahrungen auf andere Gegebenheiten oder Anwendungsfelder.

Neben den gewünschten Reaktionen finden auch Wechselwirkungen zwischen beteiligten Komponenten statt, die die Ausbeute an gewünschten reaktiven Komponenten begrenzen, mit den gewünschten Reaktionen in Konkurrenz stehen oder diese behindern. So wird beispielsweise NO mittels Ozon zu NO_2 oxidiert, welches wiederum durch die Anwesenheit von atomarem Sauerstoff zu NO reduziert wird. Bei der Betrachtung der Gesamtreaktion stellt man fest, dass NO die Reaktion von Ozon und atomarem Sauerstoff zu molekularem Sauerstoff katalysiert, das heißt, das Oxidationspotenzial von O und O_3 aufhebt und dabei nicht verbraucht wird.

Insbesondere besteht ein Defizit bzgl. der Kenntnisse der entstehenden Zwischen- und Endprodukte. Diese sind von den Rohgasparameter (Druck, Temperatur und insbesondere Gaszusammensetzung) abhängig und können auch durch Betriebsparameter der NTP-Konditionierung beeinflusst werden. Aufgrund mangelnder Kenntnisse über die Reaktionsmechanismen sind die entstehenden Endprodukte zur Zeit kaum vorauszusagen.

Der Einsatz der Verfahren erfolgt im produzierenden Gewerbe, in der chemischen Industrie und im Lebensmittelbereich. Angaben über die Größe ausgelegter Anlagen gehen von 100 Nm³/h bis über 100.000 Nm³/h. Über die Wirkung und die Eignung existieren zum Teil widersprüchliche Aussagen. Das bedeutet nicht, dass Technologie oder Anlagen hier in Frage gestellt werden. Doch dadurch, dass die Unternehmen ihr Know-how nur ungern Preis geben, ist der Informationsfluss oft nicht ausreichend und eine Hervorhebung einzelner Hersteller oder Anlagen erscheint nicht zulässig.

Entwicklungsfelder

Beim Einsatz der vorgestellten Verfahren zur Geruchsminderung, bei dem die Gaszusammensetzung in der Regel nicht bekannt ist, sind Mechanismen, Reaktionen, Umsatzraten, Zwischen- und Endprodukte nicht oder nur unter Vorbehalt voraussagen. Hinzu kommt, dass aufgrund des hohen Reaktionsvermögens und der dadurch bedingten Kurzlebigkeit der Radikale diese nur sehr aufwendig und oftmals auch nur unbefriedigend erfasst werden können. Somit sind die Informationen über deren Existenz und Wirkung bei den verschiedenen Zuständen nur unzureichend. Es ist daher unerlässlich, im Vorfeld gründliche Vor- und Pilotversuche auch zur Untersuchung des Langzeitverhaltens mit dem Abgas im realen Betrieb durchzuführen, um eine verlässliche Aussage darüber zu erhalten, ob und wie eine Geruchsminderung mit den Verfahren erzielt werden kann.

5.4 Erfahrungen bei der Planung und beim Betrieb von Geruchsminderungsanlagen

Wenn es auch eine Reihe von Verfahren gibt, die, wie oben dargestellt, geeignet sind, Geruchsemissionen zu mindern, so fehlte bislang ein Überblick über den Stand der Technik. Dies ist nicht zuletzt darin begründet, dass die betroffenen Branchen zahlreich sind und ein Know-how Transfer untereinander selten erfolgt.

Die Befragung von Anlagenbauern verdeutlicht die besonderen Schwierigkeiten bei der Auslegung von Geruchsminderungsanlagen. Der Kunde hat i.d.R. nur wenige Informationen über die Zusammensetzung der geruchsbeladenen Abluft und ist nicht bereit, zusätzliches Personal zur Auslegung und für den Betrieb der Anlage abzustellen. Er fordert eine wirksame, wartungsfreie und bedienerfreundliche Anlage, die vom jeweiligen Branchenfachmann ohne nennenswerte Einarbeitung betrieben werden kann. Die Anzahl der Anlagenbauer, die sich intensiv mit der Geruchsminderung befassen, ist

überschaubar. Diese Unternehmen betreiben häufig intensive Forschungs- und Entwicklungsarbeiten.

Während der Markt für Luftreinhaltemaßnahmen in Deutschland weitgehend stagniert, bietet gerade die Geruchsminderung noch Wachstumsmöglichkeiten für den Anlagenbau, da zunehmend auch kleinere Produktionsanlagen betroffen sind, die bislang eher selten von behördlichen Auflagen zur Luftreinhaltung erfasst wurden.

Große Verbreitung finden insbesondere biologische Verfahren, vor allem Biobeete, aber auch die Absorption, die Adsorption und die thermische und katalytische Nachverbrennung werden häufig eingesetzt.

Bei der Auswertung der Literatur und der Patente fiel auf, dass insbesondere den biologischen Verfahren großes Interesse entgegengebracht wird. Über die Anwendung der klassischen Verfahren der Luftreinhaltung Adsorption, Absorption und thermische, regenerative oder katalytische Nachverbrennung wird hingegen wenig publiziert.

In der Regel werden Biobeete mit einem vorgeschalteten Absorber zur Befeuchtung und Entstaubung der Abluft sowie der Entfernung von sauren oder alkalischen Schadstoffen, die die Biologie des Biofilters schädigen könnten, eingesetzt. Die Beurteilung der Wirksamkeit von Biofiltern ist in den Fachkreisen äußerst unterschiedlich. So gibt es abweichende Aussagen zu den abcheidbaren Geruchsstoffen.

Absorptionsverfahren werden vergleichsweise selten als alleiniges Aggregat zur Geruchsminderung eingesetzt. Biowäscher als Sonderform der Absorption weisen laut Literatur und Umfrage einen niedrigeren Wirkungsgrad als Biobeete auf und finden daher kaum Einsatzfelder.

Die Adsorption bietet sich an, wenn niedrig beladene Abluftströme aufkonzentriert werden müssen oder eine Rückgewinnung vorgesehen ist. Bei einer gewünschten Rückgewinnung werden in Einzelfällen auch Kondensationsverfahren angewendet. Zunehmend werden künstliche hydrophobe Zeolithe eingesetzt, die auch bei hohen Wassergehalten in der Abluft eine selektive Schadstoffadsorption ermöglichen. Im Falle der Verwendung von organischen Adsorbentien wie Aktivkohle und Aktivkoks wird auf eine Regeneration aus wirtschaftlichen Überlegungen häufig verzichtet.

Die Thermische Nachverbrennung spielt insbesondere dann eine Rolle, wenn in hochbelasteten Volumenströmen neben den Geruchsstoffen auch toxische Stoffe verlässlich umgesetzt werden müssen. Zunehmend werden regenerative Verfahren eingesetzt.

Großes Interesse wird den alternativen oxidierenden Verfahren entgegengebracht. Die kaltplasmakonditionierte Nachverbrennung nimmt dabei eine herausragende Stellung ein. Zu diesem vom Grundsatz her äußerst vielversprechenden Verfahren für geringbelastete Abluftströme existieren sehr unterschiedliche Aussagen und Meinungen über Wirksamkeit und entstehende Nebenprodukte. Diese Verfahren stehen noch in der Entwicklung.

Ein weiteres innovatives Verfahren ist die Abscheidung von Geruchsstoffen an einem Nebel aus Wassertröpfchen, die mit Chemikalien und/oder Enzymen versetzt sind. Eine abschließende Beurteilung der Wirksamkeit ist auf Basis der bislang vorliegenden Untersuchungen und wenigen Betriebserfahrungen nicht möglich. Allerdings bietet sich bei diesem Verfahren aufgrund der niedrigen Investitions- und Betriebskosten in zahlreichen Anwendungsfällen ein Wettbewerbsvorsprung gegenüber anderen Geruchsminderungsmaßnahmen.

Besondere Bedeutung kommt der Tatsache zu, dass Geruchsbelästigungen meistens durch das Zusammenwirken einer Vielzahl von Verbindungen entstehen und eine Zuordnung zu einer oder mehreren Leitkomponenten sowie eine Quantifizierung der Geruchsbelästigung anhand einer Geruchsstoffkonzentration in der Regel nicht möglich ist. Das macht einerseits die Überprüfung der Wirksamkeit einer Geruchsminderungsmaßnahme aufwendig, andererseits müssen diese Zusammenhänge bei der Auslegung einer Geruchsminderungsanlage berücksichtigt werden.

6 Inhalte und Struktur der Datenbank

Das Informationssystem wurde in Form einer relationalen Datenbank auf Basis von MS-Access erstellt. Die Grundversion der Datenbank basiert im Wesentlichen auf umfangreichen Literaturrecherchen und Befragungen von Anlagenbauern und baut auf folgenden Grundmodulen auf:

- Stoffdatenbank
- Verfahrensdatenbank
- Anbieterdatenbank
- Literaturdatenbank.

Die oben genannten Datenbanken sind miteinander verknüpft, so dass hierdurch Beziehungen zwischen den Inhalten der einzelnen Datenbanken abgefragt werden können. Für den Anwender der Datenbank wichtige Abfragemöglichkeiten ergeben sich beispielsweise durch die folgenden Verknüpfungen:

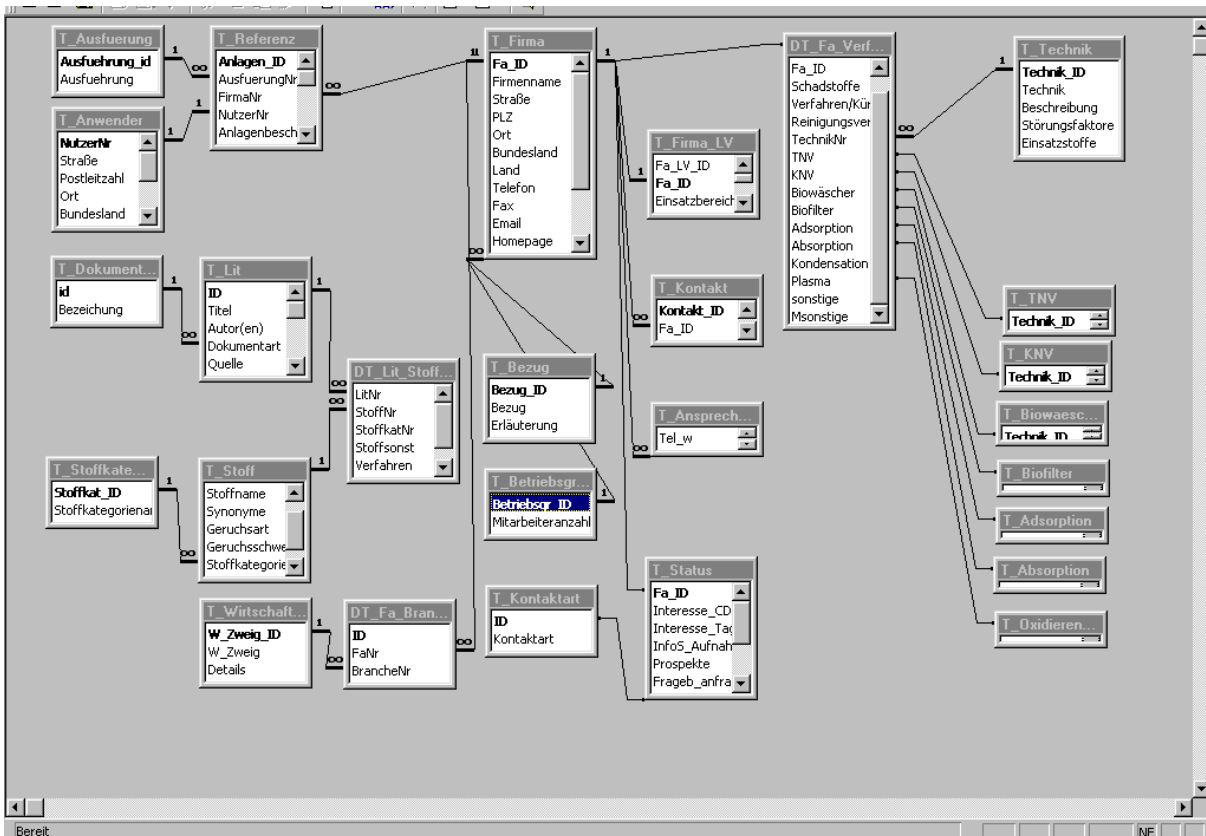
- Stoffe/Stoffkategorie ↔ Verfahren ↔ Literatur
- Stoffe/Stoffkategorie ↔ Branche ↔ Literatur
- Verfahren ↔ Anbieter: Anlagenbauer, Planer etc.
- Verfahren ↔ Literatur,
-

Dies ermöglicht es beispielsweise, Verfahren, die zum Abbau bestimmter Geruchsstoffe bzw. Geruchsstoffkategorien geeignet sind, unter Angabe der Informationsquelle (z.B. aus der Literaturdatenbank) ausfindig zu machen.

Das Informationssystem ist so aufgebaut, dass die Grundstruktur und die Relationen feststehen und nicht mehr verändert werden müssen. Weitere Daten können natürlich eingegeben werden. Die Datenbank ist ergänzbar um Rechen- und Auswertemodule. Den Anwendern des Informationssystems werden jedoch feste Abfrageoptionen vorgegeben.

Da sich das Informationssystem laufend aktualisiert wird, beziehen sich alle folgenden Angaben auf den Zeitpunkt der Berichterstellung. Insbesondere wird vor einer Veröffentlichung des Informationssystems eine Freigabe aller gespeicherten Daten durch die Anbieter, Anwender und Behörden erbeten.

Das Informationssystem enthält im Einzelnen 27 Datentabellen deren Beziehungen untereinander aus der folgenden Übersicht hervorgehen.



Zu den Datentabellen zählen unter anderem sieben Tabellen für verschiedene Verfahren zur Geruchsemissionsminderung:

- „T_Absorption“
- „T_Adsorption“
- „T_Biofilter“
- „T_Biowäscher“
- „T_KNV“
- „T_Oxidierende Verfahren“
- „T_TNV“.

Diese Tabellen sind auf der Basis der im Anhang angefügten Fragebogen erstellt. In jeder dieser Tabellen sind die im Bereich der jeweiligen Verfahrenstechnik angebotenen Produkte und Anlagen der Firmen unter Angabe der wichtigsten Parameter dargestellt. Enthalten sind u.a. Ausführung, Rohgasspezifikation, Anlagentechnik und Referenzen.

Die Angaben aus dem Fragebogen eines Anbieters werden über entsprechende Formulare eingegeben und dokumentiert. Nachfolgend wird für einen Anbieter als Beispiel ein Datensatz des Formulars „F_Biowaescher“ dargestellt.

Technik_ID	Firma M+H Zander Umwelt GmbH		Betriebsmittel	Loes_Vermittler <input type="checkbox"/>	Nachstoffe <input checked="" type="checkbox"/>
Ausführung	Rieselbett <input checked="" type="checkbox"/>	Biowaescher <input checked="" type="checkbox"/>	Int_Bel <input checked="" type="checkbox"/>	Fwasser:	0,5 - 1 m³/h
Kombination:	mit Entstaubung, VVa		Umlaufwasser:	20 - 70 m³/h	
Rohgasspezifikation					
Abg_V_min	1.000	Abg_V_max	300.000		
Abg_temp_min	15	Abg_temp_max	40		
RF_min	30	RF_max	100		
Abg_geschw_min	0,08	Abg_geschw_max	0,3		
Part_bel_min	0	Part_bel_max	20		
Abbaubare Schadstoffe					
Bezeichnung	Eingangskonzentration	Ausgangskonzentration	Verfahrensparameter		
Tabakgeruch	900 GE/m³	5.000 GE/m³	Druckverlust min	50	Druckverlust max
Schlachthofgeruch	500 GE/m³	10.000 GE/m³	T_anstieg		pH-Wert
Lebensmittel	60.000 GE/m³	600.000 GE/m³	Bio_konz:	2 - 10	2 (Biowaescher) - 8
N_Schad HKW	S_Komp	Staub, chlorierte Kohlenwa	Anfahr	50	Verweilzeit
Anlagentechnik					
Verfahrensprinzip	Intermittierend <input checked="" type="checkbox"/>	kontinuierlich <input checked="" type="checkbox"/>	Investition:		Bedienung:
Initiierung	Impfung <input checked="" type="checkbox"/>	nat_Bes <input checked="" type="checkbox"/>	Wartungsintervalle:		Wartungskosten:
Flaechen	15 - 1000 m²		Verfuegbarkeit:		
Fuellermaterial					
Organisch <input type="checkbox"/>	Mineralisch <input type="checkbox"/>	Synthetisch <input checked="" type="checkbox"/>	Massnahmen		Referenzen
Hoehc:	1 - 3 m	Flaechen_Fuellk:	15 - 500 m²; Module 9 m²		
Optionen	Kuehlung No	Abluftbefeuchtung:	No		
pH-Wert_Regulierung:	Yes	O_Versorg:	Yes		
Reakt_Becken:	25 m²	Reakt_Zeit	ca. 0,6 s; 3 h Verweilzeit		
Bemerkung					
1 Großanlage für Hausmüllkompostierung, kein Austausch erforderlich, - 1993. 1 Versuchsanlage, kein Austausch erforderlich, - 1990					

Ergänzt wird der Datenpool zu den angebotenen Verfahren durch die Tabelle „T_Firma“, in der von über 560 Firmen und Verbänden die Adressen, die Daten zur Betriebsgröße, die Arbeitsgebiete und der Bezug zum Thema Geruchsminderung aufgeführt werden. Diese Tabelle enthält neben rund 240 Anlagenbauern auch 130 Anwender von Geruchsminderungstechniken (inklusive 60 Fachverbänden) und 75 Behörden sowie weitere Kontakte.

Die Eingabe aller verfügbaren Angaben zu Kontaktpersonen, Anlagenbauern und –betreibern sowie Genehmigungsbehörden erfolgt über das Formular „ F_Status“. Die Daten fließen unter anderem auch in die Tabellen „T_Branche“, „T_Firma_LV“ (LV-Leistungsverzeichnis) und „T_Ansprechpartner“ ein.

Nachfolgend wird ein Datensatz aus dem Formular „F_Status“ abgedruckt.

SMEL-Firmendatenbank

267 Institut für Energie- und Umwelttechnik (IUTA) e. V.

Firmenbeschreibung | **Status** | **Leistungsverzeichnis**

Adresse
 Bliersheimer Str. 60
 47229 Duisburg

Bundesland NRW **Land** Deutschland

Telefon (02065) 418-0 **Fax** (02065) 418-211

Email IUTA@online.de **Homepage** www.IUTA.de

Bezug Beratung

Betriebsgröße 50 < 99

Arbeitsgebiete
 Forschung, Entwicklung,
 Begutachtung, Messung,
 Analysen, Beratung

Bemerkungen
 Bekanntgegebene
 Messstelle nach
 §§26,28 BImSchG

Ansprechpartner

Ansprechpartner	Vorname	Titel	Gesch	Abteilung	Position
Huet van	Achim	Dipl.-Ing.	m	Verfahrenstechnik	Wiss. Mitarbeiter
Schmidt	K. G.	Prof. Dr.-Ing.	m	Verfahrenstechnik	Wiss. Geschäftsführer
Vogt	Monika	Dipl.-Ing.	w	Abfallwirtschaft	Projektleiter

Datensatz: 5 von 5

Datensatz: 277 von 569

Die Tabelle „T_Literatur“ enthält über 220 Literaturquellen. Dazu zählen Fachartikel, Kurzreferate, Manuskripte, Auszüge bzw. Kapitel aus Fachbüchern, Richtlinien und Patente. Zu jeder Literaturquelle gibt es sowohl Schlagworte als auch eine Kurzbeschreibung des Inhalts. Nachfolgend werden einige Datensätze aus der Tabelle „T_Lit“ dargestellt.

ID	Titel	Autor(en)	Dokumentart	Quelle	Heft	Jahrgang	Seite	Schlagerworte	Kurzbeschreibung
1	Biofiltration zur Abluftbehandlung in Klärwerken	Eitner D.	Artikel	EP	6	1998	45-49	Biofilter	Der derzeitige Stand der Biofiltrationstechnologie im Hinblick auf Auslegung, Konstruktion, Bauformen und Biomassen wird dargestellt.
2	Die Auslegungsrechnung von Biofiltern	Heining K., Wiese B., Stegmann R.	Artikel	WLB	3	1997	45-49	Biofilter	Es wird eine Technikumsanlage vorgestellt, welche die Voraussetzungen für eine sichere Bestimmung von Abbaukinetikdaten bietet.
3	Grundlagen zur Planung und Auslegung von Blowäschern und Biofiltern	Dammann B., Stegmann R.	Artikel	EP	7/8	1998	41-45	Biofilter, Blowäschers	Es wird die grundsätzliche Problematik der Zielsetzung einer Geruchsminderungsaufgabe, der Erfassung von Geruchsquellen sowie der Auslegung von Blowäschern und Biofiltern dargestellt.

Datensatz: 2 von 220

Die Tabelle „T_Stoff“ umfasst eine Auflistung von über 200 Stoffen. Alle dieser Stoffe sind zu den Stoffkategorien zugeordnet. Für die meisten dieser Stoffe gibt es Hinweise zur Geruchsart und Geruchsschwelle.

Nachfolgend werden als Beispiel einige Datensätze aus der Tabelle „T_Stoff“ dargestellt.

StoffNr	Stoffname	Synonyme	Geruchsart	Geruchsschwelle	Stoffkategorie
1	Ethyltoluol	4-Ethyl-1-methylbenzol			Aromaten
2	4-Chlorphenol	p-Chlorphenol	"medizinisch", phenolisch	1 µg/m³	Halogenierte Kohlenwasserstoffe
3	Chloranilin	p-Chloranilin	süßlich		Halogenierte Kohlenwasserstoffe
4	Glyoxal	Oxalaldehyd, Ethandial			Aldehyde
5	3-Chlor-1-propen	3-Chlorphenol, Allylchlorid	durchdringend, nach Knoblauchzwibeln	50% Erkennung 0,67 mg/m³; 1,41 mg/m³; 100% Erkennung 80	Halogenierte Kohlenwasserstoffe
7	Schwefelwasserstoff		faulig		Anorganische Verbindungen
8	Ammoniak		stechend		Anorganische Verbindungen
9	Propylendiamin	1,2-Diaminopropan, 1,2-Propandiamin			Amine
11	1,1-Dichlorethan	Äthylchlorid	Chlorophorm-ähnlich	490-820 mg/m³	Halogenierte Kohlenwasserstoffe
12	Isopren	2-Methyl-1,3-butadien			Olefine
13	Isophoron	3,5,5-Trimethylcyclohex-2-en-1-ol	campherartig		Ketone
14	Phosgen	Carbonyldichlorid, Kohlendioxydchlorid, Kohlensäuredichlorid	charakteristisch		Anorganische Verbindungen

Datensatz: 1 von 236

In der Tabelle „T_Technik“ sind die Verfahrensnamen, Verfahrensbeschreibungen und die Verfahrensgrenzen von Anlagen zur Geruchsemissionsminderung beschrieben. Die Tabelle gibt auch Hinweise zu den Einsatzstoffen und Sekundärstoffen (neben Geruchsstoffen auch abbaubare Schadstoffe) zu jedem Verfahren.

Nachfolgend werden als Beispiel einige Datensätze aus der Tabelle „T_Technik“ dargestellt.

T_Technik : Tabelle				
Technik_ID	Technik	Beschreibung	Störungsfaktore	Einsatzstoffe
1	TNV	Rekuperative thermische Nachverbrennung	große Wärmeübertrager, Abwärmenutzung	Brennstoff
2	KNV	Rekuperative katalytische Nachverbrennung	Schwermetalle, Staub, Aerosole	Brennstoff
3	Chemosorption	Chemischer Wäscher	Selektivität	Chemikalien, Wasser
4	Adsorption	Aktivkohle/Zeolithe etc.	Selbstentzündung bei AK, Säurebeständigkeit	Adsorbens
5	Biowäscher	ohne Tropfkörper	Keimbelastung, Verschleiß des Biomaterials	Wasser
6	Biofilter	Biobeet	Keimbelastung, Verschleiß des Biomaterials	Mikroorganismen, Wasser
7	NTP	Nichtthermisches Plasma	Brandgefahr der Aktivkohlekatalysatoren, mechanische Stabilität, Staub	elektrische Energie
9	RNV	Regenerative Nachverbrennung	Abbaufähigkeit sehr stabiler Komponenten, Ablagerungen von Crackprodukten	Brennstoff
10	Enzym	Enzymatische Katalyse	Selektivität	Enzyme, Wasser
11	Chemosorp/Biofilter	Die BCO-Anlage ist eine Verfahrenskombination aus einem DCS-Wäscher	hohe pH-Werte	Chemikalien, Wasser, Mikroorganismen
12	Physisorption	Physikalischer Wäscher	Feststoffpartikel, Wasserdampf	Adsorbens
13	Biofilter, Biowäscher	Biowäscher oder Biofilter	Keimbelastung, Verschleiß des Biomaterials	Mikroorganismen, Wasser

Datensatz: 1 von 21

Die Tabelle „T_Referenz“ gibt Informationen zu Referenzanlagen zu jedem der Verfahren, nennt die Anbieter und liefert Anlagenbeschreibungen.

Über die Detailtabelle „DT_Lit_Stoff_Verf“ (siehe folgende Abbildung) wird eine N-M-Verknüpfung zwischen der Stoffdatenbank und der Verfahrensdatenbank unter Angabe der Literaturquelle ermöglicht. Solche als Detailtabellen bezeichneten Hilfstabellen sind notwendig, um eine eindeutige Beziehung zwischen zwei Tabellen herzustellen. In diesem Fall kann ein Stoff mit N Verfahren abgebaut werden, aber auch ein Verfahren M Stoffe abscheiden.

Somit ist es möglich zu bestimmen, welche Literaturquelle Angaben über spezifische Geruchsstoffe und über geeignete Abbauverfahren macht.

LRNr	StoffNr	Stoffkathr	Stoffsonst	Verfahren	Kennnummer
1			Schwefelverbindungen	Biofilter	1
2	Schwefelwasserstoff			Biofilter	2
4	Styrol			Biofilter	3
5	Ammoniak			Biofilter	4
6	Aceton			Biofilter	5
9	Styrol			Biofilter	6
10	Methylmethacrylat			Biofilter	7
11			2-Butanol	Biofilter	8
13	Ammoniak			Biofilter	9
14		Halogenierte Kohlenwasserstoffe		Biofilter, Blowwäscher	10
15		Normal-Paraffine	Methan	Bio-Tropfkörper	11
18			Fluoraromaten	Biofilter	13
20	Formaldehyd			Biofilter	14
21	Butanol				15
23	Hexan			Biofilter	16
24			Stickstoffverbindungen		17

Datensatz: 16 von 862

Die Hilfstabelle „T_Status“ stellt den Status jeder der über 560 Firmen, die in der Tabelle T_Firma aufgelistet sind, dar und gibt Informationen über den Stand der Befragung.

Nachfolgend wird als Beispiel ein Datensatz des Formulars „T_Status“ abgebildet.

394 CFB und Partner Umweltservice & Biotechnologie

Firmenbeschreibung | **Status** | **Leistungsverzeichnis**

Interesse_CD **Fragebogen:** Kurz-FB angefragt
 Kurz-FB raus
 Kurz-FB liegt vor
 Lang-FB angefragt
 Lang-FB raus
 Lang-FB liegt vor
 k. A.

Interesse_Tagung

Interesse an der Aufnahme ins Informationss.

Datenherkunft:

Erstkontakt:

Kontakt:

Nummer	Fa_ID	Ansprechpartner	Datum	von	bis	Kontakt	Memo
10	394	Schiefer	16.02.00			Telefonat	ist an Austausch
*	(Auto/Vert)	394					

Datensatz: 1 von 1

Datensatz: 93 von 569

Die Tabelle „T_Ansprechpartner“ gibt Informationen über die Ansprechpartner in den Unternehmen und Verbänden und ist damit eine wichtige Hilfstabelle zur Tabelle „T_Firma“.

Die Tabelle „T_Firma_LV“ enthält Informationen über das Spektrum der Tätigkeit der Firmen und über die Branchen, für die die jeweilige Firma die Leistungen anbieten kann.

Beispielhaft ist im Folgenden ein Datensatz aus dem Formular „T_Status“ wiedergegeben.

SMEL-Firmendatenbank

393 KMA GmbH

Firmenbeschreibung | **Status** | **Leistungsverzeichnis**

Einsatzbereich: Röstereien, Räuchereien, Bratanlagen, **Ernaehrung**

Schadstoffe: PAK, Gesamt-C, **Chemie**

Verfahren/Kürzel: BF, BW, AD, AB, **Entsorgung**

Reinigungsverfahren: Biofilter, Blowäscher, **Gebaude**

Produktbezeichnung: , **Holzgewerbe**

Anmerkung: , **Loesemittel**

Angebot , **Metallindustrie**

Standard: Module, **Produzierendes Gewerbe**

Auslegung: meistens Anpassung, **Tierhaltung/Verwertung**

Engineering: **Vorprojektierung** **Abwicklung**

Service:

Patent: Entwicklungen: Elektrofilter, Aerosolfilter - Kombination für Lebensmittelindustrie (VDI 2595)

Datensatz: 308 von 569

Die Tabelle „T_Anwender“ stellt die Anlagenanwender vor und die Tabelle „T_Ausfuehrung“ gibt Informationen über die Anlagenausführung. Die Tabelle „T_Ausfuehrung“ ist eine Hilfstabelle zur Haupttabelle „T_Referenz“ und dient zur Reduzierung der Datenmenge. Weitere Hilfstabellen sind die Tabellen „T_Betriebsgroesse“, „T_Bezug“, „T_Dokumentart“, „T_Kontakt“, „T_Kontaktart“ und „T_Fragebogen“.

Die Tabelle „T_Stoffkategorie“ ist eine Hilfstabelle zur Tabelle „T_Stoff“. Sie stellt die Zuordnung jedes Stoffes zur Stoffkategorie dar und hat folgenden Aufbau:

Stoffkat_ID	Stoffkategorienname
1	Anorganische Verbindungen
2	Organische Schwefelverbindungen
3	Halogenierte Kohlenwasserstoffe
4	Normal-Paraffine
5	Iso-Paraffine
6	Olefine
7	Terpene
8	Naphthene
9	Aromaten
10	Alkohole
11	Phenole
12	Carbonsäuren
13	Ketone
14	Ether
15	Aldehyde
16	Ester
17	Amine
18	Nitrile, Cyanate und Isocyanate
19	Stickstoff-Heterozyklen
20	Metallorganische Verbindungen
21	Amide
22	Elemente
*	(AutoWert)

Die Tabelle „T_Wirtschaftszweig“ ist eine Hilfstabelle zur Tabelle „T_Firma“. Sie gibt die Namen der Wirtschaftszweigen wieder.

Die in der Tabelle "T_Wirtschaftszweig" zusammengestellten Wirtschaftszweige sind nachfolgend dargestellt:

T_Wirtschaftszweig : Tabelle		
W_Zweig_ID	W_Zweig	Details
1	Ernährungsgewerbe	Nahrungsmittelherstellung, Nahrungsmittelverarbeitung
2	Chemische Industrie	
3	Holzgewerbe	Papier- und Zellstoffindustrie, Holzbe- und verarbeitung
4	Lösemittelverarbeitung	
5	Entsorgung	Kläranlagen, Kompostierung
6	Petrochemie	
7	Verlags- und Druckgewerbe	
8	Leder-, Textil- und Bekleidungs-gewerbe	
9	Fahrzeugbau	
10	Metallindustrie	Herstellung und Verarbeitung, Gießerei
11	Gummi- und Kunststoffindustrie	
12	Gebäudetechnik	
13	Tierhaltung/Verwertung	Tierhaltung
14	Wissenschaft und Behörde	
15	Maschinen- und Anlagenbau	
16	Sonstige	Dieser Gruppe sind alle die Branchen zuzuordnen, die zuvor nicht aufgelistet sind!
*	(AutoWert)	

Datensatz: 1 von 16

Die im Kapitel 5 zusammengefassten Ergebnisse der Recherchen und Interviews werden als Informationsquelle in Form von Memos den einzelnen Tabellen zugeordnet. Die verfahrenstechnischen Grundlagen der Geruchsminderungsverfahren werden beispielsweise der Tabelle "T_Technik" zugeordnet. Weitere Memos werden die rechtlichen Rahmenbedingungen, Datenblätter zu den einzelnen Verfahren, Referenzanlagen und Definitionen zum Thema Geruchsminderung betreffen, so dass sich der Anwender der Datenbank rasch einen Überblick über die Hintergründe und Zusammenhänge der Geruchsemissionsminderung verschaffen kann.

7 Ausblick

Die Verbreitung des Informationssystems erfolgt in Form einer CD-ROM, die ab dem Winter 2000/2001 über das Institut für Energie- und Umwelttechnik zu beziehen sein wird. Die Demoversion soll zum Selbstkostenpreis vertrieben werden. Es gibt bereits zahlreiche Interessenten für die Datenbank. Fachverbände der Industrie und entsprechende Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden werden von IUTA nach Fertigstellung der Datenbank angeschrieben. Es sind darüber hinaus Publikationen und Vorankündigungen in verschiedenen Fachzeitschriften geplant. Bei entsprechender Nachfrage wird das Informationssystem fortlaufend aktualisiert und ergänzt. Während der Projektlaufzeit war es nicht möglich, das Informationssystem bei einem Pilotunternehmen zu installieren. Die umfangreichen Informationen von Seiten der Anlagenbauer, Betreiber und Behörden müssen vor einer endgültigen Veröffentlichung zunächst noch abgeglichen und eine Freigabe der Daten erwirkt werden.

In einem Anschlussvorhaben ist es beabsichtigt, die Erfahrungen der Anlagenbetreiber in den Mittelpunkt der Recherchen zu setzen. Dazu soll eine intensive Befragung der Anlagenbetreiber durchgeführt und gegebenenfalls vorhandene Abnahmemessungen von Referenzanlagen ausgewertet werden. Für eine Bewertung der Effektivität von Geruchsminderungsmaßnahmen müssen weitere Daten zusammengetragen werden. Die Entwicklung alternativer Minderungsverfahren wie z.B. der Mischnebelabscheidung mit und ohne enzymatische Katalyse der Geruchsstoffe, das nichtthermische Plasmaverfahren, nasse Oxidationsverfahren, neue biologische Verfahren wie z.B. die Biomembrantechnologie wird dann ausführlich dargestellt, wobei insbesondere auf die bis dahin gewonnenen Erfahrungen bei der Geruchsemissionsminderung näher eingegangen wird.

Die Struktur der Datenbank muss hierzu nur geringfügig angepasst werden, so dass sich mehr Raum für branchenspezifische Informationen bietet. Die besonderen Produktions-, Genehmigungs- und Sicherheitsanforderungen in so unterschiedlichen Branchen wie beispielsweise der Lebensmittelindustrie, der Abfallwirtschaft, der Metall ver- und – bearbeitenden Industrie und der Chemischen Industrie sollen, sofern sie Auswirkungen auf die Geruchsemissionen bzw. die Geruchsemissionsminderung haben, ermittelt und

dargestellt werden. Darüber hinaus werden in besonders geruchsintensiven Branchen Primärmaßnahmen zur Vermeidung von Geruchsemissionen beschrieben. Als ein separates Projekt beabsichtigt IUTA sich mit dem Vergleich analytischer Methoden zur Konzentrationsbestimmung von Geruchsstoffen zu befassen.

8 Verwendete Literatur

- [R1] Geruch – Messung und Beseitigung
M. Schön, R. Hübner, Vogel Buchverlag 1996, Würzburg

- [R2] Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) vom 11.05.1990, zuletzt geändert in der Fassung vom 17.03.1998

- [R3] TA Luft 1986. Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft vom 27.02.1986, berichtigt 04.04.1986)

- [R4] Vierte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen – 4. BImSchV) in der Fassung vom 14.03.1997, zuletzt geändert durch VO vom 20.04.1998

- [R5] Durchführung der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft.
Gemeinsamer Runderlass des Ministers für Land- und Stadtentwicklung, des Ministers für Arbeit, Gesundheit und Soziales und des Ministers für Wirtschaft, Mittelstand und Verkehr (NW-Richtlinie), Ministerialblatt für das Land NRW 1986

- [R6] Geruchs-Immissionsrichtlinie. Festlegung und Beurteilung von Geruchsimmissionen mit Begründung und Auslegungshinweisen. Niederschrift der 94. Sitzung des Länderausschusses für Immissionsschutz 13.05.1998

- [R7] Bewertung von Geruchsimmissionen – Die Beurteilungspraxis in Deutschland“
Dr. R. Both, LUA NRW, VDI-Seminar „Gerüche in der Außenluft“,
27./28.10.1998 in Mannheim
- [G1] Handbuch Umweltchemikalien, Hrsg. Gerd Rippen, Ecomed Verlagsgesellschaft, Landsberg a. Lech, Loseblattsammlung
- [G2] ABC Fachlexikon Chemie, Verlag Harri Deutsch, Thun und Frankfurt a. Main,
Auflage 1987
- [G3] Ullmann Encyclopädie der technischen Chemie, Bände 6 bis 9 und
15, 16 und 18, Verlag Chemie Weinheim, Deerfield Beach (Florida), Basel
- [G4] Ein Beitrag zur Messung und Bewertung von gasförmigen, organischen
Emissionen in Kaffeeröstereien mit katalytischer Nachverbrennung;
Claudia Frels, Dissertation, Universität Hamburg, 1990
- [G5] mündliche Mitteilung Herr Dr. Helber, Institut für Gießereitechnik, Düsseldorf
- [G6] Fachdatenbank Immissionsschutzrecht und Luftreinhaltung;
Hrsg. Prof. Erdwin Lahmann, UB Media, Ausgabe 1/2000

9 Im Rahmen des Projektes stehende Publikationen

- [1] Datenbank zum Stand der Technik bei der Minderung von Gerüchen; in WLB
Wasser Boden Luft 7-8/1999
- [2] Datenbank zum Stand der Technik bei der Minderung von Gerüchen; A. van Huet,
J. Reich, M. Vogt, in WLB Wasser Boden Luft 3/2000,
- [3] Informationssystem zum Stand der Technik der Geruchsemissionsminderung;
A. van Huet, J. Reich, M. Vogt, im Tagungsband zur Fachtagung „Minderung von
Gerüchen“ am 14./15. Juni 2000 in Duisburg

10 Anhänge

- Tagungsprogramm
- Datenblätter der Verfahren
- Auszug aus der Literaturdatenbank
- Auszug aus der Datenbank „Geruchsstoffe“
- Fragebogen einschließlich Kurzfragebogen für Verbände

-Tagung- Minderung von Gerüchen

Geruchsminderung nach dem Stand der Technik

Unternehmen des produzierenden Gewerbes werden von Behördenseite zunehmend aufgefordert, Maßnahmen zur Minderung von Geruchsemissionen zu ergreifen. Als Folge ist ein Investitionsschub im Bereich der Geruchsminderungsanlagen festzustellen. Der schnell wachsende Markt mit seinen vielfältigen Variationen in der Technik bietet jedoch nicht die erforderliche Transparenz über vergleichbare Problemstellungen und Lösungen.

Die Veranstaltung gibt einen Überblick über geeignete Geruchsminderungstechniken nach dem Stand der Technik und neue Ansätze in diesem speziellen Segment der Luftreinhaltung. Durch Berichte über die Umsetzung von Geruchsminderungsmaßnahmen soll die Diskussion und ein Erfahrungsaustausch zwischen den Fachleuten verschiedener Branchen angeregt werden.

Die Tagung richtet sich gleichermaßen an Planer und Anlagenbauer im Bereich der Geruchsminderung, Betreiber von geruchsintensiven Produktionsanlagen und Vertreter von Genehmigungsbehörden.

Allgemeine Hinweise

Anmeldungen bitte bis zum 07.06.2000.

Anmeldungen bitte an

Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V. (IUTA)

Bliersheimer Straße 60, 47229 Duisburg

Dipl.-Ing. Monika Vogt

Tel.: 02065 / 418 - 175

Fax.: 02065 / 418 - 211

Zeit und Ort

Die Veranstaltung findet am 14. und 15.06.2000 im NOVOTEL in Duisburg statt. Eine genaue Anfahrtsbeschreibung wird zusammen mit der Anmeldebestätigung versandt.

Tagungsprogramm

Die Veranstaltung wird durch Herrn **Prof. Dr.-Ing. K. G. Schmidt (IUTA e. V)** moderiert.

1. Veranstaltungstag

10:00 Begrüßung und Einführung

Prof. Dr.-Ing. K. G. Schmidt, IUTA e. V.

Grundlagen und Stand der Technik von Geruchsminderungstechniken

10:10 Nasse Verfahren der Geruchsminderung: Absorption und Biowäscher

Prof. Dr.-Ing. K. G. Schmidt, IUTA e. V.

10:50 Kaffeepause

11:10 Biologische Verfahren - Biofilter

*Dr.-Ing. N. Thißen, Ciba Spezialitäten-
chemie GmbH*

11:50 Adsorptionstechnologien für die effiziente Reinigung von lösemittelhaltiger und geruchsintensiver Abluft

Dipl.-Ing. M. Dertinger, Dipl.-Ing. W. Zondler, Dürr Systems GmbH

12:30 Mittagspause

14:00 Katalytische und thermische Verfahren

Dipl.-Ing. Sterzik, Lufttechnik Bayreuth

14:40 Alternative oxidierende Verfahren

Dipl.-Ing. A. van Huet, IUTA e.V.

15:20 Kaffeepause

Branchenspezifische Lösungen

15:40 Geruchsemissionen und Geruchsminderung bei der Mischfutterherstellung

Dipl.-Ing. T. Michaelsen, IFF e.V.

16:20 Biologische Abgasreinigung - Entfernung von Gerüchen und Schadstoffen
in der Holzwerkstoffindustrie

Dipl.-Ing. K. Grigull, Monsanto

17:00 Diskussionsrunde

ca. 19:30 Abendveranstaltung im Bistro des NOVOTEL

2. Veranstaltungstag

9:30 Informationssystem zum Stand der Technik der Geruchsemissionsminderung

Dipl.-Ing. M. Vogt, IUTA e.V.

Innovative Verfahrensentwicklungen

10:10 Geruchsemissionsminderung durch ein neues katalytisches Verfahren

*Dipl.-Ing. J.Franzen, Dr. E. Erich,
IUTA e.V.*

10:50 Kaffeepause

11:10 Praktische Erfahrungen mit dem Biotropfkörperverfahren

Dipl.-Ing. C. Kellner, Zander

11:50 Das Clear-Fog-System

Dr. rer.nat. C. Bickeböller, Clear Fog

12:30 Abschlussdiskussion

ab ca. 13:00 Ausklang der Veranstaltung bei einem Imbiss

DEFINITIONEN:

1 **Geruchseinheit** (GE): Geruchsstoffkonzentration an der Geruchsschwelle (stoffspezifisch)

Geruchsschwelle:

Die Konzentration eines oder mehrerer Geruchsstoffe, die in einer zu bewertenden Luftprobe bei 50 % der Probanden zu einer Wahrnehmung führt.

Geruchsstoffkonzentrationen einiger Geruchsstoffe an der Geruchsschwelle

Geruchsstoff	Geruchsstoffkonzentration an der Geruchsschwelle (= 1 GE/m ³)
Benzol	12 mg/m ³
Ammoniak	4 mg/m ³
Schwefeldioxid	1,86 mg/m ³
Phenol	0,43 mg/m ³
Pyridin	0,28 mg/m ³
Schwefelwasserstoff	0,025 mg/m ³
Dimethylsulfid	0,006 mg/m ³

Quelle: M. Schön, R. Hübner „Geruch – Messung und Beseitigung“, Vogel-Verlag

für Praxis relevant: **deutlich wahrnehmbarer Geruch = Erkennungsschwelle**, liegt i. d. R. bei 3 bis 5 GE/m³

GESETZLICHE REGELUNGEN

BImSchG: Schutz vor **schädlichen Umwelteinwirkungen**

Schädliche Umwelteinwirkungen:

Immissionen, die nach Art, Ausmaß oder Dauer geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile oder **erhebliche Belästigungen** für die Allgemeinheit oder Nachbarschaft herbeizuführen.

NW-RICHTLINIE; Runderlass von 1986

Bewertung anhand verschiedener Kriterien:

- Geruchsarten
- tages- und jahreszeitliche Verteilung
- Nutzung des beeinträchtigten Gebietes
- ...

wichtigstes Kriterium:

- < 3 % der Jahresstunden wird Geruchsschwelle überschritten ⇒ keine erhebliche Belästigung
- >5 % der Jahresstunden ist Geruch deutlich wahrnehmbar (Erkennungsschwelle) ⇒ erhebliche Belästigung

Geruchsimmissionsrichtlinie:

Bezugsgröße ist Geruchsschwelle, nicht Erkennungsschwelle

Wohn-/Mischgebiet	Gewerbe-/Industriegebiet
max. 10 % Jahresstunden darf Geruchsschwelle überschritten werden	max. 15 % Jahresstunden darf Geruchsschwelle überschritten werden

Zusätzlich wird Vorbelastung berücksichtigt ⇒ für betrachtete Anlage reduziert sich u.U. die zulässige Emission beträchtlich.

DATENBLATT „BIOFILTER/BIOBEET“

Bauform: verbreitet offene Bauform;
geschlossene Bauform (Container)
erlaubt flexible Strömungsführung und
Variation des Strukturmaterials

Rohgasspezifikation:

Abluftvolumenstrom > 500 ; 2.000 bis 500.000 m³/h

Ablufttemperatur 10 bis 50 °C

Luftfeuchte bis 100 %

Partikelanzahl bis 10 mg/m³

abbaubare Geruchsstoffe:

aliphat. und arom. KW, Alkohole, Phenole, Aldehyde, Ketone,
vereinzelt: Schwefelkohlenstoff, Halogenwasserstoffe

C_{ges.} max 1 bis 5 g/m³

Störkomponenten:

Staub, Fungizide o.ä., Säuren, Laugen, intermittierende Belastung

nicht abbaubar:

nicht wasserlösliche Stoffe, FCKW, HCl

Anlagentechnik:

Initiierung Impfung verbreitet

Struktur-/Filtermaterial organisch (mineralisch und
synthetisch vereinzelt)

Druckverlust 300 bis 10.000 Pa

Filterflächenbelastung

Maßnahmen bei Anlagenstillstand:

Frostschutz für Befeuchter/Wäscher (Wasser ablassen), Belüftung bei längerem Stillstand

Kombination mit:

Absorption, Adsorption

DATENBLATT „ADSORPTION“

Ausführung: meist Festbett, Sonderbauform Rotor

Rohgasspezifikation:

Abluftvolumenstrom	<u>10.000 bis 400.000 m³/h</u>
Ablufttemperatur	<u>0 bis 60 °C (180 °C)</u>
Luftfeuchte	<u>30 bis 80 %</u>
Partikelzahl	<u>< 0,5 mg/m³</u>

abscheidbare Geruchsstoffe:

aliphat. KW mit >C6, Alkohole, Phenole, Ether, Ketone

vereinzelt: Carbonsäuren, Halogenwasserstoffe, Stickstoffverbindungen

Störkomponenten:

Staub, Aerosole, Mehrstoffgemische durch Verdrängungseffekte

nicht adsorbierbar:

Schwefelwasserstoff, anorg. Stoffe, Säuren

Anlagentechnik:

Adsorptionsmittel	<u>Aktivkohle (teilweise imprägniert), natürliche oder synthetische Zeolithe</u>
Druckverlust	<u>4.000 bis 6.000 Pa</u>
Flächenbedarf	<u>0,5 bis 20 m²</u>

Kombinierbar mit:

Staubfilter als Vorfilter, nachgeschalteter Filter für Aktivkohleabrieb, Kühlaggregat, Biofilter, TNV

DATENBLATT „REGENERATIVE NACHVERBRENNUNG“

Rohgasspezifikation:

Abluftvolumenstrom	<u>500 bis 200.000 m³/h</u>
Luftfeuchte	<u>bis 100 %</u>
C _{ges.} für autothermen Betrieb	<u>< 4 g/m³</u>
Partikelbeladung	<u>< 3 mg/m³</u>

abbaubare Geruchsstoffe:

Kohlenwasserstoffe, Phenole, Aldehyde, Methan, Benzol, Toluol, Alkohole

Störkomponenten:

halogenierte KW können zur Dioxinbildung führen

nicht umsetzbar:

Carbonsäuren, Schwefelverbindungen, Stickstoffverbindungen

Anlagentechnik:

Brennstoff	<u>Gas oder Öl</u>
Wärmeträger	<u>Keramik, Quarzkies</u>
Verbrennungsendtemperatur	<u>700 bis 1200 °C</u>
Druckverlust	<u>2.000 bis 6.500 Pa</u>

Kombinierbar mit:

Absorption, Adsorption

ⁱ Kommission Reinhaltung der Luft im VDI; VDI 3674: Abgasreinigung durch Adsorption Prozessgas- und Abgasreinigung; Mai 1998