

# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Aufgabenstellung	1
2	Allgemeine Aspekte der Bestimmung von Gefahrstoffen in Luft	3
2.1	Anforderungen an die Verwendung von Gefahrstoffen	3
2.1.1	Definition des Begriffs »Gefahrstoff«	3
2.1.2	Schutzverpflichtung	3
2.1.3	Maximale Arbeitsplatzkonzentration	5
2.1.3.1	Begründung des MAK-Wertes für Toluol	7
2.1.3.2	Begründung des MAK-Wertes für Xylol	8
2.1.4	Technische Richtkonzentration	9
2.1.4.1	Begründung des TRK-Wertes für Benzol	9
2.1.5	Biologischer Arbeitsstofftoleranzwert	11
2.1.6	Auslöseschwelle	12
2.2	Bestimmungsverfahren für Stoffe in Luft	13
2.2.1	Farbindikatorröhrchen	13
2.2.2	Luftprobenahme	15
2.2.2.1	Direkte Luftprobenahme	15
2.2.2.2	Ausfrieren der Proben bei tiefen Temperaturen	15
2.2.2.3	Absorption	16
2.2.2.4	Adsorption	17
2.2.2.4.1	Definition der Begriffe	17
2.2.2.4.2	Theorie der Adsorption	18
2.2.2.4.3	Adsorptionsgleichgewicht	19
2.2.2.4.4	Adsorbentien zur Luftprobenahme	24
2.2.3	Probenaufbereitung	27
2.2.3.1	Desorption	27
2.2.3.2	Reinigung und Aufkonzentrierung	28

2.2.4	Analyse und Kalibrierung	29
2.2.4.1	Prüfgasherstellung	29
2.2.5	Analysenauswertung	33
2.2.5.1	Richtigkeit	33
2.2.5.2	Genauigkeit	34
3	Vereinfachte Kalibrierung von Verfahren zur Gefahrstoffbestimmung durch die Bereitstellung von kontrolliert beladenen Adsorbentien	35
3.1	Konzept der gleichzeitigen Beladung von Aktivkohleröhrchen mit Benzol-, Toluol- und m-Xylolprüfgasen	37
3.2	Prüfgasgenerator zur Erzeugung von Dreikomponentenprüfgasen nach dem Prinzip des Sättigungsdampfdrucks	38
3.3	Näherungsweise Bestimmung der Prüfgaskonzentrationen über die Arbeitsstoffdampfdrücke	39
3.3.1	Näherungsweise Bestimmung der Benzolkonzentration im Prüf- Prüfgas über den Dampfdruck	40
3.3.2	Näherungsweise Bestimmung der Toluolkonzentration im Prüf- Prüfgas über den Dampfdruck	41
3.3.3	Näherungsweise Bestimmung der m-Xylolkonzentration im Prüfgas über den Dampfdruck	42
3.4	Genauere Bestimmung der Prüfgaskonzentrationen durch Aus- wiegen beladener Adsorbentien	43
3.4.1	Konditionierung von Adsorptionsröhrchen für die gravimetrische Bestimmung einer Prüfgaskonzentration	44
3.4.2	Gravimetrische Bestimmung des gesättigten Benzolprüfgases	45
3.4.3	Gravimetrische Bestimmung der Konzentration des gesättig- ten Toluolprüfgases	46

3.4.4	Gravimtrische Bestimmung der Konzentration des gesättigten m-Xylolprüfgases	47
3.5	Herstellung stark verdünnter Mehrkomponentenprüfgase	48
3.6	Untersuchungen zur Konstanz des Dreikomponentenprüfgases	50
3.7	Linearität von Peakflächen und Prüfgaskonzentrationen bei Injektion mit einer Gasdosierschleife	53
3.8	Bestimmung der anlagenspezifischen Kalibrierungsfaktoren im niedrigen Konzentrationsbereich	56
3.9	Kontrollierte Beladung von Aktivkohleröhrchen mit Dreikomponentenprüfgas	58
3.10	Quantitative Analyse von mit Benzol, Toluol und m-Xylol beladenen Aktivkohleröhrchen	60
3.10.1	Herstellung von 200 ml Standardlösung zur Kalibrierung des Headspace-Gaschromatographen	61
3.10.2	Homogenitätskontrolle an 30 zufällig ausgewählten Adsorptionsröhrchen nach der Beladung	61
3.10.3	Stabilitätstest für unterschiedliche Lagerung der Adsorptionsröhrchen	64
3.10.4	Stabilitätstest nach 30 Tagen	65
3.10.5	Beurteilung der Stabilität nach 30 Tagen	68
4	Erzeugung von Prüfgasen verschiedener Konzentrationsverhältnisse von zwei Arbeitsstoffen aus Gemischen am Beispiel von Methanol und Toluol	71
4.1	Näherungsweise Bestimmung der Toluolkonzentration über den Dampfdruck	74
4.2	Näherungsbestimmung der Methanolkonzentration über den Dampfdruck	74
4.3	Linearität der Bestimmung für Toluol- und Methanolprüfgas	75

4.4	Bestimmung der Prüfgaskonzentrationen für verschiedene Mischungsverhältnisse von Toluol und Methanol in der Lösung	77
4.5	Quantitative Überprüfung von Zweikomponentenprüfgasen mit Hilfe der Headspace-Gaschromatographie	86
4.6	Konstanz der Konzentrationen bei Zweikomponentenprüfgasen aus Gemischen	87
4.7	Diskussion der Untersuchungsergebnisse	91
5	Quantitative Bestimmung von aromatischen und aliphatischen Aminen in Raumluft mit chemisch modifizierten Kieselgelen	93
5.1	Auswahl der Indikatorphase	93
5.2	Darstellung der Indikatorphase	93
5.3	Herstellung der Prüfröhrchen mit Farbreaktionsphase	96
5.4	Herstellung von Aminprüfgasen	96
5.5	Kalibrierung der Indikatorröhrchen mit Diethylamin	97
5.5.1	Näherungsbestimmung der Konzentration von Diethylamin im Prüfgas	99
5.5.2	Probenahmebedingungen für die Bestimmung der Diethylamin-konzentration mit Farbreaktionsröhrchen	100
5.5.3	Quantitative Bestimmung der Diethylaminkonzentration in Luft	100
5.6	Luftprobenahme und Analysenauswertung am Beispiel Anilin	103
5.6.1	Probenahmebedingungen	103
5.6.2	Kalibrierung der quantitativen Anilinbestimmung in Raumluft	104
5.6.3	Näherungsbestimmung der Anilinprüfgaskonzentration über den Dampfdruck	104
5.7	Luftprobenahme und Analysenauswertung am Beispiel von 4-Toluidin	107
5.7.1	Probenahmebedingungen	
5.7.2	Kalibrierung der quantitativen Bestimmung von 4-Toluidin	107

5.7.3	Prüfgasherstellung für 4-Toluidin	108
5.7.4	Anpassung der Probenahmebedingungen für 4-Toluidin	110
5.7.5	Kalibrierung der Farbreaktionsröhrchen für 4-Toluidin bei Sammelraten von 100 Millilitern pro Minute	110
5.7.6	Zusammenfassung der Ergebnisse für 4-Toluidin	112
5.8	Luftprobenahme und Analysenauswertung am Beispiel Butylamin	112
5.8.1	Probenahmebedingungen	112
5.8.2	Herstellung des Butylaminprüfgases	113
5.8.3	Beladung und Kalibrierung der Farbreaktionsröhrchen mit Butylaminprüfgas	113
5.8.3	Kalibrierung der quantitativen Analyse von Butylamin bei er- höhtem Probenvolumen	115
6	Automatisches Luftprobenahmesystem für Brandgase	117
6.1	Konzept des automatischen Luftprobenehmers	117
6.1.1	Probenahmekopf	118
6.1.2	Pumpe	120
6.1.3	Volumeter	121
6.1.4	Prinzip des Membranvolumeters	123
6.1.5	Steuerelektronik	124
6.2	Analysen der automatisch genommenen Luftproben	127
6.2.1	Thermodesorption von Tenax zum Screening unbekannter Luftinhaltsstoffe	127
7	Zusammenfassung und Ausblick	129
8	Literaturverzeichnis	132
9	Anhang	141
10	Sachwortverzeichnis	150