



## **Verfahren zur Bestimmung von Acrylnitril**

Von den Unfallversicherungsträgern anerkannte Messverfahren zur Feststellung der Konzentrationen krebserzeugender, keimzellmutagener oder reproduktionstoxischer Stoffe in der Luft in Arbeitsbereichen

## **Impressum**

### **Herausgegeben von:**

Deutsche Gesetzliche  
Unfallversicherung e.V. (DGUV)

Glinkastraße 40  
10117 Berlin  
Telefon: 030 13001-0 (Zentrale)  
Fax: 030 13001-9876  
E-Mail: [info@dguv.de](mailto:info@dguv.de)  
Internet: [www.dguv.de](http://www.dguv.de)

### **Arbeitsgruppe Analytik**

im Sachgebiet „Gefahrstoffe“,  
Fachbereich „Rohstoffe und chemische Industrie“ der DGUV  
Federführung Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie (BG RCI)

### **Korrespondenzadresse**

Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie  
Prävention – Kompetenz-Center Gefahrstoffe und biologische Arbeitsstoffe  
Gefahrstoffe, Biostoffe, Analytik  
Postfach 10 14 80, 69004 Heidelberg  
E-Mail: [analytik@bgrci.de](mailto:analytik@bgrci.de)

Ausgabe März 2021

© Diese Publikation ist urheberrechtlich geschützt. Die Vervielfältigung, auch auszugsweise, ist nur mit ausdrücklicher Genehmigung gestattet.

DGUV Information 213-501 zu beziehen bei Ihrem zuständigen  
Unfallversicherungsträger oder unter [www.dguv.de/publikationen](http://www.dguv.de/publikationen)

# Verfahren zur Bestimmung von Acrylnitril

Von den Unfallversicherungsträgern anerkannte Messverfahren zur Feststellung der Konzentrationen krebserzeugender, keimzellmutagener oder reproduktionstoxischer Stoffe in der Luft in Arbeitsbereichen

## Verfahren 04

Seite 5

Probenahme mit Pumpe und Adsorption an Chromosorb 106, Gaschromatographie nach Thermodesorption

Acrylnitril – 04 – GC

(erstellt: März 2021)

---

**Eingeschränkt geeignete Verfahren** (Erläuterungen siehe Seite 4)

## Verfahren 03

Seite 31

*eingeschränkt geeignet – Kategorie E2*

Probenahme mit Pumpe und Adsorption an Aktivkohle, Gaschromatographie nach Elution

Acrylnitril – 03 – GC

(erstellt: März 2004)

---

**Zurückgezogene Verfahren** (Erläuterungen siehe Seite 4)

## Verfahren 01

Prozessgaschromatographie zur ortsfesten Messung

Acrylnitril – 01 – Prozess-GC

(erstellt: Dezember 1983, zurückgezogen 2004)

## Verfahren 02

Probenahme mit Pumpe und Adsorption an Aktivkohle, Dampfraumgaschromatographie oder Gaschromatographie nach Elution

Acrylnitril – 02 – GC

(erstellt: November 1983, zurückgezogen Dezember 2004)

## **Erläuterungen zur Gültigkeit**

Einige Messverfahren dieser Reihe entsprechen bezüglich der Validierung, der Bestimmungsgrenze und der Probenahme nicht mehr den Anforderungen an das aktuelle Regelwerk, können aber für spezielle Aufgabenstellungen oder als Grundlage für eine Weiterentwicklung der Verfahren herangezogen werden. Diese sind als eingeschränkt geeignet mit den folgenden Kategorien gekennzeichnet:

E1: Validierung entspricht nicht den aktuellen Anforderungen

E2: Bestimmungsgrenze genügt nicht den aktuellen Anforderungen

E3: Probenahme entspricht nicht den aktuellen Anforderungen

Diese Verfahren sind unverändert in der Version der damaligen Ausgabe im Anhang wiedergegeben.

Als zurückgezogen werden Messverfahren bezeichnet, wenn das Verfahren durch ein neueres anerkanntes Verfahren gleicher Methodik ersetzt oder die angewandte Methode veraltet, nicht mehr nachvollziehbar oder fehlerbehaftet ist.

Teil dieses Verfahrens sind die im „Allgemeinen Teil“ (DGV Information 213-500) beschriebenen Anforderungen und Grundsätze.

Die Verfahren wurden bis 1998 unter der Nummer ZH 1/120.xx und von 1999 bis 2013 unter der Nummer BGI 505-xx bzw. BGI/GUV-I 505.xx veröffentlicht.

Eine Übersicht über die aktuellen und zurückgezogenen Analysenverfahren der DGV Information 213-500-Reihe finden Sie unter <http://analytik.bgrci.de>.

## Verfahren 04

Probenahme mit Pumpe und Adsorption an Chromosorb 106,  
Gaschromatographie nach Thermodesorption

Erprobtes und von den Unfallversicherungsträgern anerkanntes Messverfahren zur Bestimmung von Acrylnitril in Arbeitsbereichen.

Für folgenden Stoff ist das Verfahren validiert:

Name	CAS-Nr.	Molmasse
Acrylnitril	107-13-1	53,06

Es sind personengetragene und ortsfeste Probenahmen für Messungen zur Beurteilung von Arbeitsbereichen möglich.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Kurzfassung</b> .....	<b>7</b>
<b>1 Geräte, Chemikalien und Lösungen</b> .....	<b>8</b>
1.1 Geräte.....	8
1.2 Chemikalien.....	9
1.3 Lösungen.....	9
1.3.1 Stammlösung für die Prüfgasherstellung.....	9
1.3.2 Lösungen für die Flüssigdotierung.....	10
1.4 Kalibrierstandards.....	11
1.4.1 Herstellung mittels Prüfgas.....	11
1.4.2 Herstellung mittels Flüssigdotierung.....	14
<b>2 Probenahme</b> .....	<b>16</b>
<b>3 Analytische Bestimmung</b> .....	<b>17</b>
3.1 Thermodesorptionsbedingungen.....	17
3.2 Chromatographische Arbeitsbedingungen.....	19
<b>4 Auswertung</b> .....	<b>21</b>
4.1 Kalibrierung.....	21
4.2 Berechnung des Analysenergebnisses.....	21
<b>5 Beurteilung des Verfahrens</b> .....	<b>22</b>
5.1 Präzision und Wiederfindung.....	22
5.2 Durchbruchvolumen.....	23
5.3 Bestimmungsgrenze.....	23
5.4 Lagerfähigkeit.....	24
5.5 Selektivität.....	25
5.6 Messunsicherheit.....	25
5.7 Bemerkungen.....	26
<b>6 Literatur</b> .....	<b>27</b>
<b>Anhang</b> .....	<b>29</b>

# Kurzfassung

Mit diesem Verfahren wird die über die Probenahmedauer gemittelte Konzentration an Acrylnitril im Arbeitsbereich personengetragen oder ortsfest bestimmt.

**Messprinzip:** Mit Hilfe einer Pumpe wird ein definiertes Luftvolumen durch ein mit Chromosorb 106 gefülltes Adsorptionsröhrchen gesaugt. Anschließend wird das abgeschiedene Acrylnitril thermisch desorbiert. Nach gaschromatographischer Trennung und Aufteilung des Eluates mittels Ausgangsplitters kann das Acrylnitril mit massenselektivem Detektor (MSD) und Flammenionisationsdetektor (FID) bestimmt werden. Dabei ist die Bestimmung mittels MSD dem FID vorzuziehen, da beim MSD ein weitestgehend störungsfreies Messsignal vorliegt. Die Kalibrierung erfolgt mit Hilfe von Prüfgasen oder flüssigdotierten Kalibrierproben nach der Methode des internen Standards.

**Bestimmungsgrenze:** absolut: 0,010 µg  
relativ: 0,0042 mg/m<sup>3</sup> für 2,4 l Probeluftvolumen

**Messbereich:** MSD: von 0,004 mg/m<sup>3</sup> bis 3,1 mg/m<sup>3</sup>

**Selektivität:** Durch den Einsatz eines massenselektiven Detektors hohe Selektivität.

**Vorteile:** Personengetragene und selektive Messungen möglich.

**Nachteile:** Keine Anzeige von Konzentrationsspitzen.

**Apparativer Aufwand:** Pumpe  
Volumenstrommessgerät  
Adsorptionsröhrchen gefüllt mit 300 mg Chromosorb 106  
Thermodesorber, Gaschromatograph mit FID und MSD

# 1 Geräte, Chemikalien und Lösungen

## 1.1 Geräte

Für die Probenahme:

- Probenahmepumpe, geeignet für einen Volumenstrom von 5 – 40 ml/min, z. B. PP1, Fa. Gilian, Bezug über Fa. DEHA Haan & Wittmer, 71296 Heimsheim
- Volumenstrommesser, z. B. Gilibrator, Fa. Gilian
- Adsorptionsröhrchen aus Edelstahl (6,3 mm x 90 mm, 5 mm innerer Durchmesser), gefüllt mit 300 mg Chromosorb 106, das zwischen zwei Metallsieben fixiert ist (z. B. Bestell-Nr. N9307007, Fa. PerkinElmer LAS, 63110 Rodgau). Vor der Benutzung werden die Adsorptionsröhrchen für 10 Minuten im Thermodesorber bei 170 °C ausgeheizt und auf Blindwerte geprüft. Zur Lagerung werden sie mit Swagelok-Kappen verschlossen.
- Verschlusskappen aus Messing für Transport und Lagerung, ¼-Zoll-Swagelok mit PTFE-Dichtungen, z. B. Fa. PerkinElmer LAS, Bestell-Nr. 0990-8851
- Verschlusskappen aus PTFE für die Analyse, z. B. Fa. PerkinElmer LAS, Bestell-Nr. N620-0119
- ¼-Zoll-Swagelok-Verschraubung mit PTFE-Konen zum Verbinden von Adsorptionsröhrchen, Fa. Swagelok, 63477 Maintal-Dörnigheim, Bestell-Nr. SS-400-6

Für die Analyse:

- Kolbenhubpipetten 10 µl, 100 µl und 1000 µl, z. B. Microman, Fa. Gilson International, 65555 Limburg an der Lahn
- Messkolben 50 ml, 100 ml
- Thermodesorber mit Gasdosierschleife (für internen Standard), Gaschromatograph mit Flammenionisationsdetektor (FID) und massenselektivem Detektor (MSD)
- Graphpack-3D/2-Eluatstromteiler, Fa. Gerstel, 45473 Mülheim an der Ruhr, Bestell-Nr. GC08194-40, Teilungsverhältnis: 1:1 (FID/MSD)



*Bei Kalibrierung mit Prüfgasen:*

- dynamische Prüfgasapparatur (siehe Abbildung 1)
- Spritzenpumpe (Diluter/Dispenser), z. B. Microlab M, Fa. Hamilton, Bezug über Fa. DURATEC Analysentechnik GmbH, 68766 Hockenheim

## 1.2 Chemikalien

- Acrylnitril, Reinheit  $\geq 99,9\%$ , z. B. Fa. Merck, 64293 Darmstadt
- Methanol, Reinheit  $\geq 99,9\%$ , z. B. Fa. Merck
- Prüfgas 20 ppm 4-Bromfluorbenzol (BFB) in Stickstoff (interner Standard für MS-Quantifizierung), z. B. Fa. Praxair Deutschland GmbH, 64584 Biebesheim

Gase zum Betrieb des Gaschromatographen:

- Helium, Reinheit 99,996 %
- Wasserstoff, Reinheit 99,999 %
- synthetische Druckluft, kohlenwasserstofffrei, Taupunkt kleiner  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Stickstoff, Reinheit 99,999 %

## 1.3 Lösungen

### 1.3.1 Stammlösung für die Prüfgasherstellung

Lösung von ca. 100 g Acrylnitril/l Methanol

In einem 100-ml-Messkolben werden 12,5 ml Acrylnitril (Dichte 0,8 g/ml) auf 0,1 mg genau eingewogen. Anschließend wird mit Methanol zur Marke aufgefüllt, umgeschüttelt und zur Aufbewahrung in den Kühlschrank gestellt.

Diese Lösung wird zur Herstellung von Prüfgasen verwendet, aus denen Kalibrierstandards entnommen werden.

Die hier verwendete Lösung hat eine Konzentration von 98,964 g/l.

### 1.3.2 Lösungen für die Flüssigdotierung

Stammlösung: Lösung von ca. 15 g Acrylnitril/l Methanol

In einem 50-ml-Messkolben wird ca. 1 ml Acrylnitril auf 0,1 mg genau eingewogen. Anschließend wird mit Methanol zur Marke aufgefüllt, umgeschüttelt und zur Aufbewahrung in den Kühlschrank gestellt.

Die hier verwendete Lösung hat eine Konzentration von 14,778 g/l.

Kalibrierlösungen: Aus dieser Lösung werden zur Herstellung der Kalibrierlösungen in 50-ml-Messkolben, in denen Methanol vorgelegt wurde, Volumina von 5 ml, 500 µl und 50 µl der Stammlösung dosiert und mit Methanol zur Marke aufgefüllt.

**Tabelle 1** Konzentrationen an Acrylnitril in den Kalibrierlösungen in g/l

Kalibrierlösung	I	II	III
Acrylnitril	1,48	0,148	0,0148

Bei +4 °C bis +8 °C gelagert sind die Stammlösung und die Kalibrierlösungen mindestens 4 Wochen haltbar.

## 1.4 Kalibrierstandards

Bei Thermodesorptionsverfahren empfiehlt es sich, mit Prüfgasen zu kalibrieren. Eine Möglichkeit der Prüfgasherstellung ist die kontinuierliche Injektion (siehe Abbildung 1) [1]. Steht eine solche Apparatur nicht zur Verfügung, erfolgt die Herstellung der Kalibrierproben durch Injektion von methanolischen Lösungen auf Adsorptionsröhrchen.

### 1.4.1 Herstellung mittels Prüfgas

Die entsprechende Stammlösung nach Abschnitt 1.3.1 wird in einer dynamischen Prüfgasapparatur mit 20  $\mu\text{l/h}$  in einen mit 400 ml/min fließenden Grundgasstrom kontinuierlich injiziert. Mit einem Verdünnungsgasstrom (hier 4800 ml/min) wird anschließend die gewünschte Konzentration eingestellt. Mit Chromosorb 106 gefüllte Adsorptionsröhrchen werden saugseitig an die Spritzenpumpe angeschlossen und Aliquote im Bereich von 1 ml bis 1000 ml von diesem Kalibriergas darüber gesaugt. Dabei ergeben sich bei einem Gesamtvolumenstrom von 5200 ml/min eine Prüfgaskonzentration von 6,34  $\text{mg/m}^3$  und die in Tabelle 2 aufgeführten resultierenden Kalibriermassen.

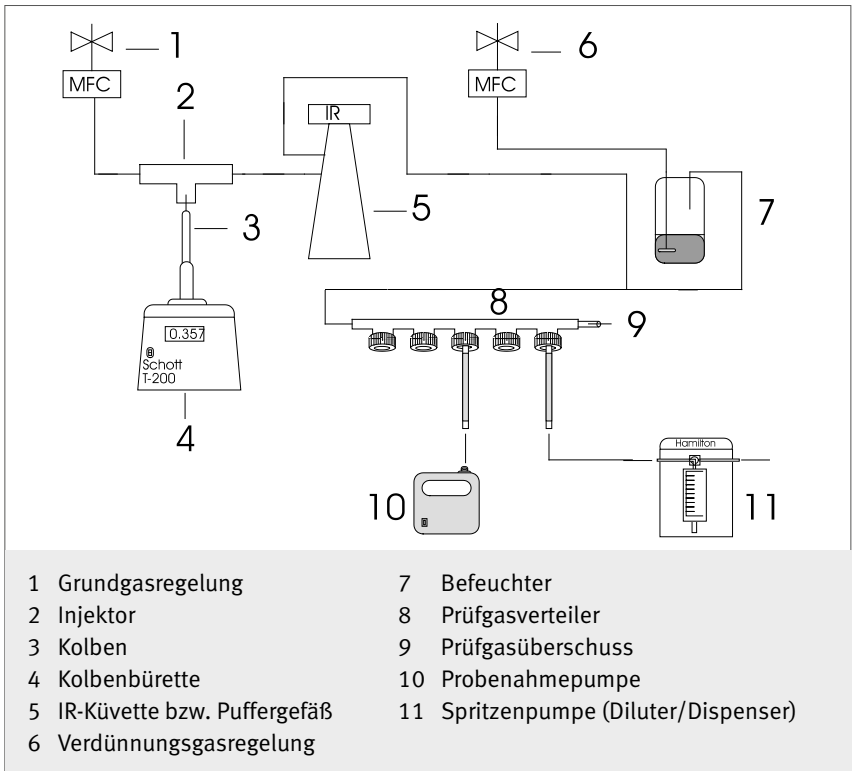


Abb. 1 Dynamische Prüfgasapparatur

**Tabelle 2** Prüfgaskonzentration und Kalibriermassen

Komponente	Acrylnitril	
Konzentration [mg/m <sup>3</sup> ]	6,34	
Probenahmenvolumen [ml]	Masse pro Probe [µg]	Konzentration in der Probe bei V=2,4 l [mg/m <sup>3</sup> ]
1	0,006	0,0025
5	0,032	0,013
10	0,063	0,026
25	0,159	0,06
50	0,317	0,132
100	0,634	0,264
200	1,27	0,529
300	1,90	0,793
400	2,54	1,06
500	3,17	1,32
1000	6,34	2,64

## 1.4.2 Herstellung mittels Flüssigdotierung

Zur Kalibrierung mittels Flüssigdotierung werden Aliquote der Kalibrierlösungen I bis III (siehe Abschnitt 1.3.2) in Probenahmerichtung auf das Sieb im Adsorptionsröhrchen gegeben. Durch das Spülen mit Stickstoff wird Acrylnitril auf das Adsorbens überführt und der Großteil des Lösungsmittels aus dem Röhrchen gespült. Hierzu reicht ein Stickstoffstrom von 30 ml/min über einen Zeitraum von 20 Minuten aus. Es ergeben sich für die dotierten Proben die in Tabelle 3 aufgeführten Kalibriermassen.

**Tabelle 3** Kalibriermassen

Dotiertes Volumen [µl]	Kalibrierlösung	Masse pro Probe [µg]
0,5	III	0,0074
2	III	0,0296
5	III	0,074
10	III	0,148
2	II	0,296
5	II	0,74
10	II	1,48
2	I	2,96
5	I	7,4

Diese Kalibrierproben entsprechen bezogen auf ein Probeluftvolumen von 2,4 l den Konzentrationen wie in Tabelle 4 dargestellt.

**Tabelle 4** Konzentrationen an Acrylnitril in den Kalibrierproben bei Flüssigdotierung in mg/m<sup>3</sup> (bezogen auf ein Probeluftvolumen von 2,4 l)

Dotiertes Volumen [μl]	Kalibrierlösung	Konzentration [mg/m <sup>3</sup> ]
0,5	III	0,0031
2	III	0,0123
5	III	0,0308
10	III	0,062
2	II	0,123
5	II	0,308
10	II	0,617
2	I	1,23
5	I	3,08

## 2 Probenahme

Zur Probenahme werden vorbehandelte Adsorptionsröhrchen eingesetzt (siehe Abschnitt 1.1). Zu Beginn der Probenahme werden die Verschlusskappen entfernt und das Adsorptionsröhrchen mit der Probenahmepumpe verbunden.

Bei einem Volumenstrom von 20 ml/min beträgt die empfohlene Probenahmedauer 120 Minuten, was einem Probeluftvolumen von 2,4 l entspricht.

Die für die Bestimmung der Konzentration wichtigen Parameter (Probeluftvolumen, Temperatur, Luftdruck und relative Luftfeuchte) werden in einem Probenahmeprotokoll vermerkt.

Zur Probenahme werden die Pumpe und das Adsorptionsröhrchen von der Person während der Tätigkeit getragen oder ortsfest verwendet. Nach Beendigung der Probenahme wird das beladene Adsorptionsröhrchen an beiden Enden mit Swagelok-Verschraubungen verschlossen.

Nach der Probenahme ist der Volumenstrom auf Konstanz zu überprüfen. Ist die Abweichung vom eingestellten Volumenstrom größer als 5 %, wird empfohlen, die Probenahme zu wiederholen (siehe hierzu auch DGUV Information 213-500 „Allgemeiner Teil“, Abschnitt 3 [2, 3, 4]).



# 3 Analytische Bestimmung

## 3.1 Thermodesorptionsbedingungen

Die Adsorptionsröhrchen werden mit Desorptionskappen versehen und in den Autosampler gegeben. Vor der Desorption wird der interne Standard mit Hilfe einer Gasdosierschleife auf das bereits belegte Röhrchen dosiert. Danach werden die adsorbierten Komponenten mittels Trägergas in eine mit Tenax TA gepackte Kühlfalle überführt. Nach der Desorption des Adsorptionsröhrchens wird die Kühlfalle erhitzt, sodass das Acrylnitril und der interne Standard auf die Trennsäule gelangen.

Gerät:	Turbomatrix 650 (PerkinElmer LAS)
Desorptionstemperatur:	170 °C
Desorptionszeit:	10 min
Ventiltemperatur:	220 °C
Temperatur der Überführungsleitung:	200 °C
Überführungsleitung:	1,5 m desaktivierte unbelegte Kapillare, ID 0,32 mm
Kühlfalle (Adsorption):	-30 °C
Kühlfalle (Injektion):	280 °C
Kühlfallenfüllung:	20 mg Tenax TA

Heizrate:	40 °C/s
Trägergas:	Helium
Trägergasfluss:	1,7 ml/min
Split (vor der Kühlfalle):	0 ml/min (Input Split)
Fluss über die Kühlfalle:	30 ml/min (Desorb Flow)
Split (nach der Kühlfalle):	10 ml/min (Output Split)
Trockenspülphase:	1 min bei Raumtemperatur mit 50 ml/min
Gasdosierschleife zur Dotierung des internen Standards (20 ppm BFB):	
Volumen:	5 ml
Fülldauer:	2 min
Equilibrierdauer:	2 min
Überspülzeit:	2 min
Spülfluss:	50 ml/min

## 3.2 Chromatographische Arbeitsbedingungen

### GC-Bedingungen

Gerät:	Gaschromatograph Clarus 600 mit Flammenionisationsdetektor (FID) und massenselektivem Detektor (MSD) Clarus 600T, Fa. PerkinElmer LAS
Säule:	Material: Quarzkapillare stationäre Phase: DB-624 (6 % Cyanopropylphenylpolysiloxan und 94 % Dimethylpolysiloxan) Länge: 30 m Innendurchmesser: 0,25 mm Filmdicke: 1,4 µm
Eluatstromteiler:	Graphpack-3D/2-Eluatstromteiler, Bestell-Nr. 08194-40, Fa. Gerstel Teilungsverhältnis: 1:1 (FID/MSD)
Temperaturprogramm:	10 min bei 35 °C, mit 10 °C/min auf 240 °C, 10 min

### FID-Bedingungen

Detektortemperatur:	320 °C
Detektorgase:	Wasserstoff (45 ml/min), synthetische Luft (450 ml/min)

### **MS-Bedingungen**

Temperaturen:	Ionenquelle: 180 °C Transferleitung: 200 °C
Art der Ionisierung:	Elektronenstoß (EI)
Ionisierungsenergie:	70 eV
Massenbereich:	
Interner Standard (BFB):	Fullscan-Messung: 35 – 520 amu (zur Auswertung wird die Summe der Massen 95, 174 und 176 herangezogen)
Acrylnitril:	SIM-Messung: m/z: 53 Dwell time (sec): 0,400 Inter-Channel Delay (sec): 0,005

## 4 Auswertung

### 4.1 Kalibrierung

Die entsprechend Abschnitt 1.4 hergestellten Kalibrierstandards werden wie in Abschnitt 3 beschrieben analysiert.

Bei der Erarbeitung des Verfahrens wurden die MS-Daten bei der Auswertung verwendet.

Zur Bestimmung der Kalibrierfunktion werden die ermittelten Peakflächenverhältnisse des SIM-Signales von Acrylnitril zu der Summe der Fläche der Massen 95, 174 und 176 des Fullscan-Signals von BFB gegen die jeweiligen Belegungsmassen aufgetragen (vergleiche Tabelle 2 bzw. 3).

Die Kalibrierfunktion im untersuchten Konzentrationsbereich ist nicht linear (siehe Abbildung A.1). und sollte in der Routineanalytik regelmäßig überprüft werden. Dazu ist bei jeder Analysenreihe ein separat angesetzter Kontrollstandard mittlerer Konzentration zu analysieren.

### 4.2 Berechnung des Analyseergebnisses

Anhand der erhaltenen Peakflächenverhältnisse wird unter Berücksichtigung der Masse des internen Standards aus der Kalibrierkurve die zugehörige Masse  $m$  in  $\mu\text{g}$  je Probe ermittelt. Die zugehörige Massenkonzentration  $c$  errechnet sich nach folgender Gleichung:

$$c = \frac{m}{V \cdot \eta}$$

Es bedeuten:

$c$  Massenkonzentration an Acrylnitril in der Luft in  $\text{mg}/\text{m}^3$

$m$  Masse Acrylnitril in der Analysenprobe in  $\mu\text{g}$

$V$  Probeluftvolumen in Liter

$\eta$  Wiederfindung (siehe Abschnitt 5.1 und 5.4)

# 5 Beurteilung des Verfahrens

## 5.1 Präzision und Wiederfindung

Die Präzision im Mindestmessbereich nach DIN EN 482 [5] sowie die Wiederfindung wurden für 4 Konzentrationen (siehe Tabelle 5) bestimmt. Dazu wurden die unter Abschnitt 1.3.2 hergestellten Lösungen verwendet.

Mit den Kalibrierlösungen wurden jeweils 6 Proben flüssig dotiert und anschließend 2,4 l saubere Luft mit einer relativen Luftfeuchte von 50 – 60% durch die Röhrchen gesaugt. Die Aufarbeitung und analytische Bestimmung erfolgten wie in Abschnitt 3 beschrieben.

**Tabelle 5** Präzision und Wiederfindung

Acrylnitril-Masse [µg]	Acrylnitril-Konzentration* [mg/m³]	relative Standard-abweichung [%]	Wiederfindung [%]
0,0296	0,0123	7,8	99
0,148	0,0617	2,5	115
0,739	0,308	2,7	97
5,91	2,46	0,6	106

\* bezogen auf ein Probeluftvolumen von 2,4 l

Die mittlere Wiederfindung beträgt 104 %.

## 5.2 Durchbruchsvolumen

Es wurden zwei Adsorptionsröhrchen mit Hilfe einer ¼-Zoll-Swagelok-Verschraubung verbunden, das zweite Röhrchen diente als Kontrollschicht. Nach Dotierung mit 5 µl der Kalibrierlösung I (entsprechend 7,4 µg Acrylnitril) wurden 4 l Raumluft über die Röhrchenkombination gesaugt. Bei der anschließenden analytischen Auswertung konnte auf dem Kontrollröhrchen weniger als 1 % der dotierten Masse an Acrylnitril nachgewiesen werden.

## 5.3 Bestimmungsgrenze

Die Bestimmungsgrenze wurde nach DIN 32645 [6] nach der Kalibriergeradenmethode mit 10 Kalibrierstandards im unteren Konzentrationsbereich ermittelt.

**Tabelle 6** Bestimmungsgrenze nach der Kalibriergeradenmethode (P=95 % und k=3)

Massenbereich [µg] von – bis	Bestimmungsgrenzen	
	absolut [µg]	relativ* [mg/m³]
0,0031 – 0,031	0,010	0,0042

\* bezogen auf ein Probeluftvolumen von 2,4 l

## 5.4 Lagerfähigkeit

Die Ermittlung der Lagerfähigkeit erfolgte mit jeweils sechs beaufschlagten Probenträgern. Dazu wurden 3,5 µl der Lösung II (0,518 µg Acrylnitril), entsprechend 0,216 mg/m<sup>3</sup>, bei 2,4 l Luftvolumen und 3 µl der Lösung I (4,44 µg Acrylnitril), entsprechend 1,85 mg/m<sup>3</sup>, verwendet. Nach Dotierung der Lösungen wurden jeweils 2,4 l Laborluft (22 °C, 30 – 55 % relative Feuchte) darüber gesaugt. Die Röhrchen wurden bei Raumtemperatur gelagert und waren mit Swagelok-Kappen verschlossen. Die Untersuchungen wurden über Zeiträume von 1, 2 und 4 Wochen mit jeweils 6 Proben je Versuchsreihe durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 7 aufgeführt.

**Tabelle 7** Lagerfähigkeit

Lagerdauer [Wochen]	Masse [µg]	Konzentration* [mg/m <sup>3</sup> ]	Wiederfindung (n = 6)	mittlere Wiederfindung
1	0,410	0,171	0,79	0,90
1	4,35	1,81	0,98	
2	0,474	0,198	0,92	
2	4,23	1,76	0,95	
4	0,433	0,180	0,84	
4	3,90	1,63	0,90	

\* bezogen auf ein Probeluftvolumen von 2,4 l

Nach den Ergebnissen der Lagerversuche sollten die Analysen der Proben schnellstmöglich nach der Probenahme erfolgen.



## 5.5 Selektivität

Die Selektivität hängt vor allem von der verwendeten Trennsäule ab. In der Praxis hat sich die angegebene Trennsäule bewährt. Die Bestimmung kann durch Substanzen gleicher Retentionszeit gestört werden. Durch Verwendung eines Massenspektrometers werden Störungen weitestgehend eliminiert.

## 5.6 Messunsicherheit

Die erweiterte Messunsicherheit wurde unter Berücksichtigung aller relevanten Einflussgrößen ermittelt [7]. Die Ergebnisunsicherheit des Gesamtverfahrens und damit auch des Analysenergebnisses setzt sich im Wesentlichen zusammen aus den Unsicherheitsbeträgen bei der Probenahme (z. B. Probeluftvolumen) und der analytischen Bearbeitung (vollständige Desorption, Streuung der Kalibrierfunktion, Schwankung der Wiederfindungen und der Reproduzierbarkeiten). Die erweiterten Messunsicherheiten betragen über den gesamten Messbereich 26 bis 26,6 % (siehe Tabelle 8).

**Tabelle 8** Erweiterte Messunsicherheiten

Acrylnitril-Konzentration [mg/m <sup>3</sup> ]	0,0123	0,308	2,46
Erweiterte Messunsicherheit [%]	26,5	26,0	26,6

## 5.7 Bemerkungen

Bei der Analyse und Auswertung der Proben kann sowohl der massenselektive Detektor (MSD) als auch der Flammenionisationsdetektor (FID) verwendet werden. Die in dieser Methodenbeschreibung erarbeiteten Kenndaten wurden durch Auswertung des MSD-Signales erhalten.

Ist mit höheren Konzentrationen als  $3 \text{ mg/m}^3$  zu rechnen, kann entweder die Probenahmedauer verkürzt oder der Volumenstrom verringert werden.

Bei der Detektion mittels FID ist der Messbereich unter den gewählten Bedingungen auf ca.  $3 \text{ } \mu\text{g}$  Acrylnitril nach oben begrenzt. Daraus ergibt sich ein Messbereich bezogen auf  $2,4 \text{ l}$  Probeluftvolumen von  $0,004 \text{ mg/m}^3$  bis  $1,1 \text{ mg/m}^3$ .

Die Kalibrierfunktion ist sowohl am FID als auch am MSD nicht linear, sondern leicht gekrümmt. Deswegen wird empfohlen, bei der Auswertung der Messsignale Kalibrierpunkte zu verwenden, die im ähnlichen Signalbereich liegen.

## 6 Literatur

- [1] DIN EN ISO 6145-4:2008-11  
Gasanalyse – Herstellung von Kalibrier gasgemischen mit Hilfe von dynamisch-volumetrischen Verfahren – Teil 4: Kontinuierliches Spritzen-Injektionsverfahren (ISO 6145-4:2004); Deutsche Fassung EN ISO 6145-4:2008  
Beuth Verlag, Berlin 2008
  
- [2] DGUV-Information 213-500  
Allgemeiner Teil  
DGUV, Berlin 2015
  
- [3] DIN EN ISO 13137:2014-03  
Arbeitsplatzatmosphäre – Pumpen für die personenbezogene Probenahme von chemischen und biologischen Arbeitsstoffen – Anforderungen und Prüfverfahren (ISO 13137:2013); Deutsche Fassung EN ISO 13137:2013  
Beuth Verlag, Berlin 2013
  
- [4] DIN EN ISO 16017-1:2001-10  
Innenraumluf t, Außenluft und Luft am Arbeitsplatz – Probenahme und Analyse flüchtiger organischer Verbindungen durch Sorptionsröhrchen/thermische Desorption/Kapillar-Gaschromatographie – Teil 1: Probenahme mit einer Pumpe (ISO 16017-1:2000); Deutsche Fassung EN ISO 16017-1:2000  
Beuth Verlag, Berlin 2001
  
- [5] DIN EN 482:2015-12  
Exposition am Arbeitsplatz – Allgemeine Anforderungen an die Leistungsfähigkeit von Verfahren zur Messung chemischer Arbeitsstoffe; Deutsche Fassung EN 482:2012+A1:2015  
Beuth Verlag, Berlin 2015

- [6] DIN 32645:2008-11  
Chemische Analytik – Nachweis-, Erfassungs- und Bestimmungsgrenze unter Wiederholbedingungen – Begriffe, Verfahren, Auswertung  
Beuth Verlag, Berlin 2008
- [7] Institut für Arbeitsschutz (IFA) der DGUV  
Berechnung der erweiterten Messunsicherheit nach IFA  
unter: <https://dguv.de/ifa/praxishilfen/praxishilfen-gefahrstoffe/software-berechnung-der-erweiterten-messunsicherheit-nach-ifa/index.jsp>  
(Link vom Januar 2021, [https://dguv.de/medien/ifa/de/pra/gefahrstoffe/gase-und-daempfe\\_-6.xlsm](https://dguv.de/medien/ifa/de/pra/gefahrstoffe/gase-und-daempfe_-6.xlsm))

*Eingereicht durch Michael Tschickardt, Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz, Mainz.*

*Erarbeitet und verabschiedet durch die AG Analytik im Sachgebiet „Gefahrstoffe“ des Fachbereichs „Rohstoffe und chemische Industrie“ der DGUV.*

# Anhang

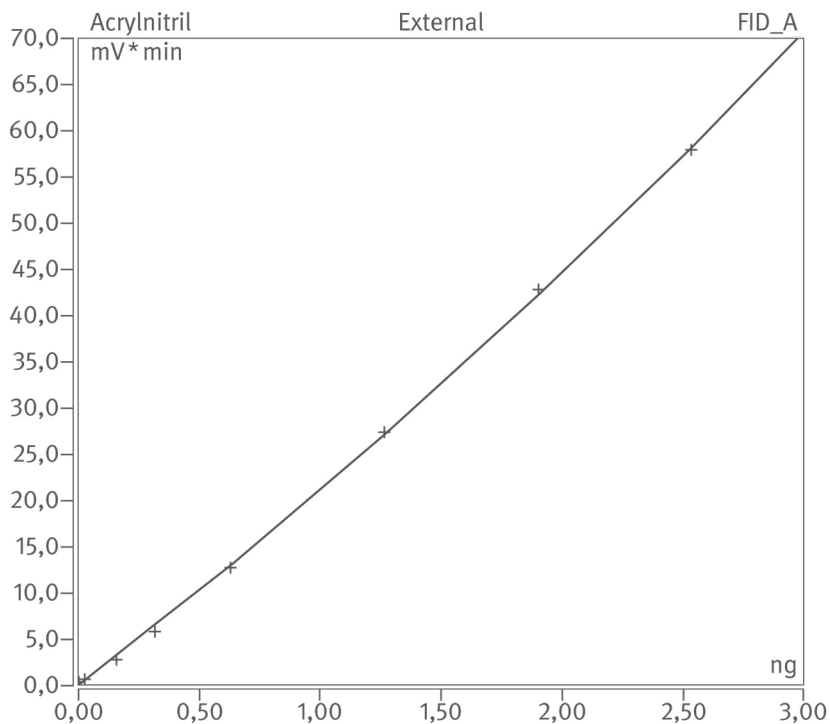


Abb. A.1. Kalibrierfunktion des MSD-Signals (SIM  $m/z=53$ ; Curve Fit quadratisch)



## Verfahren 03

Probenahme mit Pumpe und Absorption an Aktivkohle,  
Gaschromatographie nach Elution

Erprobtes und von den Unfallversicherungsträgern anerkanntes Messverfahren zur Bestimmung von Acrylnitril in Arbeitsbereichen.

Für folgenden Stoff ist das Verfahren validiert:

IUPAC-Name: Acrylnitril

Synonyme: Acrylsaurenitril

CAS-Nr.: 107-13-1

Summenformel:  $C_3H_3N$

Molmasse: 53,06 g/mol

Es sind personengetragene und ortsfeste Probenahmen für Messungen zur Beurteilung von Arbeitsbereichen möglich.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Kurzfassung</b> .....	<b>33</b>
<b>1 Geräte, Chemikalien und Lösungen</b> .....	<b>34</b>
1.1 Geräte.....	34
1.2 Chemikalien und Lösungen.....	35
<b>2 Probenahme</b> .....	<b>37</b>
<b>3 Analytische Bestimmung</b> .....	<b>38</b>
3.1 Probenaufbereitung und Analyse.....	38
3.2 Gaschromatographische Arbeitsbedingungen.....	38
<b>4 Auswertung</b> .....	<b>40</b>
4.1 Kalibrierung.....	40
4.2 Berechnung des Analysenergebnisses.....	40
<b>5 Beurteilung des Verfahrens</b> .....	<b>42</b>
5.1 Präzision und Wiederfindungsrate.....	42
5.2 Bestimmungsgrenze.....	43
5.3 Selektivität.....	43
<b>6 Bemerkungen</b> .....	<b>44</b>
<b>7 Literatur</b> .....	<b>45</b>



# Kurzfassung

Mit diesem Verfahren wird die über die Probenahmedauer gemittelte Konzentration von Acrylnitril im Arbeitsbereich personengetragen oder ortsfest bestimmt.

**Messprinzip:** Mit Hilfe einer Pumpe wird ein definiertes Luftvolumen durch ein Aktivkohleröhrchen gesaugt. Das adsorbierte Acrylnitril wird mit einem Gemisch aus Schwefelkohlenstoff und 1-Propanol (95+5 v/v) desorbiert und gaschromatographisch bestimmt.

## Technische Daten

**Bestimmungsgrenze:** absolut: 3 ng Acrylnitril  
relativ: 0,6 mg/m<sup>3</sup> an Acrylnitril für 10 l Probeluft, 4 ml Desorptionslösung und 2 µl Injektionsvolumen.

**Selektivität:** Infolge von Störkomponenten zu hohe Werte möglich; Störeinflüsse im Allgemeinen durch Wahl einer Säule mit anderer Trenncharakteristik eliminierbar.

**Vorteile:** Personengetragene und selektive Messungen möglich.

**Nachteile:** Keine Anzeige von Konzentrationsspitzen.

**Apparativer Aufwand:** Pumpe  
Gasmengenzähler oder Volumenstromanzeiger  
Aktivkohleröhrchen  
Gaschromatograph mit Flammenionisationsdetektor

# 1 Geräte, Chemikalien und Lösungen

## 1.1 Geräte

Für die Probenahme:

- Pumpe, geeignet für einen Volumenstrom von 40 ml/min, z. B. PP1, Fa. Gilian, Bezug z. B. über Fa. DEHA Haan & Wittmer, 71288 Frielzheim
- Seifenblasenströmungsmesser, z. B. Gilibrator, Fa. Gilian
- Adsorptionsröhrchen mit Aktivkohle (standardisiert, bestehend aus zwei durch Glaswatte getrennte Aktivkohleschichten von ca. 400 mg Sammelschicht und 200 mg Kontrollschicht), z. B. Fa. SKC, Kat. Nr. 226-09, Bezug z. B. über Fa. Analyt-MTC, 79379 Müllheim

Für die Probenaufbereitung und Analyse:

- Messkolben 10 ml, 250 ml
- 10-ml-Probengefäße mit Verschlusskappen mit PTFE-kaschiertem Septum und dazugehöriger Verschlusszange
- Mikroliterspritzen 10 µl, 25 µl und 50 µl
- variable Verdrängerpipette, z. B. Multipette pro, Fa. Eppendorf, 22366 Hamburg
- Autosampler-Gläschen mit Verschlusskappen
- Gaschromatograph mit Flammenionisationsdetektor
- Kapillarteiler
- Flachbettschüttler

## 1.2 Chemikalien und Lösungen

Chemikalien:

- Acrylnitril 99 %, z. B. Fa. Sigma-Aldrich, 82018 Taufkirchen
- Hexan 99 %, z. B. Fa. Sigma-Aldrich
- *n*-Tetradecan 99 % (interner Standard), z. B. Fa. Sigma-Aldrich
- Schwefelkohlenstoff, z. B. Instra-analysed for the determination of volatile organic compounds, Fa. J. T. Baker, 64506 Gross-Gerau
- 1-Propanol für die HPLC, z. B. Fa. Promochem, 46469 Wesel

Desorptionsmittel: Gemisch aus Schwefelkohlenstoff/1-Propanol (95+5 v/v)

Desorptionslösung: Lösung von 15,26 µg *n*-Tetradecan/ml Desorptionsmittel

In einen 250-ml-Messkolben, der fast vollständig mit Desorptionsmittel gefüllt ist, werden 5 µl *n*-Tetradecan (Dichte 0,763 g/ml) pipettiert, mit Desorptionsmittel bis zur Marke aufgefüllt und umgeschüttelt.

Stammlösung: Lösung von 3,21 mg/ml an Acrylnitril in Desorptionsmittel

In einen 10-ml-Messkolben, in den einige Milliliter Desorptionsmittel vorgelegt wurden, werden 40 µl Acrylnitril (Dichte 0,811 g/ml) pipettiert. Der Messkolben wird anschließend mit Desorptionsmittel bis zur Marke aufgefüllt, verschlossen und umgeschüttelt.

Kalibrierlösungen: Lösungen von 1,61 µg/ml, 8,03 µg/ml, 16,06 µg/ml, 24,09 µg/ml, 32,12 µg/ml und 40,14 µg/ml an Acrylnitril in der Desorptionslösung

In 10-ml-Messkolben, in die jeweils einige Milliliter Desorptionslösung vorgelegt wurden, werden 5 µl, 25 µl, 50 µl, 75 µl, 100 µl und 125 µl der Stammlösung pipettiert und mit Desorptionslösung bis zur Marke aufgefüllt. Vier Milliliter dieser Lösungen werden in 10-ml-Probengefäße, in die jeweils der Inhalt eines Aktivkohleröhrchens vorgelegt wurde, pipettiert. Die Gefäße werden verschlossen und 20 Minuten auf dem Flachbettschüttler behandelt. Anschließend wird ein Aliquot der überstehenden Lösung in ein Autosampler-Gläschen überführt.

Mit diesen Lösungen wird bezüglich eines Probeluftvolumens von 10 l ein Konzentrationsbereich von ca. 0,6 mg/m<sup>3</sup> bis 16,1 mg/m<sup>3</sup> an Acrylnitril in der Luft abgedeckt.

Gase zum Betrieb des Gaschromatographen:

- Helium, Reinheit: 99,999 %
- Wasserstoff, Reinheit: 99,999 %
- synthetische Luft, kohlenwasserstofffrei
- Stickstoff, Reinheit: 99,999 %

## 2 Probenahme

Ein Adsorptionsröhrchen wird geöffnet und so mit der Pumpe verbunden, dass die Sammelschicht zuerst beaufschlagt wird. Der Volumenstrom wird auf 40 ml/min eingestellt und nach der Probenahme auf Konstanz überprüft (siehe hierzu DGUV Information 213-500 „Allgemeiner Teil“, Abschnitt 3). Bei einer Probenahmedauer von vier Stunden entspricht dies einem Probeluftvolumen von ca. 10 l. Pumpe und Röhrchen werden von einer Person während der Arbeitszeit getragen oder ortsfest verwendet. Nach Beendigung der Probenahme wird das Röhrchen mit den mitgelieferten Kappen dicht verschlossen.

Unveränderter Nachdruck  
Messverfahren eingeschränkt geeignet

## 3 Analytische Bestimmung

### 3.1 Probenaufbereitung und Analyse

Der Inhalt des beladenen Aktivkohleröhrchens wird in ein 10-ml- Probengefäß überführt. Nach Zusatz von 4 ml Desorptionslösung wird das Gefäß schnell verschlossen und 20 Minuten auf dem Flachbettschüttler behandelt. Anschließend wird die überstehende Lösung (Probelösung) abpipetiert und ein Teil in ein Autosamplergläschen überführt.

Um sicherzustellen, dass die verwendete Desorptionslösung und die Aktivkohle keine störenden Verunreinigungen enthalten, wird die Füllung eines unbeladenen Aktivkohleröhrchens mit 4 ml Desorptionslösung desorbiert und 2 µl in den Gaschromatographen eingespritzt (Leerwert).

Die quantitative Auswertung der Chromatogramme erfolgt nach der Methode des internen Standards.

### 3.2 Gaschromatographische Arbeitsbedingungen

Die in Abschnitt 5 angegebenen Verfahrenskenngrößen wurden unter folgenden Gerätebedingungen erarbeitet:

Gerät:	Gaschromatograph Agilent 6890 mit Flammenionisationsdetektoren und Split-/Split- less-Injektor und Kapillarteiler nach dem Injektor
Trennsäulen:	Fused Silica-Kapillaren, Doppelkapillartechnik  stationäre Phase DB-WAX, Länge 30 m, Innendurch- messer 0,25 mm, Filmdicke 0,5 µm, z. B. Fa. Restek, 61348 Bad Homburg

	stationäre Phase DB-1, Länge 30 m, Innendurchmesser 0,25 mm, Filmdicke 1,0 µm, z. B. Fa. Restek
Temperaturen:	Ofen: Anfangstemperatur: 45 °C, 3 min isotherm Heizrate 1: 2 °C/min bis 65 °C Heizrate 2: 22 °C/min bis zur Endtemperatur  Endtemperatur: 220 °C, 5 min isotherm Injektor: 200 °C Detektor: 250 °C
Injektionsart:	Split 1:15
Trärgas:	Helium (Vordruck ca. 135 kPa)
Detektorgase:	Wasserstoff, ca. 40 ml/min, synthetische Luft, ca. 450 ml/min, Stickstoff (Make-up-Gas), ca. 35 ml/min
Injektionsvolumen:	2 µl

## 4 Auswertung

### 4.1 Kalibrierung

Von den unter Abschnitt 1.2 beispielhaft beschriebenen Kalibrierlösungen werden jeweils 2 µl in den Gaschromatographen eingespritzt.

Durch Auftragen der ermittelten Peakflächenverhältnisse von Acrylnitril und *n*-Tetradecan als internem Standard über die in den jeweiligen Kalibrierlösungen enthaltenen Konzentrationsverhältnisse von Acrylnitril und *n*-Tetradecan wird die Kalibrierkurve erstellt. Sie verläuft unter den angegebenen Bedingungen linear.

### 4.2 Berechnung des Analysenergebnisses

Für jede Kapillare werden die Peakflächen von Acrylnitril und *n*-Tetradecan ermittelt, der Quotient gebildet und aus der Kalibrierkurve der zugehörige Wert für die Masse in der Probe in µg entnommen. Für die weitere Berechnung wird bei einer Abweichung kleiner 10 % der auf beiden Trennkapillaren erhaltenen Ergebnisse der Mittelwert, bei einer größeren Abweichung der kleinere Messwert verwendet (siehe auch Abschnitt 5.3).

Die Berechnung der Massenkonzentration von Acrylnitril in der Probeluft in mg/m<sup>3</sup> erfolgt nach Formel (1).

$$(1) \quad c_m = \frac{m}{V \cdot \eta}$$



Für die Berechnung der Volumenkonzentration  $c_v$  in  $\text{ml}/\text{m}^3$  aus  $c_m$  gilt, bezogen auf  $20\text{ }^\circ\text{C}$  und  $1013\text{ hPa}$  (Formel (2)):

$$(2) c_v = 0,45 \cdot c_m$$

Es bedeuten:

$c_m$	Massenkonzentration von Acrylnitril in der Probeluft in $\text{mg}/\text{m}^3$
$c_v$	Volumenkonzentration von Acrylnitril in der Probeluft in $\text{ml}/\text{m}^3$ (ppm)
$m$	die aus der entsprechenden Kalibrierkurve ermittelte Masse von Acrylnitril in der Probelösung in $\mu\text{g}$
$V$	Probeluftvolumen in l
$\eta$	Wiederfindungsrate

# 5 Beurteilung des Verfahrens

## 5.1 Präzision und Wiederfindungsrate

Um die relative Standardabweichung des Verfahrens ermitteln zu können, wurde folgende Dotierlösung hergestellt:

**Dotierlösung:** In einen 5-ml-Messkolben wurden 15 µl Acrylnitril in eine Vorlage aus ca. 4 ml Hexan dosiert. Der Kolben wurde mit Hexan bis zur Marke aufgefüllt.

Die Lösung enthielt 12,17 mg Acrylnitril in 10 ml Hexan.

3 µl, 30 µl und 60 µl wurden jeweils auf die Watte vor der Aktivkohlefüllung des Adsorptionsröhrchen dotiert. Anschließend wurde vier Stunden lang Laborluft (30 % – 50 % relative Luftfeuchte) mit einem Volumenstrom von 40 ml/min durch das jeweilige Röhrchen gesaugt. Nach Desorption wurden die erhaltenen Lösungen in den Gaschromatographen injiziert. Mit dieser Verfahrensweise wurden Luftkonzentrationen abgedeckt, wie sie in der folgenden Tabelle angegeben sind.

Bei sechsfacher Durchführung des beschriebenen Verfahrens ergaben sich für Acrylnitril die im Folgenden angegebenen relativen Standardabweichungen und Wiederfindungsraten:

Konzentration [mg/m³]	relative Standardabweichung [%]	Wiederfindungs- rate
0,73	0,9	0,97
7,3	1,7	0,99
14,6	1,8	0,96

Hieraus errechnet sich eine mittlere Wiederfindungsrate von 0,97.

## 5.2 Bestimmungsgrenze

Die Bestimmungsgrenze wurde in Anlehnung an die in der DIN EN 32645 [1] beschriebene Schnellschätzung der Bestimmungsgrenze nach der Leerwertmethode ermittelt. Die für die Berechnung benötigte Standardabweichung wurde durch sechsmalige Injektion einer Lösung von Acrylnitril mit einer Konzentration von ca. 0,8 mg/l (entsprechend 0,3 g/m<sup>3</sup> für 10 l Probeluftvolumen) ermittelt.

Die absolute Bestimmungsgrenze liegt bei 3 ng. Dies entspricht bei einem Probeluftvolumen von 10 l, einem Desorptionsmittelvolumen von 4 ml und einem Injektionsvolumen von 2 µl einer relativen Bestimmungsgrenze von 0,6 mg/m<sup>3</sup>.

## 5.3 Selektivität

Die Selektivität des Verfahrens hängt vor allem von der Art der verwendeten Trennsäule ab. In der Praxis haben sich die angegebenen Trennsäulen bewährt. Das Vorliegen von Störkomponenten wird durch den Vergleich der Ergebnisse der beiden Kapillaren unterschiedlicher Trenncharakteristik erkannt. Bei einer Abweichung > 10 % wird empfohlen, das niedrigere Ergebnis zu berücksichtigen (unter der Annahme, dass das höhere Ergebnis durch die Überlagerung mit einer Störkomponente zustande kam).

## 6 Bemerkungen

Die beaufschlagten Röhrchen können ohne Verlust von adsorbiertem Acrylnitril vierzehn Tage bei Raumtemperatur gelagert werden.

Die Desorption der Aktivkohleröhrchen mit dem verwendeten Desorptionsmittel erfolgt nicht quantitativ und ist abhängig von der auf der Aktivkohle abgeschiedenen Masse von Acrylnitril. Weiterhin ist der Desorptionsgrad abhängig von der verwendeten Aktivkohle. Aus diesem Grund empfiehlt es sich, analog dem beschriebenen Verfahren die Kalibrierung mit Lösungen durchzuführen, in denen sich jeweils die Füllung eines Adsorptionsröhrchens der für die Probenahme verwendeten Aktivkohlecharge befindet.

Bei der Abwesenheit von Störkomponenten kann auf die Verwendung der Doppelkapillartechnik verzichtet werden.

## 7 Literatur

- [1] DIN EN 32645:1994-05  
Chemische Analytik – Nachweis-, Erfassungs- und Bestimmungsgrenze  
Beuth Verlag, Berlin, 1994

Unveränderter Nachdruck  
Messverfahren eingeschränkt geeignet

Eingereicht durch Wilhelm Krämer, BASF SE, Ludwigshafen.

Erarbeitet und verabschiedet durch die AG Analytik im Sachgebiet „Gefahrstoffe“  
des Fachbereichs „Rohstoffe und chemische Industrie“ der DGUV.

**Deutsche Gesetzliche  
Unfallversicherung e.V. (DGUV)**

Glinkastraße 40

10117 Berlin

Telefon: 030 13001-0 (Zentrale)

Fax: 030 13001-9876

E-Mail: [info@dguv.de](mailto:info@dguv.de)

Internet: [www.dguv.de](http://www.dguv.de)