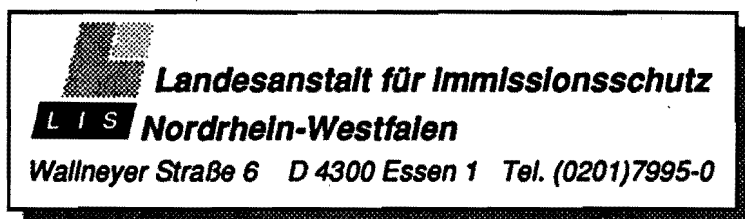


LIS-Berichte

Nr. 102

**Praxiserfahrungen mit dem
LIS-Olfaktometer MEO-5**

Herausgeber



ISSN 0720-8499

1992

100 % Altpapier, chlorfrei gebleicht

Praxiserfahrungen mit dem LIS-Olfaktometer MEO-5

Karl-Heinz Essers

Inhalt

Zusammenfassung		7
Summary		7
1.	Einleitung	8
2.	Beschreibung des Olfaktometers	9
2.1	Gasmischer	9
2.2	Riechhaube	12
2.3	Riechwagen	12
3.	Durchführung einer Messung	13
3.1	Probenahme	13
3.2	Geruchsmessung	14
3.3	Meßergebnisse	16
4.	Erfahrungen mit dem MEO-5	18
4.1	Streubereich und Reproduzierbarkeit	18
4.2	Beurteilung der Probandenstichproben	21
5.	Anforderungen an die Olfaktometrie	22
6.	Schrifttum	23
7.	Anhang (3 Durchführungsbeispiele)	25

Praxiserfahrungen mit dem LIS-Olfaktometer MEO-5

Karl-Heinz Essers

Zusammenfassung

Die Olfaktometrie befaßt sich mit der Bestimmung von Geruchsschwellen bzw. von Geruchsstoffkonzentrationen in Proben gasförmiger Emissionen. Durch statistische Erfassung und Auswertung der menschlichen Sinneseindrücke auf die kontrollierte Darbietung von Geruchsträgern können Geruchsschwellen von Stoffen oder Stoffgemischen in Gasproben reproduzierbar ermittelt werden. Es wird im Folgenden ein Olfaktometer vorgestellt, das sich in dieser Hinsicht durch besondere Zuverlässigkeit in der Praxis bewährt hat.

Neben der physisch-psychischen Qualifikation der Probanden ist die technische Konzeption des Olfaktometers von ausschlaggebender Bedeutung für das Meßverfahren. Bei dem hier vorgestellten Gerät erfolgt die Verdünnung über eine zweistufige Kaskade. Dieses Verdünnungssystem ist so konstruiert, daß in einem ersten Schritt eine konstante Vorverdünnung eingestellt wird, die dann eine feingestufte Verdünnung im Bereich der Geruchsschwelle erlaubt.

Die Bestimmung der Geruchsschwelle wird von der LIS üblicherweise nach der Konstanzmethode [1] durchgeführt, d.h. ein vorgegebener Satz abgestufter Probenverdünnungen im Bereich der Geruchsschwelle wird den Probanden in zufälliger Reihenfolge angeboten. Erfahrungsgemäß ist die Geruchsempfindung über dem Logarithmus der Geruchsstoffkonzentration bzw. über dem negativen Logarithmus der Verdünnungszahl normal verteilt (Gauß-Kurve). Die Auswertung der Ergebnisse erfolgt mit Hilfe der Probitanalyse. Als Geruchsschwelle wird die Geruchsstoffkonzentration definiert, die bei 50 % der Probanden eines Kollektivs als Geruch erkannt wird.

Die Steuerung der Messung und die Auswertung der Ergebnisse kann mit einem Kleincomputer HP 71 ausgeführt werden, für den ein spezielles Ausführungsprogramm erstellt wurde.

Summary

Practical experience with "LIS-Olfaktometer MEO-5"

Olfactometry is concerned with the determination of odour thresholds and odorant concentrations in samples of gaseous emissions. By statistical recording and evaluation of human sensory impressions on the controlled performance of odourants, it is possible to determine reproducibly odour thresholds of substances or substance mixtures in gas samples. In the following an olfactometer will be introduced, which, in this respect proved to be especially reliable in practice.

Next to the panelists' physical-psyche qualifications the technical conception of the olfactometer is of decisive importance for the measuring method. With the instrument under discussion the dilution is done by means of a two-staged cascade. The dilution system is constructed in a way that in the first step a constant predilution is adjusted, allowing then a finely graded dilution in the span of the odour threshold.

The LIS usually estimates the odour threshold by the Constant-Method [1], meaning a given set of graded dilutions around the odour threshold is offered to panelists in random order. Experience shows that the odour sensation is normally distributed over the logarithm of the odorant concentration, respectively over the negative logarithm of the dilution number (Gaussian-curve). The evaluation of the results is done by probit analysis. The odorant concentration, which 50% of the experimentees recognize as an odour, is the odour threshold.

The control of measurement and the analysis of the results can be executed by a small computer HP 71, for which a special program was constructed.

1. Einleitung

Olfaktometrie ist die kontrollierte Darbietung von Geruchsstoffen nach definierter Verdünnung der Gasproben mit Neutralluft und die Erfassung der dadurch beim Menschen hervorgerufenen Sinneswahrnehmung. Methoden zur Ermittlung von Geruchsstoffkonzentrationen in Geruchseinheiten pro Volumen [GE/m^3] oder zur Bestimmung von Geruchsschwellenkonzentrationen definierter Stoffe in SI-Einheiten [z.B. $\mu\text{g}/\text{m}^3$] werden in der VDI-Richtlinie 3881, Bl. 1 beschrieben. [1]

Sinneswahrnehmungen, so auch das Riechen, sind in ihrer Reizbeantwortung variabel. Daher werden Wahrnehmungsschwellen, wie im speziellen Fall die Geruchsschwelle, zweckmäßiger Weise mit statistischen Methoden ermittelt. Als Geruchsschwelle wird die Geruchsstoffkonzentration definiert, die von 50 % der Probanden eines Kollektivs bei Mehrfachanbietung als Geruch erkannt wird. Das Olfaktometer ist in diesem Sinne eine Apparatur zur definierten Verdünnung einer geruchsstoffbeladenen Gasprobe mit Neutralluft, die Probanden als Riechprobe angeboten wird.

Neben der physischen und psychischen Qualifikation der Probanden ist die technische Konzeption des Olfaktometers von ausschlaggebender Bedeutung für die Ermittlung der Geruchsschwelle. Erfahrungen haben gezeigt, daß durch Kondensation und Adsorption Geruchsstoffe verschleppt werden können. Besonders Gasstrahldüsen, die mit hohen Druckverlusten arbeiten, können infolge der polytropen Entspannung der Neutralluft zu Kühlfallen für Geruchsstoffe oder Wasserdampf werden. Auch bei der Probenahme gehen häufig Geruchsstoffe durch Kondensation, Adsorption, Absorption, Diffusion und chemische Reaktion verloren.

Die oben genannten Probleme werden um so größer, je kleiner das Verhältnis der gehandhabten Geruchsproben und Volumenströme zur gasberührten Oberfläche des Olfaktometers, der Probengasleitung und der Probenbehälter ist.

Ausgehend von der Erfahrung mit handelsüblichen Olfaktometern im Bezug auf Handhabung und Zuverlässigkeit wurde das LIS-Olfaktometer MEO-5 entwickelt. Es hat sich in vielen Einsätzen auch unter schwierigen Bedingungen bewährt. Übersichtliche Handhabung, kurze Meßzeiten und zuverlässig reproduzierbare Geruchsstoffdarbietung sind die Vorteile dieses Olfaktometers.

Für die Reizdarbietung und -beantwortung kann mit dem MEO-5 sowohl das Limit- als auch das Konstanzverfahren angewendet werden. Beim Limitverfahren erfolgt die Darbietung der Geruchsstoffe in einzelnen Verdünnungsstufen mit aufsteigender Konzentration, während beim Konstanzverfahren Verdünnungsstufen in zufälliger Reihenfolge dargeboten werden.

Dem Konstanzverfahren wird nach hiesiger Erfahrung der Vorzug gegeben, da für die statistische Auswertung der meist variablen Reizbeantwortung ein vollständiger Datensatz eines Probandenkollektivs erstellt wird, während bei der Limitmethode die persönliche Geruchsschwelle am Umschlagpunkt zur ersten Geruchswahrnehmung (Konvention: geometrisches Mittel zwischen der letzten Null-Wahrnehmung und der ersten von zwei aufeinanderfolgenden Geruchswahrnehmungen) ermittelt wird. Zufallsbedingte Geruchswahrnehmungen unterhalb dieser Schwelle und die dadurch gegebenen Informationen über die Streuung bleiben somit beim Limitverfahren in der Auswertung unberücksichtigt.

Von Vorteil ist auch die Tatsache, daß beim Konstanzverfahren die Sinneswahrnehmungen der Probanden nicht durch eine Erwartungshaltung überlagert und gestört werden, während beim Limitverfahren eine unzulässige Vorinformation auf die nächstfolgende, mit Sicherheit höhere Konzentration methodisch vorgegeben ist.



Bild 1: Gasmischer mit Auswerteeinheit

2. Beschreibung des Olfaktometers

Ein Olfaktometer muß folgende Eigenschaften aufweisen: Mehreren Probanden muß geruchsbeladenes Gas, definiert verdünnt mit Neutralluft, zugeführt werden, ohne daß die Probanden körperlich beeinträchtigt oder durch Störungen, auch aus anderen Bereichen, beeinflusst werden und ohne daß die Geruchsluft auf dem Weg von der Geruchsquelle zum Probanden eine Änderung erfährt.

Diese vermeintlich einfachen Forderungen sind in der Praxis jedoch schwierig zu realisieren. Als Ergebnis mehrjähriger Erfahrung und vieler Messungen wurde die folgende Lösung gefunden:

Die Verdünnung der Geruchsluft erfolgt über eine zweistufige Kaskade. Dieses Verdünnungssystem ist so konstruiert, daß in einem ersten Schritt eine konstante Vorverdünnung eingestellt werden kann, die dann eine feingestufte Verdünnung mit hinreichender Präzision im Bereich der Geruchsschwelle erlaubt.

Die zweite Stufe, bestehend aus einem neunstufigen Dosiersystem, wird folglich während der gesamten Messung einer Probe mit einer konstanten Geruchsgaskonzentration beaufschlagt,

was einen wesentlichen Vorteil dieses Verfahrens darstellt. Erst der Hauptgasstrom, der den Probanden als Riechprobe angeboten wird, muß zwangsläufig verschiedene, definiert gestufte Geruchsgaskonzentrationen aufweisen. Da diese aber im Bereich der Geruchsschwelle liegen, können sie nur eine minimale, nicht mehr zu vermeidende Kontamination der gasführenden Leitungen verursachen.

Die Mischung der Gasströme erfolgt über Gasstrahldüsen, die mit verhältnismäßig niedriger Druckdifferenz (ca. 0,8 bar) betrieben werden.

Der Volumenstrom der Riechprobe wird an fünf Riechrohren gleichzeitig den Probanden angeboten. Für die Durchführung der Olfaktometrie-Messungen hat sich die Verwendung eines Campingwagens als besonders praktikabel erwiesen.

2.1 Gasmischer

Im Gasmischer (Bild 1) wird das Geruchsgas mit Neutralluft definiert verdünnt. Das Funktionsschema ist in Bild 2 dargestellt.

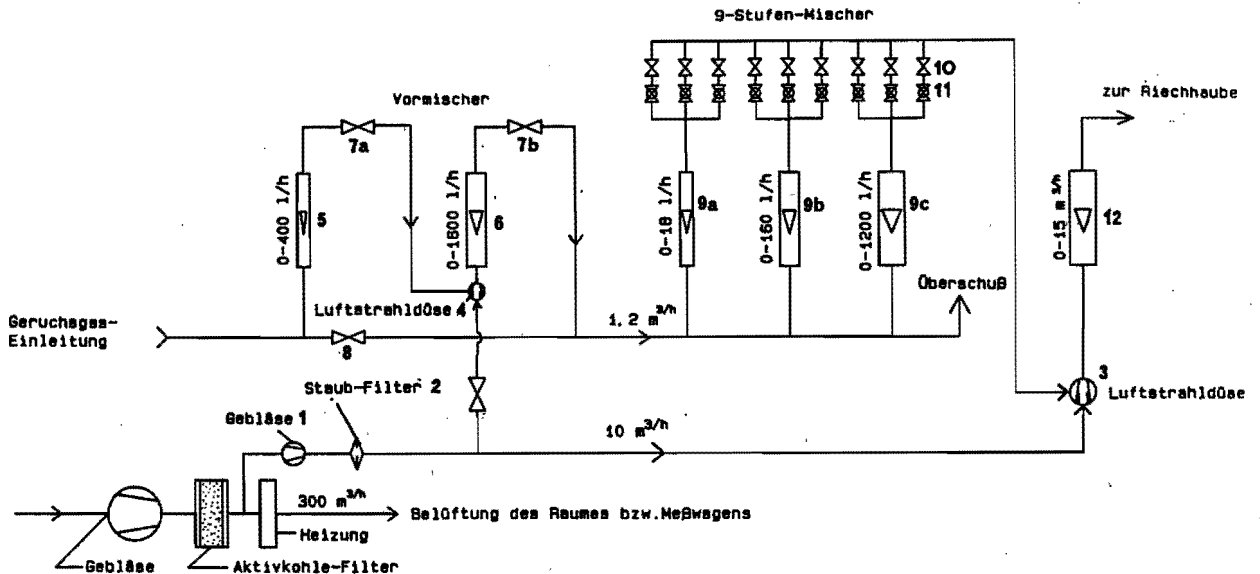


Bild 2: Funktionsschema - Gasmischer zum Olfaktometer MEO 5

Aus dem Versorgungssystem zur Belüftung des Meßwagens wird hinter dem Aktivkohlefilter mit dem Gebläse (1) eine geruchlose Teilluftmenge entnommen und über ein Feinstaubfilter (2) geleitet. Ein Teilstrom wird über die Luftstrahldüse (4) zum Vormischer geführt. Das Geruchsgas wird über den Strömungsmesser (5) angesaugt. Mit dem Strömungsmesser (6) und den Regelventilen (7a) und (7b) wird ein konstantes Mischungsverhältnis eingestellt. Falls eine Vorverdünnung nicht erforderlich ist, wird das Absperrventil (8) geöffnet und die Ventile (7a, 7b) bleiben geschlossen.

Der konstant vorverdünnte Geruchsgasstrom von ca. $1,2 \text{ m}^3/\text{h}$ wird zunächst als Überschuß ständig abgeführt. Je nach Bedarf wird diesem Gasstrom ein Teilvolumenstrom für den 9-Stufen-Mischer entnommen.

Der Hauptvolumenstrom von $10 \text{ m}^3/\text{h}$ geruchsneutraler Luft strömt durch die Luftstrahldüse (3). Die Volumenströme der Verdünnungsstufen werden mit den Regelventilen (10a) bis (10i) im voraus fest eingestellt. Mit den Absperrhähnen (11a) - (11i) wird wahlweise ein vorverdünnter

Geruchsgasstrom entsprechend der gewählten Stufe zur Luftstrahldüse (3) freigegeben.

Der Geruchsgasstrom ($10 \text{ m}^3/\text{h}$ Neutralluft + Geruchsluft) wird über den Strömungsmesser (12) und eine anschließende PTFE-Leitung (18 mm Durchmesser) zur Riechhaube geführt.

Aus dem Verhältnis der Gasströme errechnet sich die Verdünnungszahl Z_k als Maßzahl der Geruchsstoffkonzentration der k -ten Konzentrationsstufe innerhalb einer Meßreihe (Gl. 1):

Die Verdünnungsreihe ist mit dem Faktor 2 abgestuft. Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die neunstufige Verdünnungsreihe und die verschiedenen Kombinationsmöglichkeiten in Verbindung mit dem Vormischer. Es können Verdünnungsverhältnisse von $Z = 12,5$ bis $Z = 10^5$ eingestellt werden. Darüber hinaus kann die Probe im Beutel vorverdünnt werden, was häufig sogar zur Vermeidung von Kondensation in feuchten Gasproben notwendig wird. Damit ergeben sich weitere Varianten, um den Bereich der einstellbaren Verdünnungsverhältnisse nach oben zu erweitern.

(Gl. 1):

$$Z_k = \frac{\dot{V}_{P,k} + \dot{V}_{N,k}}{\dot{V}_{P,k}} = 1 + \frac{\dot{V}_{N,k}}{\dot{V}_{P,k}}$$

Bei zweistufiger Verdünnung errechnet sich Z_k wie folgt:

$$Z_k = Z_v * Z'_k = \left(1 + \frac{\dot{V}_{N,v}}{\dot{V}_{P,v}}\right) * \left(1 + \frac{\dot{V}_{P,k}}{\dot{V}_{N,k}}\right)$$

Z_k = Gesamt-Verdünnungszahl der k-ten Stufe

Z_v = Verdünnungszahl der Vorverdünnungsstufe

Z'_k = Verdünnungszahl der k-ten Hauptmischerstufe

$\dot{V}_{N,v}$ = Volumenstrom Neutralluft des Vorverdünners

$\dot{V}_{P,v}$ = Volumenstrom Probenluft des Vorverdünners

$\dot{V}_{N,k}$ = Volumenstrom Neutralluft des Hauptmischers

$\dot{V}_{P,k}$ = Volumenstrom Probenluft des Hauptmischers

Tabelle 1: Arbeitsblatt zum LIS-Olfaktometer MEO-5

Vormischer

$(\dot{V}_{N,v} + \dot{V}_{P,v}) / \dot{V}_{P,v} =$	1200/1200	1200/300	1200/150	1200/75	1200/37,5
$Z_v =$	1	4	8	16	32
$\dot{V}_{N,v}$ [l/h]	10 000				

Hauptmischer

lg Z	Z	$\dot{V}_p = V_N / (Z-1)$ [l/h]					Stufe		
5,0	100 000					Stufe	1	3,2	
4,7	50 000					1	3,2	2	6,3
4,4	25 000					2	6,3	3	12,5
4,1	12 500					3	12,5	4	25
3,8	6 300					4	25	5	50
3,5	3 150	Stufe				5	50	6	101
3,2	1 600	1	3,2			6	101	7	204
2,9	800	2	6,3			7	204	8	416
2,6	400	3	12,5			8	416	9	870
2,3	200	4	25			9	870		
2,0	100	5	50						
1,7	50	6	101						
1,4	25	7	204						
1,1	12,5	8	416						
		9	870						

\dot{V}_p = Geruchsgas [l/h]
 \dot{V}_N = Neutralluft [l/h]

2.2 Riechhaube

Die Riechhaube (Bild 3) hat fünf peripher angeordnete Riechplätze, vor denen die Probanden in bequemer und entspannter Haltung sitzen. Jeder Platz ist mit einem Riechrohr (50 mm Durchmesser) und einem Tastenfeld zur Übermittlung der Geruchswahrnehmung an den Versuchsleiter ausgestattet. Die einzelnen Riechkammern sind mit Pendeltüren verschlossen und werden nur nach Aufforderung zum Riechen von den Probanden geöffnet. Während des Riechvorgangs halten die Probanden ihre Nase im Abstand von

ca. 3 bis 5 cm über die Rohrmündung und prüfen schnüffelnd das ausströmende Gasgemisch, um dann dem Versuchsleiter durch Tastendruck ihre Geruchswahrnehmung mitzuteilen. Die Tastenfelder sind so angeordnet, daß eine gegenseitige Beeinflussung durch Sichtkontakt ausgeschlossen ist.

Im oberen Teil der Riechhaube befindet sich ein Absauggebläse, welches ständig die aus den Riechrohren ausströmende Luft und die Luft aus dem Campingwagen absaugt; damit werden die Probanden nicht durch ausströmende Geruchsluft oder andere Geruchsquellen beeinflusst.



Bild 3: Riechhaube für 5 Probanden

2.3 Riechwagen

Ein Campingwagen (Bild 4) ist zum Riechwagen umgebaut worden. Er wird über ein Aktivkohlefilter mit ca. 400 m³/h belüftet. Die Frischluft wird bei Bedarf durch eine Heizung auf Raumtemperatur erwärmt. Versuchsleiter und Probandenkollektiv sind durch eine Schiebewand optisch voneinander getrennt.

Der Campingwagen hat sich als eine preiswerte und praktische Lösung für den Riechraum erwiesen. Er läßt sich leicht transportieren und bietet den Probanden ausreichenden Platz. Die geringfügigen Umbaumaßnahmen sind kein großer Kostenfaktor.



Bild 4: Mobiles Riechlabor

3. Durchführung einer Messung

3.1 Probenahme

Die Probenahme ist ein wesentlicher Teil des Meßverfahrens. Sie erfordert Umsicht und große Erfahrung. Grundsätzlich sind zwei Methoden anwendbar, die dynamische und statische Probenahme.

Die dynamische Probenahme erfolgt mittels einer Gaspumpe über eine Meßgasleitung von der Emissionsquelle bis zum Olfaktometer. Zur Vermeidung von Kondensation oder Adsorption sollten Pumpe und Leitung vorzugsweise beheizt sein. Das Probengas wird im Überschuß gefördert und dem Olfaktometer drucklos über einen Bypass zugeführt. Bei intermittierenden Betriebsbedingungen ist die dynamische Probenahme nicht einsetzbar, da die Beprobung eines Betriebszustandes verfahrensbedingt ca. 15 bis 20 Minuten in Anspruch nimmt.

Die statische Probenahme erfolgt in Probebeuteln aus Nalophan-Folien (Fa. Hoechst). Dieses Material hat sich als sehr dicht gegen Diffusion und weitgehend chemisch beständig gezeigt.

Eine Überprüfung der Proben im Hinblick auf zeitlich bedingte Konzentrationsverluste (z.B. mit FID) ist jedoch zu empfehlen. Durch gezielte Temperaturänderung der Probenbeutel können auch eventuelle Adsorptionseffekte erkannt werden. Kondensation der Geruchsstoffe im Probenbeutel ist nicht zu erwarten, da diese in der Regel weit unterhalb der Sättigungskonzentration vorkommen. Nicht auszuschließen ist aber die Lösung von Geruchsstoffen in kondensierendem Wasserdampf. Daher sollten Proben aus feuchten Abgasen stets bis unter den Wassertaupunkt im Probenbeutel vorverdünnt werden.

Üblicherweise werden für die Probenahme 50- und 100-Liter-Beutel verwendet. Die Geruchsmessung erfolgt unmittelbar nach der Probenahme.

Die Probenahme bleibt ein Unsicherheitsfaktor bei der Olfaktometrie, da Geruchsstoffkonzentrationen selten analytisch zu überprüfen sind. Zwecks Minimierung dieses Risikos sollten daher alle technischen Möglichkeiten ausgeschöpft werden, damit die Geruchsgasprobe unverfälscht in das Olfaktometer gelangt.

3.2 Geruchsmessung

Die Geruchsmessung wird von der LIS üblicherweise nach der Konstanzmethode (VDI-Richtlinie 3881 Bl.1, Abschn. 4.3.2) [1] durchgeführt, d.h. ein vorgegebener Satz von aufeinanderfolgenden Verdünnungen im Bereich der Geruchsschwelle wird den Probanden in zufälliger Reihenfolge angeboten. Die Probanden beantworten den empfundenen Riechreiz durch Drücken einer Taste mit folgender Skalierung:

Intensität der Geruchsempfindung: [2]

- 0 = kein Geruch
- 1 = sehr schwach
- 2 = schwach
- 3 = deutlich
- 4 = stark
- 5 = sehr stark

Der vom menschlichen Geruchssinn wahrgenommene Intensitätssprung ist dem Logarithmus der Konzentration proportional und entspricht im Mittel etwa einer Änderung der Geruchsstoffkonzentration um den Faktor 2. In der Praxis kann man aber beobachten, daß die Steigung der Intensitätsempfindung stoffspezifisch variabel ist [2].

Um Ratenendenzen der Probanden vorzubeugen, wird je Meßreihe eine Null-Probe an beliebiger Stelle in die Abfrage eingeschoben. Messungen, die ständig mehr als 15 % falsche Null-Proben-Bewertungen enthalten, werden verworfen. Gelegentliche Ausreißer dagegen können toleriert werden.

Die Antworten werden in einem Rechner registriert, der nach jeder Meßreihe einen Ausdruck der Ergebnisse liefert (siehe Anhang). Die Antworten auf die eingestreuten Null-Proben werden ebenfalls erfaßt.

Zwischen den einzelnen Reizdarbietungen muß eine Pause von mindestens 1 Minute eingehalten werden, damit die Probanden ihren Geruchssinn regenerieren können. Es hat sich auch gezeigt, daß die nächstfolgende Konzentrationsstufe eine gewisse Zeit zur Stabilisierung braucht.

Für die Auswertung wird nur zwischen positiven Antworten (Intensitäten > 0) und negativen Antworten (Intensität 0) unterschieden. Die Skalierung der Geruchsempfindung hat also keinen Einfluß auf die Auswertung, sondern fördert lediglich die Aufmerksamkeit der Probanden und unterstützt die Orientierung des Versuchsleiters hinsichtlich des zu erwartenden Geruchsschwellenbereichs und eventueller Störungen im Meßsystem.

In der Regel besteht ein Meßsatz für eine Geruchstoffprobe aus 3 Meßreihen, so daß bei fünf Probanden für jede Konzentrationsstufe 15 Einzelbewertungen vorliegen, die in die statistische Auswertung eingehen.

Die Berechnung der Geruchsschwelle wird mit Hilfe der Probitanalyse durchgeführt (VDI-Richtlinie 3881, Bl. 1, Abschnitt 5.4). Für jede Konzentrationsstufe wird die relative Summenhäufigkeit H der positiven Antworten: $N_i(+)$ "Ja, es riecht" ermittelt.

$$H_i = \frac{N_i(+)}{N_i}$$

N_i = Summe aller Antworten der i -ten Konzentrationsstufe

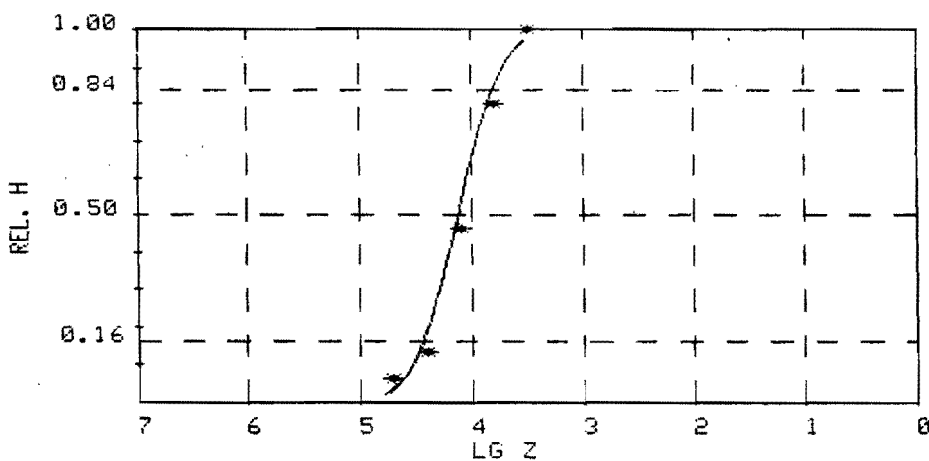
Bild 5a zeigt das Beispiel einer typischen Häufigkeitsverteilung bei Geruchsmessungen. Das Ergebnis entstand mit fünf Probanden in drei Wiederholungsmessungen. Die relative Häufigkeit H der positiven Antworten wurde unter dem Logarithmus der jeweiligen Verdünnungsstufen Z aufgetragen.

ANZAHL DER PROBANDEN N= 5
 ANZAHL DER WIEDERHOLUNGS-MESSUNGEN M= 3

REL. HAEUFIGKEIT H=N(+)/N

STUFE	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
LG Z	0-PR	5.3	5.0	4.7	4.4	4.1	3.8	3.5	3.2	2.9
REL.H	0.00			0.07	0.13	0.47	0.80	1.00		

Bild 5a: Relative Häufigkeitsverteilung



AUSWERTUNG (PROBITANALYSE)

LG \hat{z} 50% = 4.13

LG Z 84% = 3.82

LG Z 16% = 4.44 STANDARDABWEICHUNG S = 0.31

GERUCHSSCHWELLE

VERDUENNUNGSZAHL \hat{z} 50% = 13000

FUER DIE AUSWERTUNG WURDEN DIE VERDUENNUNGSSTUFEN 3 BIS 7 BERUECKSICHTIGT!

Bild 5b: Auswertebeispiel

DURCHFUEHRUNG UND AUSWERTUNG DER GERUCHSSCHWELLENBESTIMMUNG NACH VDI-RICHTLINIE 3881 MIT DEM LIS-OLFAKTOMETER 'MEO 5'.

Erfahrungsgemäß ist die Geruchsempfindung über dem Logarithmus der Geruchsstoffkonzentration bzw. über dem negativen Logarithmus der Verdünnungszahl normalverteilt, d.h. die Geruchsschwellenlinie bildet eine Gauß-Kurve.

Zur Darstellung dieser Kurve werden die Ergebnisse der relativen Häufigkeit H mit der Probitanalyse und der linearen Ausgleichsrechnung in eine Gerade transformiert und anschließend in eine idealisierte Gauß-Kurve (hier als Häufigkeitssumme) zurücktransformiert (Bild 5b). Der Schnittpunkt der Kurve mit der rel. Häufigkeit 0,5 ist die Verdünnungszahl Z_{50} an der Geruchsschwelle.

Die Standardabweichung der Geruchsschwelle des Probandenkollektivs ergibt sich aus:

$$s = \frac{\log Z_{16} - \log Z_{84}}{2}$$

Eine ausführliche Darstellung der Berechnungsmethode sowie Tabellen für die Probitanalyse und t-Verteilung sind der VDI-Richtlinie 3881, Blatt 1 zu entnehmen.

Die Steuerung der Messung und die anschließende Auswertung der Ergebnisse werden von einem Kleincomputer HP 71 mit entsprechenden Peripheriegeräten ausgeführt. Dazu wurde ein spezielles Ausführungsprogramm entwickelt.

3.3 Meßergebnisse

Im Anhang befinden sich als Beispiel die Meßprotokolle und Ergebnisse von olfaktometrischen Messung mit Dibutylamin (A 1.1 bis A 1.4), n-Butanol (A 2.1 - A 2.4) und Schwefelwasserstoff (A 3.1 - A 3.4).

Auf den ersten drei Seiten sind jeweils die Antworten der fünf Probanden protokolliert. Die Stufen der abgefragten Konzentrationen sind senkrecht aufgetragen. Man erkennt deutlich, daß die Geruchswahrnehmungen und die Intensitätsbewertungen nach unten, also mit steigender Konzentration, zunehmen. Die Bewertungen der Null-Proben werden ebenfalls ausgewiesen.

Auf der vierten Seite ist die Auswertung der drei Meßreihen zu entnehmen. Die relative Häufigkeit der Geruchswahrnehmungen aller angebotenen Konzentrationen sind tabellarisch und grafisch dargestellt. Daraus wird das Ergebnis der Verdünnungszahl Z_{50} an der Geruchsschwelle ermittelt. Die Standardabweichung s charakterisiert die Streubreite des Stichprobenumfangs bezogen auf den vorliegenden Geruchsstoff.

4. Erfahrungen mit dem MEO-5

Das MEO-5 wird seit 1985 erfolgreich bei den verschiedensten Geruchsemissionen eingesetzt. Adaptionsprobleme mit sogenannten "Problemgerüchen", wie sie von einigen Olfaktometern bekannt sind, traten bisher nicht auf.

An folgenden Anlagen wurden bisher Geruchsmessungen in größerem Umfang durchgeführt:

- Kompostierungsanlagen
- Bitumenmischanlagen
- Massentierhaltungen
- Ölmühlen
- Lackieranlagen
- Kunststoffspritzanlagen
- Tierkörperverwertungsanlagen

4.1 Streubereich und Reproduzierbarkeit

Die Reproduzierbarkeit der Meßergebnisse wurde mit definierten Geruchsstoffkonzentrationen nachgewiesen. Unter anderem wurde Schwefelwasserstoff aus verschiedenen Eichgasflaschen im Verlauf von mehreren Jahren beprobt.

Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 zusammengefaßt. Das geometrische Mittel der Geruchsschwelle c_{od} ist das entlogarithmierte arithmetische Mittel aus den Logarithmen der Einzelergebnisse. Darunter stehen die dazugehörigen Werte der Wiederhol-Standardabweichung.

Die Geruchsstoffe n-Butanol, Dibutylamin und Buttersäure lagen zunächst als reine Flüssigkeit vor. Sie wurden mit Dosierspritzen in ein beheiztes T-Stück aus Glas geleitet, durch welches synthetische Luft strömte. Das entstehende Dampf-Luft-Gemisch wurde in 50-Liter-Probenbeutel aus Nalophan gefüllt (Bild 6).

Diffusion und Adsorption können die Konzentration der Proben im Beutel beeinträchtigen. In verschiedenen Versuchsreihen wurden Proben in dieser Hinsicht überprüft.

Dabei zeigte sich, daß die Nalophan-Beutel für die untersuchten Stoffe hinreichend dicht waren. Die Probenkonzentrationen waren auch nach 24 Stunden noch stabil.

Adsorption an der Beutelwandung ist unvermeidlich. Die Frage ist, ob der damit verursachte Konzentrationsverlust der Geruchgasprobe relevant ist. Man unterscheidet zwischender chemischen und physikalischen Adsorption.

Bei der chemischen Adsorption geht man von einer monomolekularen Belegung der Oberfläche aus. Dabei stehen Belegungsgrad und Partialdampfdruck im Gleichgewicht. Die Stoffkonzentration in der Gasphase wird hiervon wenig beeinflusst, solange das Verhältnis Masse zur Oberfläche groß ist. Bei hohen Konzentrationen besteht aber auch die Möglichkeit der Mehrfachbelegung. Es handelt sich dann um eine physikalische Adsorption, eine der Kondensation vergleichbaren Erscheinung. Sie ist durch Temperaturerhöhung leicht zu unterdrücken.

Mit den Stoffen n-Butanol und Dibutylamin wurden im Dezember 1990 und Juli 1991 Messungen unter Wiederholungsbedingungen durchgeführt. Die Ergebnisse sind den folgenden Tabellen 3 und 4 zu entnehmen:

Mit Buttersäure wurde im Januar 1991 eine längere Meßreihe durchgeführt (Tabelle 5). Dieser Geruchsstoff ist äußerst problematisch in der Handhabung wegen seiner intensiven Adsorptionsneigung, was sich auch in der höheren relativen Standardabweichung der Meßreihe ausdrückt.

Die Dosierung mit der Spritze erfolgte wegen der geringen benötigten Menge als wässrige Lösung.

Tabelle 2: Geruchsschwelle von H₂S

Probe (50-l-Beutel) c [mg/m ³]	\hat{Z}_{50} [GE/m ³]	Geruchsschwelle \hat{c}_{od} [μ g/m ³]
1	490	2,0
18,6	7400	2,5
18,6	9700	2,0
24,5	13000	1,9
16,8	7100	2,4
geometrisches Mittel \hat{c}_{od} : 2,1 $c_{od} \cdot 84$: 2,4 $c_{od} \cdot 16$: 1,9		

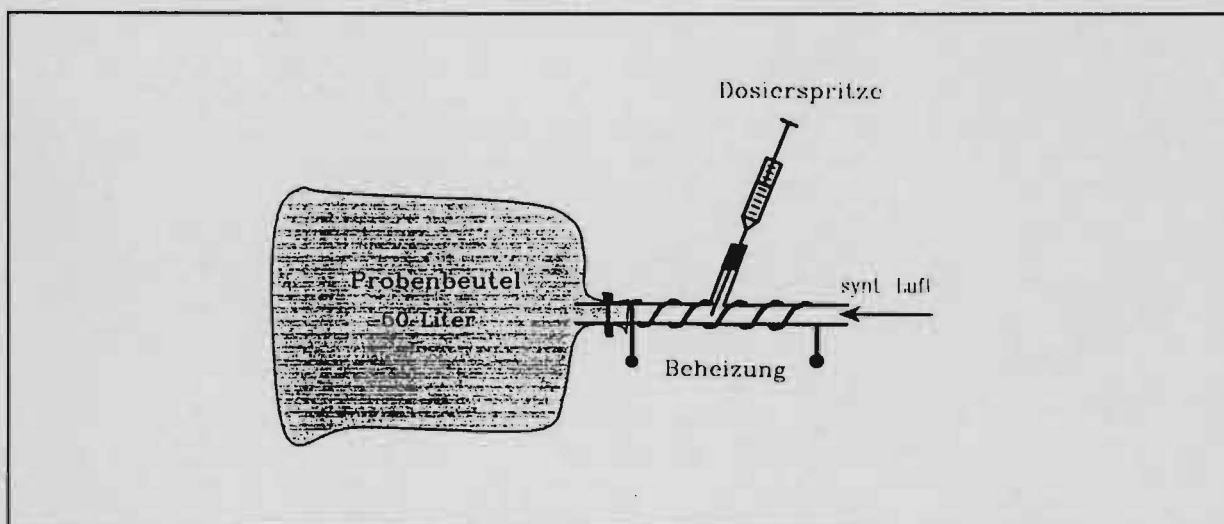


Bild 6: Geruchsstoffdosierung

Tabelle 3: Geruchsschwelle von Dibutylamin

Probe c [mg/m ³]	\hat{Z}_{50} [GE/m ³]		Geruchsschwelle \hat{c}_{od} [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	
	Dez.90	Juli 91	Dez. 90	Juli 91
455	335	320	1360	1422
455	360	320	1260	1422
455	360	310	1260	1468
910	700	540	1300	1685
910	850	710	1080	1282
910	600	630	1520	1440
1820	1350	1200	1340	1517
1820	1300	1300	1400	1400
1820	1150	1300	1590	1400
geometrisches Mittel \hat{c}_{od} :			1338	1445
			$c_{od.84}$:	1489
			$c_{od.16}$:	1203
				1348

Tabelle 4: Geruchsschwelle von n-Butanol

Probe c [mg/m ³]	\hat{Z}_{50} [GE/m ³]		Geruchsschwelle \hat{c}_{od} [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	
	Dez.90	Juli 91	Dez. 90	Juli 91
970	2750	2900	352	334
970	2500	1700	388	571
970	2400	1800	404	539
970	2400		404	
1940	4550	3600	426	539
1940	5500	4300	352	451
1940	5000	2900	388	669
1940	4450		436	
3880	7500	8500	518	456
3880	9000	6700	430	579
3880	9500	7200	408	539
3880	9000		430	
geometrisches Mittel \hat{c}_{od} :			409	511
			$c_{od.84}$:	451
			$c_{od.16}$:	371
				423

Tabelle 5: Geruchsschwelle von Buttersäure

Probe (50-l-Beutel) c [mg/m ³]	\hat{Z}_{50} [GE/m ³]	Geruchsschwelle \hat{c}_{od} [µg/m ³]
9,6	4000	2,4
9,6	3900	2,5
9,6	2000	4,8
9,6	2000	4,8
9,6	3400	2,8
9,6	4100	2,3
9,6	2100	4,6
9,6	3000	3,2
9,6	4200	2,3
4,8	2600	1,8
4,8	1200	4,0
4,8	1700	2,8
4,8	1300	3,7
4,8	1300	3,7
4,8	1200	4,0
4,8	1200	4,0
4,8	720	6,7
4,8	1300	3,7
4,8	1300	3,7
1,9	610	3,1
1,9	540	3,5
1,9	730	2,6
1,9	670	2,8
1,9	440	4,3
1,0	190	5,3
geometrisches Mittel \hat{c}_{od} : 3,4 $c_{od . 84}$: 4,5 $c_{od . 16}$: 2,5		

4.2 Beurteilung der Probandenstichproben

Die Bewertung der eingestreuten Null-Proben läßt Rückschlüsse auf die Qualität der Meßergebnisse zu. Dabei spielt die Zuverlässigkeit der Probanden hinsichtlich der Stichprobenbefragung eine wesentliche Rolle. Kontamination des Olfaktometers mit Geruchsstoff kann ebenfalls zu einer auffälligen Fehlbewertung der Null-Proben führen. Die Geruchsintensität der in die Meßreihen eingestreuten Nullproben, vgl. Tabelle 2 bis 5, wurde von den Probanden bewertet. Die Ergebnisse sind als prozentuale Häufigkeit in Tabelle 6 dargestellt.

Wenn Probanden Gerüche im Schwellenbereich erkennen sollen, sind sie einer psychischen Belastung ausgesetzt, die nicht unterschätzt werden darf.

Die Unterscheidung zwischen der nie absolut geruchsfreien Neutralluft (Intensität Null) und einem sehr schwach wahrnehmbaren Geruch (Intensität Eins) erfordert die ganze Konzentration des Probanden. Wer schon einmal als Proband an einer Geruchsmessung teilgenommen hat, wird dies bestätigen können. Daher unterstreichen die erzielten Ergebnisse die gute Qualität des Meßverfahrens.

Tabelle 6: Bewertung von Null-Proben in %

Geruchsstoff	Intensitätsstufe				
	0	1	2	3	4
Schwefelwasserstoff	96,7	3,3	0	0	0 %
n-Butanol	93	6	1	0	0 %
Dibutylamin	90,4	8,2	1,5	0	0 %
Buttersäure	96,9	2,9	0,2	0	0 %

5. Anforderungen an die Olfaktometrie

Das Ziel einer Messung ist, den wahren Wert einer Meßgröße zu ermitteln [3]. Der wahre Wert im Sinne der Geruchsschwellenbestimmung ist die Geruchsstoffkonzentration, die bei 50% der Gesamtbevölkerung einen Geruchsreiz auslöst. Die persönlichen Geruchsschwellen sind logarithmisch normalverteilt.

Daher ist die kollektive Geruchsschwelle durch einen Erwartungswert und seine Standardabweichung gekennzeichnet. Repräsentiert eine Stichprobe das Riechvermögen der Gesamtbevölkerung, so stimmen Erwartungswert und wahrer Wert überein.

Wegen der unbekanntenen Wirkung von Einflüssen gibt es keine Möglichkeit, den wahren Wert der Geruchsschwelle zu finden. Man geht daher gedanklich davon aus, daß die bei mehreren Einzelmessungen einer Meßreihe erhaltenen Werte, die Meßwerte x_i , Realisierung einer Zufallsgröße x mit einer Standardabweichung s sind. Falls keine systematischen Abweichungen vorliegen, stimmt x mit dem Erwartungswert überein.

Die persönliche Geruchsschwelle ist in gewissen Grenzen variabel, was sich bei kleinen Stichproben auf die Streubreite der kollektiven Geruchsschwelle auswirkt. Auch die Umgebungsparameter wie z.B. Temperatur, Feuchte,

Luftdruck, Jahreszeit, Wohlbefinden der Probanden beeinflussen das Ergebnis.

Unbekannte Fehler im Meßsystem, der Probenahme und der Abfragetechnik können zusätzlich systematische Abweichungen verursachen. Die unerklärlich breite, allen Erfahrungen widersprechenden Streuung der Geruchsschwellen bei Ringvergleichen mit verschiedenen Geruchsstoffen [4,5] beruht wahrscheinlich auf solchen systematischen Fehlern.

Die Annäherung an den wahren Wert einer Geruchsschwelle muß durch qualifizierte Ringversuche und nach den Regeln der DIN 1319 Teil 1 bis 3 "Grundbegriffe der Meßtechnik" realisiert werden. Voraussetzung für den Erfolg solcher Versuche ist, daß Messungen unter Wiederhol- und Vergleichsbedingungen durchgeführt werden. Nur so können Meßeinrichtungen in bezug auf systematische und zufällige Fehler beurteilt werden.

Es hat sich bei vielen olfaktometrischen Messungen gezeigt, und dies wird auch durch die Ergebnisse der Meßreihen in Tabellen 2 bis Tabelle 5 belegt, daß mit dem Olfaktometer MEO-5 reproduzierbare Ergebnisse erzielt werden können. Aus den vorgenannten Gründen ist eine Streuung der Einzelwerte jedoch unvermeidlich. Daher sollte ein Meßwert wenigstens aus drei, besser aus fünf, Wiederholungsmessungen bestehen.

-
6. **Schrifttum**
- [1] VDI-Richtlinie 3881, Blatt 1:
"Olfaktometrische Technik der Geruchsschwellen-Bestimmung"
- [2] VDI-Richtlinie 3882, (Entwurf):
"Olfaktometrie, Bestimmung der Geruchsintensität"
- [3] DIN 1319, Teil 1 bis 3:
"Grundbegriffe der Meßtechnik"
- [4] Bahnmüller, H.:
Olfaktometrie von Dibutylamin, Acrylsäuremethylester, Isoamylalkohol, und eines Spritzdünners für Autolack - Ergebnis eines VDI-Ringvergleichs. Staub-Reinhaltung der Luft 44 (1984) Nr. 7/8 S. 352/358
- [5] Dollnik, H., V. Thiele, F. Drawert:
Olfaktometrie von Schwefelwasserstoff, n-Butanol, Isoamylalkohl, Propion-säure und Dibutylamin - Auswertung eines Ringvergleichs mit einheitlicher Dosierung der Geruchsstoffprobe. Staub - Reinhaltung der Luft 48, Nr. 9 (1988), S 325/331

7. Anhang

(3 Durchführungsbeispiele)

GERUCHSSCHWELLEN-BESTIMMUNG

BETREIBER : LIS
STANDORT : ESSEN
ANLAGE : RINGVERGLEICH
BETRIEBSMODUS: 1820 MG/M³ DIBUTYLAMIN
MESS-STELLE : 50-LITER-NALOPHANBEUTEL
PROBENAHE : 30.7.91 9:50 UHR

ANZAHL DER PROBANDEN N= 5

1.MESSREIHE

UHRZEIT: 14:08:28

STUFE	LG Z	PROBAND				
		1	2	3	4	5
0-PROBE		0	0	0	0	0
1	4.4					
2	4.1					
3	3.8					
4	3.5	0	0	0	0	0
5	3.2	0	0	0	0	1
6	2.9	1	0	0	1	1
7	2.6	2	3	3	3	2
8	2.3					
9	2.0					

A 1.1

GERUCHSSCHWELLEN-BESTIMMUNG

BETREIBER : LIS
STANDORT : ESSEN
ANLAGE : RINGVERGLEICH
BETRIEBSMODUS: 1820 MG/M³ DIBUTYLAMIN
MESS-STELLE : 50-LITER-NALOPHANBEUTEL
PROBENAHME : 30.7.91 9:50 UHR

ANZAHL DER PROBANDEN N= 5

2.MESSREIHE

UHRZEIT: 14:12:54

STUFE	LG Z	PROBAND				
		1	2	3	4	5
0-PROBE		0	0	0	0	0
1	4.4					
2	4.1					
3	3.8					
4	3.5	0	1	0	0	0
5	3.2	1	0	0	1	0
6	2.9	2	1	0	1	1
7	2.6	3	2	3	2	2
8	2.3					
9	2.0					

A 1.2

GERUCHSSCHWELLEN-BESTIMMUNG

BETREIBER : LIS
STANDORT : ESSEN
ANLAGE : RINGVERGLEICH
BETRIEBSMODUS: 1820 MG/M³ DIBUTYLAMIN.
MESS-STELLE : 50-LITER-NALOPHANBEUTEL
PROBENAHEME : 30.7.91 9:50 UHR

ANZAHL DER PROBANDEN N= 5

3.MESSREIHE

UHRZEIT: 14:16:20

STUFE	LG Z	PROBAND				
		1	2	3	4	5
0-PROBE		0	0	0	0	0
1	4.4					
2	4.1					
3	3.8					
4	3.5	0	0	0	0	0
5	3.2	0	1	0	0	1
6	2.9	1	0	0	1	1
7	2.6	2	3	3	3	2
8	2.3					
9	2.0					

A 1.3

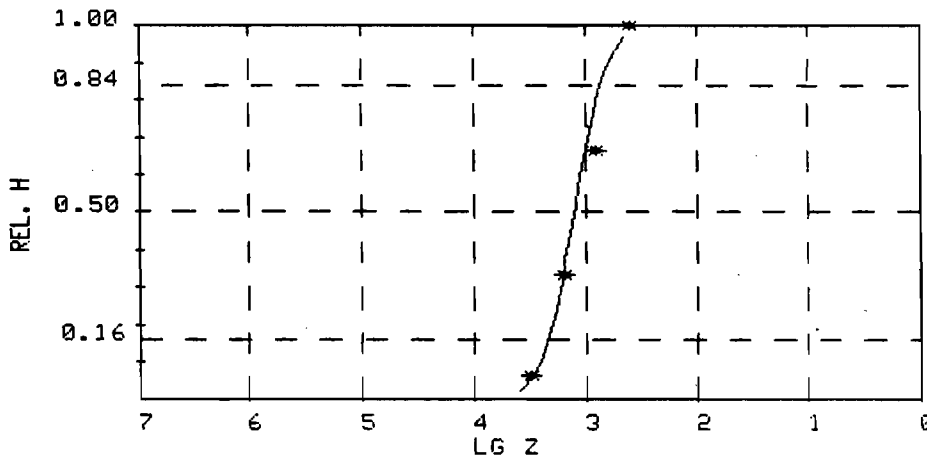
GERUCHSSCHWELLEN-BESTIMMUNG

BETREIBER : LIS
 STANDORT : ESSEN
 ANLAGE : RINGVERGLEICH
 BETRIEBSMODUS: 1820 MG/M³ DIBUTYLAMIN
 MESS-STELLE : 50-LITER-NALOPHANBEUTEL
 PROBEHAHME : 30.7.91 9:50 UHR

ANZAHL DER PROBANDEN N= 5
 ANZAHL DER WIEDERHOLUNGS-MESSUNGEN M= 3

REL. HAEUFIGKEIT H=N(+)/N

STUFE	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
LG Z	0-PR	4.4	4.1	3.8	3.5	3.2	2.9	2.6	2.3	2.0
REL.H	0.00				0.07	0.33	0.67	1.00		



AUSWERTUNG (PROBITANALYSE)

LG \hat{z} 50% = 3.10
 LG Z 84% = 2.86
 LG Z 16% = 3.34 STANDARDABWEICHUNG S = 0.24

GERUCHSSCHWELLE

VERDUENNUNGSZAHL \hat{z} 50% = 1300

FUER DIE AUSWERTUNG WURDEN DIE VERDUENNUNGSSTUFEN 4 BIS 7 BERUECKSICHTIGT!

DURCHFUEHRUNG UND AUSWERTUNG DER GERUCHSSCHWELLENBESTIMMUNG NACH VDI-RICHTLINIE 3881 MIT DEM LIS-OLFAKTOMETER 'MEO 5'.

A 1.4

GERUCHSSCHWELLEN-BESTIMMUNG

BETREIBER : LIS
STANDORT : ESSEN
ANLAGE : VERGLEICHSMESSUNG
BETRIEBSMODUS: 970 MG/M³ N-BUTANOL
MESS-STELLE : BEUTEL
PROBENAHME : 5.12.90 10:55 UHR

ANZAHL DER PROBANDEN N= 5

1. MESSREIHE

UHRZEIT: 12:02:08

STUFE	LG Z	PROBAND				
		1	2	3	4	5
0-PROBE		0	0	0	0	0
1	4.7					
2	4.4					
3	4.1	0	0	0	0	0
4	3.8	0	1	1	0	1
5	3.5	1	0	1	1	1
6	3.2	1	2	2	1	3
7	2.9					
8	2.6					
9	2.3					

A 2.1

GERUCHSSCHWELLEN-BESTIMMUNG

BETREIBER : LIS
STANDORT : ESSEN
ANLAGE : VERGLEICHSMESSUNG
BETRIEBSMODUS: 970 MG/M³ N-BUTANOL
MESS-STELLE : BEUTEL
PROBENAHME : 5.12.90 10:55 UHR

ANZAHL DER PROBANDEN N= 5

2.MESSREIHE

UHRZEIT: 12:06:35

STUFE	LG Z	PROBAND				
		1	2	3	4	5
0-PROBE		0	0	0	0	0
1	4.7					
2	4.4					
3	4.1	0	0	0	0	0
4	3.8	1	1	1	0	0
5	3.5	2	0	1	1	3
6	3.2	2	2	2	2	2
7	2.9					
8	2.6					
9	2.3					

A 2.2

GERUCHSSCHWELLEN-BESTIMMUNG

BETREIBER : LIS
STANDORT : ESSEN
ANLAGE : VERGLEICHSMESSUNG
BETRIEBSMODUS: 970 MG/M³ N-BUTANOL
MESS-STELLE : BEUTEL
PROBENAHEME : 5.12.90 10:55 UHR

ANZAHL DER PROBANDEN N= 5

3.MESSREIHE

UHRZEIT: 12:11:23

STUFE	LG Z	PROBAND				
		1	2	3	4	5
0-PROBE		0	0	1	0	0
1	4.7					
2	4.4					
3	4.1	0	0	0	0	0
4	3.8	0	0	0	0	0
5	3.5	1	1	0	1	1
6	3.2	1	2	1	2	3
7	2.9					
8	2.6					
9	2.3					

A 2.3

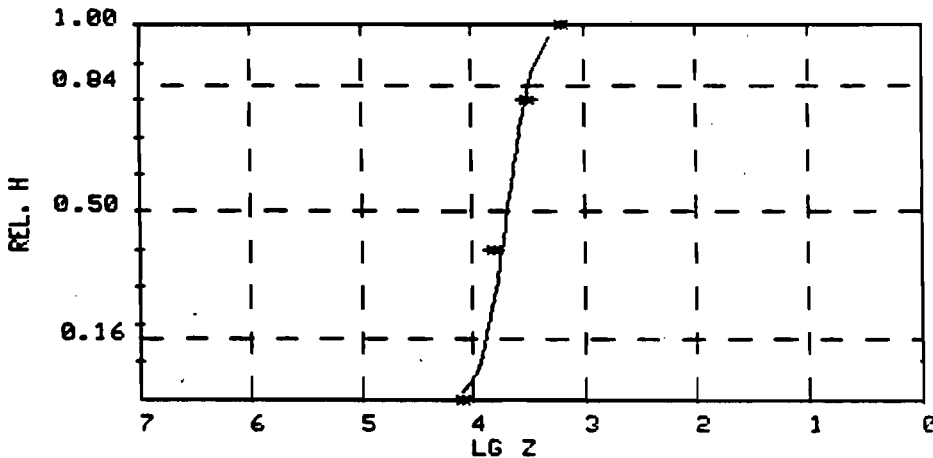
GERUCHSSCHWELLEN-BESTIMMUNG

BETREIBER : LIS
 STANDORT : ESSEN
 ANLAGE : VERGLEICHSMESSUNG
 BETRIEBSMODUS: 970 MG/M³ N-BUTANOL
 MESS-STELLE : BEUTEL
 PROBENAHME : 5.12.90 10:55 UHR

ANZAHL DER PROBANDEN N= 5
 ANZAHL DER WIEDERHOLUNGS-MESSUNGEN M= 3

REL. HAEUFIGKEIT H=N(+)/N

STUFE	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
LG Z	0-PR	4.7	4.4	4.1	3.8	3.5	3.2	2.9	2.6	2.3
REL.H	0.07			0.00	0.40	0.80	1.00			



AUSWERTUNG (PROBITANALYSE)

LG \hat{z} 50% = 3.68

LG Z 84% = 3.48

LG Z 16% = 3.88 STANDARDABWEICHUNG S = 0.20

ERGEBNIS

GERUCHSSCHWELLE \hat{z} = 4800 GE/M³

95%-VERTRAUENSBEREICH:

Z UG = 6200 GE/M³

Z OG = 3700 GE/M³

FUER DIE AUSWERTUNG WURDEN DIE VERDUENNUNGSSTUFEN 3 BIS 6 BERUECKSICHTIGT!

DURCHFUEHRUNG UND AUSWERTUNG DER GERUCHSSCHWELLENBESTIMMUNG NACH VDI-RICHTLINIE 3881 MIT DEM LIS-OLFAKTOMETER 'MEO 5'.

A 2.4

GERUCHSSCHWELLEN-BESTIMMUNG

BETREIBER : LIS
STANDORT : ESSEN
ANLAGE : RINGVERGLEICH
BETRIEBSMODUS: 24.5 MG/M³ H2S
MESS-STELLE : 50-LITER-BEUTEL
PROBENAHME : 28.11.89 09:15 UHR

ANZAHL DER PROBANDEN N= 5

1. MESSREIHE

UHRZEIT: 10:31:59

STUFE	LG Z	PROBAND				
		1	2	3	4	5
0-PROBE		0	0	0	0	0
1	5.3					
2	5.0	0	0	0	0	0
3	4.7	0	0	0	1	0
4	4.4	0	1	1	1	0
5	4.1	1	0	1	0	1
6	3.8	4	1	1	2	3
7	3.5	3	2	1	2	2
8	3.2					
9	2.9					

A 3.1

GERUCHSSCHWELLEN-BESTIMMUNG

BETREIBER : LIS
STANDORT : ESSEN
ANLAGE : RINGVERGLEICH
BETRIEBSMODUS: 24.5 MG/M³ H2S
MESS-STELLE : 50-LITER-BEUTEL
PROBENAHME : 28.11.89 09:15 UHR

ANZAHL DER PROBANDEN N= 5

2. MESSREIHE

UHRZEIT: 10:35:51

STUFE	LG Z	PROBAND				
		1	2	3	4	5
0-PROBE		0	0	0	0	0
1	5.3					
2	5.0					
3	4.7	0	0	0	0	0
4	4.4	0	0	0	0	0
5	4.1	1	0	1	1	0
6	3.8	2	0	1	2	1
7	3.5	2	1	1	2	1
8	3.2					
9	2.9					

A 3.2

LIS, ESSEN-233-91/08/12.....H2S

GERUCHSSCHWELLEN-BESTIMMUNG

BETREIBER : LIS
STANDORT : ESSEN
ANLAGE : RINGVERGLEICH
BETRIEBSMODUS: 24.5 MG/M³ H2S
MESS-STELLE : 50-LITER-BEUTEL
PROBENAHME : 28.11.89 09:15 UHR

ANZAHL DER PROBANDEN N= 5

3.MESSREIHE

UHRZEIT: 10:37:22

STUFE	LG Z	PROBAND				
		1	2	3	4	5
0-PROBE		0	0	0	0	0
1	5.3					
2	5.0					
3	4.7	0	0	0	0	0
4	4.4	0	0	0	0	0
5	4.1	0	0	0	0	0
6	3.8	0	0	1	1	0
7	3.5	3	1	2	3	1
8	3.2					
9	2.9					

A 3.3

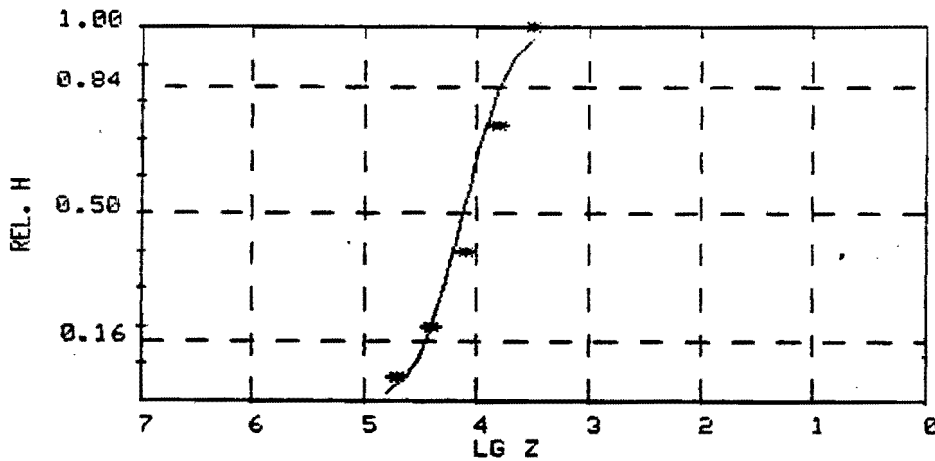
GERUCHSSCHWELLEN-BESTIMMUNG

BETREIBER : LIS
 STANDORT : ESSEN
 ANLAGE : RINGVERGLEICH
 BETRIEBSMODUS: 24,5 MG/M³ H2S
 MESS-STELLE : 50-LITER-BEUTEL
 PROBENAHME : 28.11.89 09:15 UHR

ANZAHL DER PROBANDEN N= 5
 ANZAHL DER WIEDERHOLUNGS-MESSUNGEN M= 3

REL. HAEUFIGKEIT H=N(+)/N

STUFE	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
LG Z	0-PR	5,3	5,0	4,7	4,4	4,1	3,8	3,5	3,2	2,9
REL.H	0,00			0,07	0,20	0,40	0,73	1,00		



AUSWERTUNG (PROBITANALYSE)

LG \hat{z} 50% = 4.12

LG Z 84% = 3.80

LG Z 16% = 4.45 STANDARDABWEICHUNG S = 0.33

ERGEBNIS

GERUCHSSCHWELLE \hat{z} = 13000 GE/M³

95%-VERTRAUENSBEREICH:

Z UG = 20000 GE/M³

Z OG = 8700 GE/M³

FUER DIE AUSWERTUNG WURDEN DIE VERDUENNUNGSSTUFEN 3 BIS 7 BERUECKSICHTIGT!

DURCHFUEHRUNG UND AUSWERTUNG DER GERUCHSSCHWELLENBESTIMMUNG NACH VDI-RICHT-LINIE 388T MIT DEM LIS-OLFAKTOMETER 'MED 5'.

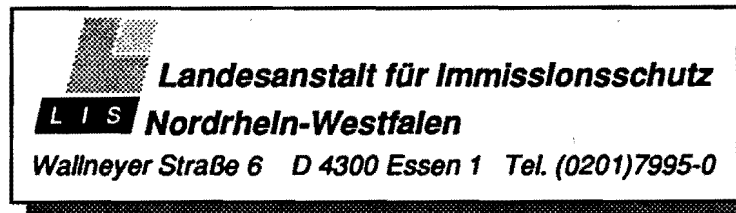
A 3.4

LIS-Berichte

der Landesanstalt für Immissionsschutz Nordrhein-Westfalen, Essen

Die LIS-Berichte haben spezielle Themen aus dem Untersuchungs- und Forschungsprogramm der LIS zum Gegenstand. Die in der Regel umfangreichen Texte sind nur in begrenzter Auflage vorrätig. Sie werden - soweit nicht vergriffen - Interessenten auf Anfrage hin kostenlos zur Verfügung gestellt. Alle LIS-Berichte - auch die vergriffenen - stehen Interessenten in zahlreichen Universitäts- und Hochschulbibliotheken zur Einsichtnahme und Ausleihe zur Verfügung.

Bestellungen sind zu richten an die



Die Titel der LIS-Berichte Nr. 1 bis 50 sind in einem Prospekt nachgewiesen, der auf Anfrage gerne zugeschickt wird. Diese Berichte sind, bis auf teilweise noch verfügbare Überstücke, vergriffen.

- Berichte-Nr. 51: **Herpertz, E., J. Assmann, D. Krane, E. Hartmann, B. Steck, E. Brewig und J. Krochmann:**
(vergriffen) Messen und Beurteilen von Lichtimmissionen (1984).
- Berichte-Nr. 52: **Pfeffer, H.-U.:**
(vergriffen) Qualitätssicherung in automatischen Immissionsmeßnetzen.
Teil 3: Ringversuche der staatlichen Immissions-Meß- und Erhebungsstellen in der Bundesrepublik Deutschland (STIMES).
Ergebnisse für die Komponenten SO₂, NO_x, O₃ und CO (1984).
- Berichte-Nr. 53: **Beier, R.:**
Zur Planung und Auswertung von Immissionsmessungen gemäß TA-Luft 1983 (1985).
- Berichte-Nr. 54: **Bröker, G. und H. Gliwa:**
Polychlorierte Dibenzo-Dioxine und -Furane in den Filterstäuben und Schlacken der 12 Hausmüllverbrennungsanlagen in Nordrhein-Westfalen sowie einiger Sondermüllverbrennungsanlagen (1985).
- Berichte-Nr. 55: **Külske, S., J. Giebel, H.-U. Pfeffer und R. Beier:**
Analyse der Smoglage vom 16. bis 21. Januar 1985 im Rhein-Ruhr-Gebiet.
Teil 1: Text- und Bildband (1985)
Teil 2: Meßergebnisse (1985).
- Berichte-Nr. 56: **Splitzgerber, H., M. Klein und P. Neutz:**
Untersuchungen zur Ermittlung der Wahrnehmungsschwelle bei Einwirkung von Erschütterungen auf den Menschen - Beschreibung der Versuchsanlage - (1985).
- Berichte-Nr. 57: **Prinz, B., J. Hradetzky, H.-U. Pfeffer, H.W. Zöttl und H.-K. Lichtenthaler:**
(vergriffen) Forschungsergebnisse zur Problematik der neuartigen Waldschäden (1985).
- Berichte-Nr. 58: **Giebel, J. und W. Strampl:**
Untersuchung über die Eignung des Korrelationsspektrometers COSPEC V zur Bestimmung des Transportes von Schwefeldioxid bzw. Stickstoffdioxid (1986).

- Berichte-Nr. 59: Prinz, B., D. Schwela, E. Koch, S. Ganser und T. Eikmann:
Untersuchungen zum Einfluß von Luftverunreinigungen auf die Häufigkeit
von Pseudokrupperkrankungen im Stadtgebiet Essen (1986)..
- Berichte-Nr. 60: Manns, H. und H. Gies:
Ergebnis der Erprobung des automatischen Ozon-Meßgerätes Dasibi, Typ 1008 AH
(1986).
- Berichte-Nr. 61: Splittgerber, H.:
Messung und Beurteilung von Erschütterungsimmissionen - Vergleich verschiedener Ver-
fahren - (1986).
- Berichte-Nr. 62: Buck, M. und P. Kirschmer:
Immissionsmessungen polychlorierter Dibenzo-p-Dioxine und Dibenzofurane in Nord-
rhein-Westfalen (1986).
- Berichte-Nr. 62: Buck, M. und P. Kirschmer:
Measurements of Polychlorinated Dibenzo-p-dioxins and Dibenzofurans in Outdoor Air
(1987). (Übersetzung des 1986 erschienenen LIS-Berichtes Nr. 62)
- Berichte-Nr. 63: Giebel, J.:
(vergriffen) Untersuchung über die praktische Anwendung eines numerischen Ausbreitungsmodells (K-
Modell) für die Praxis der Immissionssimulation (1986).
- Berichte-Nr. 64: Winkler, H.D.:
(vergriffen) Thalliumemissionen bei der Zementherstellung - Ursachen und Minderungsmaßnahmen -
(1986).
- Berichte-Nr. 65: Wietlake, K.H.:
(vergriffen) Erschütterungseinwirkungen durch Exzenter-Schmiedepressen und ihre Minderung durch
Direktabfederung (1986).
- Berichte-Nr. 66: Viertes Symposium über die Technik der Kernreaktorfernüberwachungssysteme am 8. und 9.
Oktober 1985 in der LIS, Essen (1986).
- Berichte-Nr. 67: Assmann, J.:
(vergriffen) Hinweise zur Prognose von Geräuschimmissionen im Rahmen von Genehmigungsverfahren
nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz (1986).
- Berichte-Nr. 68: Manns, H. und H. Gies:
(vergriffen) Erprobung des Schwebstaubmeßgerätes FH 62 I 3 m³/h für die automatisierte Immissions-
messung (1986).
- Berichte-Nr. 69: Beine, H.:
(vergriffen) Phosphorsäureester und verwandte Verbindungen -
Umweltrelevanz und luftanalytische Bestimmung (1987).
- Berichte-Nr. 70: Buck, M. und H.-U. Pfeffer:
Air Quality Surveillance in the State North-Rhine-Westphalia (F.R.G.).
(Vollständig neu bearbeitete Fassung LIS-Berichtes Nr. 46) (1987).
- Berichte-Nr. 71: Wefers, H. und H. Katzer:
Zusammenstellung von zusätzlichen sicherheitstechnischen Anforderungen an Anlagen zur
Lagerung von druckverflüssigtem Ammoniak in Kraftwerken (1987).
- Berichte-Nr. 72: Beier, R., J. Kohlert und M. Buck:
(vergriffen) Entwicklung der Immissionsbelastung in der Umgebung der Aluminiumhütte im Essener
Norden in den Jahren 1984 bis 1986 (1987).
- Berichte-Nr. 73: Schade, H.:
(vergriffen) Erstellung eines Emissionskatasters und einer Emissionsprognose für Feuerungsanlagen im
Sektor Haushalte und Kleinverbraucher des Belastungsgebietes Ruhrgebiet Ost.
(1987).

- Berichte-Nr. 74: Beier, R. und M. Buck:
(vergriffen) Möglichkeit und Grenzen der Nutzung von Luftqualitätsdaten aus diskontinuierlichen Messungen gemäß TA-Luft (1988).
- Berichte-Nr. 75: Koch, E. und P. Altenbeck:
Prinzipien des prophylaktischen Immissionsschutzes (1988).
- Berichte-Nr. 76: Giebel, J.:
Eine vereinfachte Methode zur Immissionssimulation (1988).
- Berichte-Nr. 77: Külske, S., R. Beier und H.-U. Pfeffer:
(vergriffen) Die Smoglage vom 14. bis 22. Januar 1987 in Nordrhein-Westfalen und ihre Ursachen. (1988).
- Berichte-Nr. 78: Geueke, K.-J. und H. Niesenhaus:
(vergriffen) Bestimmung von Benzol in Abgasen (1988).
- Berichte-Nr. 79: Wietlake, K.-H.:
(vergriffen) Geräuschminderung durch Teilkapselung von Schmiedehämmern (1988).
- Berichte-Nr. 80: Krause, G.H.M. und B. Prinz:
Experimentelle Untersuchungen der LIS zur Aufklärung möglicher Ursachen der neuartigen Waldschäden (1989).
- Berichte-Nr. 81: Goldberg, K.H.:
(vergriffen) Untersuchungen zur Geräuschemission und -ausbreitung von Schußsignalen bei Kleinkaliberschießständen (1988).
- Berichte-Nr. 82: Buck, M. und K. Ellermann:
Die Immissionsbelastung durch Benzol in Nordrhein-Westfalen (1988).
- Berichte-Nr. 83: Wefers, H., S. Delling und T. Schulz:
Hinweise zur Erstellung und Prüfung von betrieblichen Alarm- und Gefahrenabwehrplänen nach der Störfall-Verordnung (1988).
- Berichte-Nr. 84: Wefers, H., T. Schulz und R. John:
(vergriffen) Hinweise und Suchstrategien zu den Stoffen der Störfall-Verordnung (1988).
- Hinweis:** Die Grundlage des LIS-Berichtes bildet eine ständig fortgeschriebene PC-Organismen- und Stoffliste mit modularem Aufbau (mit mehr als 30 Einzellisten) die von der LIS mit Hilfe einer relationalen Datenbank für Personalcomputer erstellt wurde. Die PC-Organismen- und Stoffliste kann auf PC mit Festplatte und dem Betriebssystem MS-DOS (IBM-kompatibel) betrieben werden. Sie wird im Auftrag der LIS von der Fa. Colman Computer Service, Brunnenstr. 61 - 65, 4300 Essen, (Tel.: 0201/87206-0; Telefax: 0201/784559) für DM 195,- vertrieben!
- Berichte-Nr. 85: Krause, G.H.M.:
(vergriffen) Untersuchungen zum Vegetationszustand im Umgebungsbereich der nordrhein-westfälischen Aluminiumhütten mit Hilfe der Falschfarbenfotografie (1988).
- Berichte-Nr. 86: Katzer, H. und R. John:
(vergriffen) Einsatz von Ammoniakwasser in katalytischen DeNO_x-Anlagen - Ergebnisse an einer Versuchsanlage - (1989).
- Berichte-Nr. 87: Kirschmer, P. und A. Gerlach:
Immissionsmessungen von Chlorkohlenwasserstoffen - Probenahme, Analyse, Ergebnisse - (1989).
- Berichte-Nr. 88: Euteneuer, U., H. Katzer und H. Wefers:
(vergriffen) Sicherheitstechnische Überprüfung einer verfahrenstechnischen Anlage nach einem modifizierten PAAG-Verfahren am Beispiel eines Flüssiggaslagere (1989).
- Berichte-Nr. 89: Beier, R. und A. Doppelfeld:
Analyse der räumlichen Repräsentativität automatischer Meßnetze der Luftqualität (1989).

- Berichte-Nr. 90: Beier, R. und J. Kohlert:
Pilotstudie zur Überwachung von Tetrachlorethen in der Nachbarschaft von Chemisch-
Reinigungsanlagen in Nordrhein-Westfalen (1989).
- Berichte-Nr. 91: Buck, M. (Bearb.):
Asbest-Immissionsbelastung durch Abwitterung.
Fachkolloquium am 06. Juli 1989 in der LIS NRW, Essen,
Tagungsbericht. Gem. hrsg. von: Landesanstalt für Umweltschutz, Baden-Württemberg,
Niedersächsisches Landesamt für Immissionsschutz, Landesanstalt für Immissionsschutz
Nordrhein-Westfalen (1989).
- Berichte-Nr. 92: Kirschmer, P. und P. Eynck:
Meßverfahren mit automatisierter Probenahme zur Bestimmung von Aldehyden in der Luft
(1989).
- Berichte-Nr. 93: Ehl, W. und A. Ertl:
Kriterien-Katalog zur "Prüftiefe" bei Sicherheitsanalysen am Beispiel eines Flüssiggasla-
gers. (1990).
- Berichte-Nr. 94: Manns, H., G. Nitz und B. Striefler:
Weiterentwicklung und Erprobung von Immissionsmeßverfahren für gesundheitsgefähr-
dende organische Stoffe. (1990).
- Berichte-Nr. 95: Splittgerber, H. und R. Hillen:
Wahrnehmungsschwelle für Ganzkörperschwingungen in sitzender Körperhaltung.
(1991).
- Berichte-Nr. 96: Mang, F. und F. Wolfmüller
Großvolumige Behälter zur erdgedeckten Lagerung von druckverflüssigtem
Propan, Butan und Ammoniak (bearb. von W. v. Borries und H. Katzer).
(1991).
- Berichte-Nr. 97: Hansmann, G. und H. Wefers:
Sicherheitstechnik bei Aktivkoksfiltren an Abfallverbrennungsanlagen
- Hinweise und Anforderungen aus der Sicht der Störfall-Verordnung
(1991)
- Berichte-Nr. 98: Koch, E. und P. Altenbeck:
Umsetzung der Großfeuerungsanlagen-Richtlinie der EG in den Mitgliedstaaten.
(1992)
- Berichte Nr. 99: Beisheim, K., A. Ertl und H. Wefers:
Sicherheitsanalysen zu Pflanzenschutzmittellägern
- gutachterliche Bewertung zweier Beispiele.
(1992)
- Berichte Nr. 100: Pfeffer, H.-U., H. Dobrick und R. Junker:
Qualitätssicherung in automatischen Immissionsmeßnetzen.
Anforderungen an die Telemetrischen Echtzeit-Immissionsmeßsysteme TEMES und
MILIS in NRW.
(1992)
- Berichte Nr. 101: Beier, R. und A. Doppelfeld:
Räumliche Übertragbarkeit und Interpolation von Luftqualitätsdaten im Meßnetz TEMES.
(1992)