

# Anhang

## Einheiten in der Chemie

1. Präfixe für dezimale Vielfache bzw. Bruchteile von Einheiten:

|        |            |        |               |        |                     |
|--------|------------|--------|---------------|--------|---------------------|
| Mega-  | (M) $10^6$ | Dezi-  | (d) $10^{-1}$ | Mikro- | ( $\mu$ ) $10^{-6}$ |
| Kilo-  | (k) $10^3$ | Zenti- | (c) $10^{-2}$ | Nano-  | (n) $10^{-9}$       |
| Hekto- | (h) $10^2$ | Milli- | (m) $10^{-3}$ | Piko-  | (p) $10^{-12}$      |

2. Basiseinheiten des Internationalen Einheitssystems (SI):

| Bezeichnung                      | Symbol (Formelzeichen)  | Einheit   | Einheitszeichen |
|----------------------------------|-------------------------|-----------|-----------------|
| Länge (Weg, Radius, Wellenlänge) | $L$ ( $s, r, \lambda$ ) | Meter     | m               |
| Masse                            | $m$                     | Kilogramm | kg              |
| Zeit                             | $t$                     | Sekunde   | s               |
| Elektrische Stromstärke          | $I$                     | Ampère    | A               |
| Thermodynamische Temperatur      | $T$                     | Kelvin    | K               |
| Stoffmenge                       | $n$                     | Mol       | mol             |
| Lichtstärke                      | $I_v$                   | Candela   | cd              |

3. Veraltete, aber noch anzutreffende Einheiten, die im amtlichen Verkehr teilweise nicht mehr zulässig sind:

| Veraltete Einheit                               | Umrechnung in SI-Einheiten                              |
|---|---|
| Länge in Ångström                               | $1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$                    |
| Temperatur $\theta$ (oder $t$ ) in Grad Celsius | $\theta/^{\circ}\text{C} = (T/\text{K}) - 273,15$       |
| Druck in Torr (mm Hg)                           | $1 \text{ Torr} = 1,33 \text{ mbar} = 1,33 \text{ hPa}$ |
| Druck in Atmosphären                            | $1 \text{ atm} = 1,013 \text{ bar} = 1013 \text{ hPa}$  |

| Veraltete Einheit                | Umrechnung in SI-Einheiten      |
|----------------------------------|---------------------------------|
| Elektronenvolt                   | 1 eV = $1,602 \cdot 10^{-19}$ J |
| Energie in Kalorien              | 1 cal = 4,18 J                  |
| Mohr'scher Liter (20 °C, Wasser) | 1,0028 l                        |

#### 4. Abgeleitete SI-Einheiten:

| Bezeichnung              | Symbol (Formelzeichen)        | Einheit     | Einheitszeichen                                  |
|--------------------------|-------------------------------|-------------|--|
| Fläche                   | $A = l^2$                     | –           | m <sup>2</sup>                                   |
| Volumen                  | $V = l^3$                     | –           | m <sup>3</sup> ( $10^{-3}$ m <sup>3</sup> = 1 l) |
| Dichte                   | $\rho = m/V$                  | –           | kg/m <sup>3</sup> (g/cm <sup>3</sup> )           |
| Geschwindigkeit          | $v = s/t$                     | –           | m/s  |
| Beschleunigung           | $a = v/t$                     | –           | m/s <sup>2</sup>                                 |
| Kraft, mechanische       | $F = m \cdot a$               | Newton      | 1 N = 1 kg · m/s <sup>2</sup>                    |
| Druck                    | $p = F/A$                     | Pascal      | 1 Pa = 1 N/m <sup>2</sup>                        |
| Frequenz                 | $f \text{ (od. } \nu) = 1/t$  | Hertz       | 1 Hz = 1/s                                       |
| Energie                  | –                             | –           | –  |
| Mechanische Arbeit       | $W = F \cdot s$               | Joule       | 1 J = 1 N · m                                    |
| Kinetische Energie       | $E = (1/2) \cdot m \cdot v^2$ | Joule       | 1 J = 1 kg · m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup>      |
| Potentielle Energie      | $E = m \cdot g \cdot h$       | Joule       | 1 J = 1 kg · m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup>      |
| Elektrische Arbeit       | $W = I \cdot U \cdot t$       | Joule       | 1 J = 1 W · s                                    |
| Wärmemenge               | $W \text{ (auch } Q)$         | Joule       | 1 J = 1 W · s                                    |
| Leistung                 | $P = W/t$                     | Watt        | 1 W = 1 J/s                                      |
| Elektrische Ladung       | $Q = I \cdot t$               | Coulomb     | 1 C = 1 A · s                                    |
| Elektrische Spannung     | $U = W/Q$                     | Volt        | 1 V = 1 W/A                                      |
| Elektrische Kapazität    | $C = Q/U$                     | Farad       | 1 F = 1 C/V                                      |
| Elektrische Leistung     | $P = I \cdot U$               | Watt        | 1 W = 1 V · A                                    |
| Stoffmengenkonzentration | $c = n/V_{\text{ges}}$        | (Molarität) | c = 1 mol/m <sup>3</sup><br>bzw. (1 mol/l)       |
| Molare Masse             | $M_m = m/n$                   | (M)         | kg/mol (g/mol)                                   |

### Physikalische Konstanten

| Konstante                                 | Zeichen        | Wert                             |
|---|----------------|----------------------------------|
| Avogadro-Konstante („Loschmidtsche Zahl“) | $N_A$ oder $L$ | $6,0221367 \cdot 10^{23}$ /mol   |
| Plancksche Konstante                      | $h$            | $6,6260755 \cdot 10^{-34}$ J · s |
| Elektrische Elementarladung               | $e$            | $1,60217733 \cdot 10^{-19}$ C    |

| Konstante   | Zeichen           | Wert   |
|---|-------------------|--|
| Elektrische Feldkonstante (Permittivität des Vakuums)       | $\epsilon_0$      | $8,854187816 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$         |
| Gaskonstante  | $R$               | $8,314510 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ |
| Norm-Schwerebeschleunigung                                  | $g_n$             | $9,80665 \text{ m/s}^2$                          |
| Faraday-Konstante   | $F = N_A \cdot e$ | $9,6485309 \cdot 10^4 \text{ C/mol}$             |
| Lichtgeschwindigkeit im Vakuum                              | $c_0$             | $299792458 \text{ m/s}$                          |
| Molvolumen eines Idealen Gases bei 273,15 K und 1013,25 hPa | $V_0$             | $22,41383 \text{ l/mol}$                         |

### Siedepunkte (Sdp. angegeben als $\theta_b$ in °C) und relative Dielektrizitätskonstanten (= Permittivitätszahl)\* $\epsilon_r$ einiger Lösungsmittel

| Stoff                | Sdp. ( $\theta_b/^\circ\text{C}$ ) | $\epsilon_r$ |
|----------------------|------------------------------------|--------------|
| Aceton               | 56,2                               | 20,7         |
| Benzol               | 80,1                               | 2,27         |
| Cyclohexan           | 80,7                               | 2,02         |
| Diethylether         | 34,5                               | 4,34 (20 °C) |
| Essigsäure           | 117,9                              | 6,15 (20 °C) |
| Essigsäureethylester | 77,1                               | 6,02         |
| Ethan-1,2-diol       | 197                                | 37,7         |
| Ethanol              | 78,2                               | 24,3         |
| Toluol               | 110,6                              | 2,38         |
| Wasser               | 100,0                              | 78,54        |

\* Das Produkt von Permittivitätszahl  $\epsilon_r$  und elektrischer Feldkonstante  $\epsilon_0$  liefert die Permittivität (veraltet: Dielektrizitätskonstante) des jeweiligen Stoffes:  $\epsilon = \epsilon_r \cdot \epsilon_0$  (SI-Einheit der Permittivität  $\epsilon$ : F/m). Die angegebenen Werte gelten für 25 °C. Die Wechselwirkung zwischen geladenen Teilchen (Ionen) untereinander sind in einem Medium umso geringer, je größer  $\epsilon_r$  des Mediums ist

### Säurekonstanten anorganischer und organischer Säuren

In wässriger Lösung bei 298 K, angegeben als  $\text{p}K_S = -\log K_S$  (Die entsprechenden Basenkonstanten der konjugierten Basen werden nach  $\text{p}K_S + \text{p}K_B = 14$  berechnet).

|  |                |               |
|--|----------------|---------------|
| $\text{HB} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{B}^-$ |                | $\text{p}K_S$ |
| $\text{HCO}_2\text{H}$                                 | (Ameisensäure) | 3,75 (293 K)  |
| $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$                       | (Essigsäure)   | 4,75          |

| $\text{HB} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{B}^-$            |  | $\text{pK}_s$ |
|---|--|---------------|
| $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CO}_2\text{H}$                       | (Propionsäure)                         | 4,87          |
| $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CO}_2\text{H}$            | (Buttersäure)                          | 4,81 (293 K)  |
| $\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2\text{H}$                         | (Benzoessäure)                         | 4,19          |
| $\text{CCl}_3\text{CO}_2\text{H}$                                 | (Trichloressigsäure)                   | 0,7           |
| $\text{HO}_2\text{CCO}_2\text{H}$                                 | (Oxalsäure)                            | 1,42          |
| $^-\text{O}_2\text{CCO}_2\text{H}$                                | (Hydrogenoxalat)                       | 4,21          |
| $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$                                   | (Phenol)                               | 9,89          |
| $\text{CO}_2$ eff.  | (Kohlendioxid)                         | 6,52          |
| $\text{H}_2\text{CO}_3$   | (Kohlensäure)                          | 3,3           |
| $\text{HCO}_3^-$  | (Hydrogencarbonat)                     | 10,4          |
| HCl   | (Chlorwasserstoffsäure)                | ca. - 3       |
| HBr   | (Bromwasserstoffsäure)                 | ca. - 6       |
| HI  | (Iodwasserstoffsäure)                  | ca. - 8       |
| HOCl  | (Unterchlorige Säure)                  | 7,25          |
| $\text{HClO}_4$   | (Perchlorsäure)                        | ca. - 9       |
| $\text{H}_2\text{SO}_4$   | (Schwefelsäure)                        | ca. - 3       |
| $\text{HSO}_4^-$  | (Hydrogensulfat)                       | 1,92          |
| $\text{H}_2\text{S}$  | (Schwefelwasserstoff)                  | 6,9           |
| $\text{HS}^-$   | (Hydrogensulfid)                       | 12,9          |
| $\text{H}_2\text{O}$  | (Wasser)                               | 15,74         |
| $\text{H}_3\text{BO}_3$   | (Borsäure)                             | 9,24          |
| $\text{H}_4\text{SiO}_4$  | (Kieselsäure)                          | ca. 10        |
| $\text{NH}_4^+$   | (AmmoniumKation)                       | 9,25          |
| $\text{HNO}_3$  | (Salpetersäure)                        | 1,32          |
| $\text{H}_3\text{PO}_4$   | (Phosphorsäure)                        | 1,96          |
| $\text{H}_2\text{PO}_4^-$   | (Dihydrogenphosphat)                   | 7,12          |
| $\text{HPO}_4^{2-}$   | (Hydrogenphosphat)                     | 12,32         |
| $\text{HOC}(\text{CH}_2\text{CO}_2\text{H})_2\text{CO}_2\text{H}$ | (Zitronensäure) = $\text{H}_3\text{B}$ | 3,14 (291 K)  |
| -   | = $\text{H}_2\text{B}^-$               | 4,77 (291 K)  |
| -   | = $\text{HB}^{2-}$                     | 6,39 (291 K)  |
| $\text{H}_4\text{EDTA}$   | (Ethylendiamintetraessigsäure)         | 2,0           |
| $\text{H}_3\text{EDTA}^-$   | -                                      | 2,77          |
| $\text{H}_2\text{EDTA}^{2-}$                                      | -                                      | 6,16          |
| $\text{HEDTA}^{3-}$   | -                                      | 10,26         |

## Ausgewählte Standard-Reduktionspotentiale

| System  |   | Red)   | E°/V   |
|---|---|--|--------|
| (Ox + n e <sup>-</sup>  | ⇌ |  |        |
| Na <sup>+</sup> + e <sup>-</sup>  | ⇌ | Na   | -2,71  |
| Zn <sup>2+</sup> + 2 e <sup>-</sup>   | ⇌ | Zn   | -0,76  |
| Fe <sup>2+</sup> + 2 e <sup>-</sup>   | ⇌ | Fe   | -0,44  |
| Pb <sup>2+</sup> + 2 e <sup>-</sup>   | ⇌ | Pb   | -0,12  |
| 2 H <sup>+</sup> + 2 e <sup>-</sup>   | ⇌ | H <sub>2</sub>   | ±0,00  |
| S <sub>4</sub> O <sub>6</sub> <sup>2-</sup> + 2 e <sup>-</sup>                                  | ⇌ | 2 S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>2-</sup>                | +0,09  |
| Cu <sup>2+</sup> + 2 e <sup>-</sup>   | ⇌ | Cu   | +0,35  |
| I <sub>2</sub> + 2 e <sup>-</sup>   | ⇌ | 2 I <sup>-</sup>   | +0,535 |
| MnO <sub>4</sub> <sup>-</sup> + 2 H <sub>2</sub> O + 3 e <sup>-</sup>                           | ⇌ | MnO <sub>2</sub> + 4 HO <sup>-</sup>                         | +0,59  |
| BrO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + 3 H <sub>2</sub> O + 6 e <sup>-</sup>                           | ⇌ | Br <sup>-</sup> + 6 HO <sup>-</sup>                          | +0,61  |
| O <sub>2</sub> + 2 H <sup>+</sup> + 2 e <sup>-</sup>  | ⇌ | H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>                                | +0,68  |
| C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> <sup>a</sup> + 2 H <sup>+</sup> + 2 e <sup>-</sup> | ⇌ | C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (OH) <sub>2</sub> <sup>b</sup> | +0,70  |
| Ag <sup>+</sup> + e <sup>-</sup>  | ⇌ | Ag   | +0,81  |
| Cl <sub>2</sub> + 2 e <sup>-</sup>  | ⇌ | 2 Cl <sup>-</sup>  | +1,36  |
| Au <sup>3+</sup> + 3 e <sup>-</sup>   | ⇌ | Au   | +1,42  |
| BrO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + 6 H <sup>+</sup> + 6 e <sup>-</sup>                             | ⇌ | Br <sup>-</sup> + 3 H <sub>2</sub> O                         | +1,42  |
| MnO <sub>4</sub> <sup>-</sup> + 8 H <sup>+</sup> + 5 e <sup>-</sup>                             | ⇌ | Mn <sup>2+</sup> + 4 H <sub>2</sub> O                        | +1,49  |
| ClOH + H <sup>+</sup> + e <sup>-</sup>  | ⇌ | ½ Cl <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> O                         | +1,63  |
| MnO <sub>4</sub> <sup>-</sup> + 4 H <sup>+</sup> + 3 e <sup>-</sup>                             | ⇌ | MnO <sub>2</sub> + 2 H <sub>2</sub> O                        | +1,68  |
| H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> + 2 H <sup>+</sup> + 2 e <sup>-</sup>                             | ⇌ | 2 H <sub>2</sub> O   | +1,78  |

Standardbedingungen: T = 298,15 K, p = 1013,25 hPa, c = 1 mol/l

<sup>a</sup> p-Benzochinon

<sup>b</sup> Hydrochinon

## Mittlere Bindungsabstände und mittlere Bindungsenergien

| Bindung                   | Abstand/pm | Bindungsenergie <sup>a</sup> /kJ mol <sup>-1</sup> |
|---------------------------|------------|--|
| H-H                       | 74         | 435  |
| C-H                       | 109        | 414  |
| N-H (in NH <sub>3</sub> ) | 101        | 389  |
| O-H                       | 96         | 463  |
| F-H                       | 92         | 565  |
| Cl-H                      | 127        | 431  |

| Bindung | Abstand/pm                   | Bindungsenergie <sup>a</sup> /kJ mol <sup>-1</sup> |
|---------|------------------------------|--|
| Br-H    | 141                          | 364  |
| I-H     | 161                          | 297  |
| C-C     | 154 (beide sp <sup>3</sup> ) | 347  |
| C-C     | 146 (beide sp <sup>2</sup> ) | 347  |
| C-C     | 138 (beide sp)               | 347  |
| C=C     | 132                          | 619  |
| C≡C     | 118                          | 812  |
| N-N     | 145                          | 159  |
| O-O     | 148                          | 138  |
| S-S     | 205 (in RS-SR)               | 213  |
| F-F     | 142                          | 155  |
| Cl-Cl   | 199                          | 243  |
| Br-Br   | 228                          | 193  |
| I-I     | 267                          | 151  |
| C-N     | 147                          | 293  |
| C-O     | 143                          | 335  |
| C-Cl    | 179                          | 326  |
| C-Br    | 195                          | 285  |
| C-I     | 214                          | 213  |
| C=N     | 128                          | 616  |
| C=O     | 122                          | 707  |
| C≡N     | 114                          | 879  |
| N≡N     | 110                          | 941  |
| S-H     | 133 (in H <sub>2</sub> S)    | 339  |
| S-C     | 182                          | 272  |

<sup>a</sup> Alle Reaktanden und Produkte befinden sich im Gaszustand

## Übungsaufgaben

Die folgenden Übungsaufgaben sind nach den Stoffinhalten der Kurs geordnet. Sie entsprechen im Schwierigkeitsgrad und der Art der Fragestellung möglichen Fragen bei schriftlichen Leistungskontrollen. Auf die Frageform der „multiple choice“-Aufgaben wird verzichtet, da diese Art der Fragestellung wenig geeignet ist, naturwissenschaftliche Inhalte zu erkennen und einzuüben.

Ergebnisse der Aufgaben werden nicht beigefügt, da diese Übungsaufgaben auch zu Gesprächen zwischen den Studierenden und den Dozenten bzw. Praktikumsbetreuern anregen sollen.

*Allgemeines* Was bedeutet der Begriff „Elektronegativität“ eines chemischen Elements? Welches Element in den angegebenen Elementpaaren besitzt jeweils die höhere Elektronegativität (ankreuzen)?

**K, Ca/F, Cl/Na, Al/O, S/C, N**

Wie viel g Stickstoff sind in 20,5 l Luft (78,1 Vol% N<sub>2</sub>) bei 273 K und 1013 hPa (= 1 atm = 760 mm Hg) enthalten?  $M(N) = 14$

Ordnen Sie den folgenden 5 reinen Stoffen die Aggregatzustände „fest“, „flüssig“ und „gasförmig“ zu (bei Raumtemperatur).

1) Ammoniumchlorid 2) Iod 3) Brom 4) Ammoniak 5) Schwefelsäure

Definieren Sie die Einheit der Stoffmenge. Wie heißt sie?

Wie viel Sauerstoffmoleküle sind in 32 g Sauerstoff (O<sub>2</sub>) enthalten?

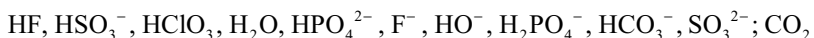
$$\left[ M(O) = 16; N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \right]$$

## 1. Kurstag

Wie lautet die allgemeine Definition einer Säure und einer Base

a) nach dem Vorschlag von Brönsted, b) nach dem erweiterten Vorschlag von Lewis?

Welche der unten aufgeführten Moleküle bzw. Ionen stehen über eine Säure/Base-Reaktion miteinander im Gleichgewicht (fünf Gleichgewichte)?



20 ml einer wässrigen Natriumhydroxidlösung („Natronlauge“) unbekanntem Gehalts werden mit einer 0,1 molaren wässrigen H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-Lösung titriert. Dabei ergibt sich, dass 9,5 ml der H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-Lösung äquivalent zur Menge der NaOH sind.

a. Wie groß ist die Molarität der NaOH-Lösung?

b. Wie viel ml der obigen NaOH-Lösung werden benötigt, um 5 ml einer genau 0,1 molaren HCl-Lösung zu neutralisieren?

Eine 20 ml-Probe einer wässrigen Schwefelsäurelösung unbekanntem Gehalts ist zu analysieren. Dazu wird die Probe auf 100 ml verdünnt. Von der so erhaltenen Lösung werden jeweils 20 ml mit einer 0,1 molaren NaOH-Lösung mit dem Faktor  $f = 0,9975$  titriert. Dabei ergibt sich ein mittlerer Verbrauch von 11,2 ml NaOH-Lösung. Berechnen Sie die Stoffmenge an Schwefelsäure in der ursprünglichen Probe!

1 kg einer 30 %igen wässrigen  $\text{H}_2\text{SO}_4$ -Lösung wird mit Wasser auf 3 l Lösungsvolumen verdünnt. Berechnen Sie die Molarität der entstandenen Lösung!

$$[M(\text{H}) = 1; M(\text{O}) = 16; M(\text{S}) = 32]$$

Der pH-Wert einer 1 molaren wässrigen Lösung einer schwachen Säure beträgt  $\text{pH} = 3,8$ . Berechnen Sie näherungsweise die Säurekonstante dieser Säure!

Eine wässrige Essigsäure-Lösung ist bei 298 K zu 0,3 % protolysiert. Berechnen Sie die molare Konzentration der Essigsäure! [ $K_s = 1,78 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l}$ ].

Eine wässrige Lösung weist bei 310 K ( $37^\circ\text{C}$ ) einen pH-Wert von 6,9 auf. Reagiert diese Lösung sauer oder basisch? (Begründung!)

$$[K_w(298 \text{ K}) = 1,0 \cdot 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{l}^2 \quad K_w(310 \text{ K}) = 2,42 \cdot 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{l}^2]$$

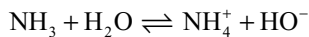
## 2. Kurstag

Berechnen Sie den pH-Wert in einer Lösung, die entsteht, wenn Sie 10 ml 0,1 molare wässrige HCl-Lösung zu einer Lösung geben, die jeweils 0,006 mol Essigsäure ( $\text{p}K_s = 4,75$ ) und Natriumacetat enthält!

Eine Lösung von 60 g NaOH in Wasser wird mit 2 l einer 2 molaren Essigsäurelösung versetzt. Berechnen Sie den pH-Wert der so erhaltenen Pufferlösung!

$$[M(\text{Na}) = 23, \text{p}K_s(\text{Essigsäure}) = 4,75]$$

Formulieren Sie das Massenwirkungsgesetz für die folgende Reaktion:



Wie groß ist der  $\text{p}K_s$ -Wert der Säure „Ammonium-Kation“, wenn der pH-Wert einer 1 molaren  $\text{NH}_4\text{Cl}$ -Lösung 4,63 beträgt? Welchen Wert besitzt die Basenkonstante  $K_b$  der Base Ammoniak?

Sie müssen eine Lösung von  $\text{NH}_3$  ( $\text{p}K_s$  der korrespondierenden Säure  $\text{NH}_4^+ = 9,25$ ) mit HCl titrieren. Ihnen stehen als Indikatoren Methylorange ( $\text{p}K_s = 3,5$ ) und Phenolphthalein ( $\text{p}K_s = 9$ ) zur Verfügung. Welchen dieser Indikatoren müssen Sie benutzen? Begründen Sie dieses!

In welchem molaren Verhältnis muss man eine schwache Säure mit dem  $\text{p}K_s$ -Wert 6,5 und ihre korrespondierende Base mischen, um einen Puffer zu erhalten, dessen pH-Wert X beträgt?

- a)  $X = 6,5$ ; b)  $X = 7,5$ ; c)  $X = 5,5$ ; d)  $X = 6,0$

Welche Konstante gibt Ihnen konzentrationsunabhängig Auskunft über die „Stärke“ einer einprotonigen Säure?

Beschreiben Sie ein einfaches Experiment zur Bestimmung dieser Konstante. Für dieses Experiment stehen Ihnen zur Verfügung:



Die entsprechende Säure in einer 1 molaren wässrigen Lösung, eine 1 molare wässrige NaOH-Lösung, eine Bürette sowie ein pH-Messinstrument.

Sie benötigen für ein Experiment eine Pufferlösung mit dem pH-Wert 7,0. Ihnen stehen folgende Substanzen zur Verfügung:

1 molare wässrige Natronlauge, NaOH ( $M=40$ ), 1 molare wässrige Essigsäurelösung,  $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$  ( $M=60$ ), 1 molare wässrige Ammoniaklösung,  $\text{NH}_3$  ( $M=17$ ), festes Kaliumdihydrogenphosphat,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  ( $M=136$ ) und entsalztes Wasser.

Die  $\text{pK}_s$ -Werte betragen für Essigsäure 4,75, Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) 9,25 und Dihydrogenphosphat ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ) 7,12.

Welche Stoffe müssen Sie in welchem Mengenverhältnis (g bzw. l) zusammengenommen, um 1 l einer Pufferlösung ( $\text{pH}=7,0$ ) herzustellen, die 0,5 mol Base enthält?

### 3. Kurstag

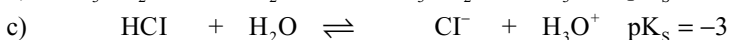
Sie geben auf einen mit Protonen beladenen Kationenaustauscher 100 g einer 1%igen wässrigen Lösung eines Ihnen nicht bekannten Erdalkalikaliums ( $\text{Ca}^{2+}$  oder  $\text{Mg}^{2+}$ ).

Nach dem Eluieren mit  $\text{H}_2\text{O}$  ergibt die Titration der im Eluat vorhandenen äquivalenten Menge an Protonen einen Verbrauch von 50 ml 1 molarer wässriger NaOH-Lösung. Um welches Erdalkali-Kation hat es sich gehandelt? (Gang der Rechnung!) [ $M(\text{Ca})=40$ ;  $M(\text{Mg})=24$ ]

Calciumoxalat ( $\text{CaC}_2\text{O}_4$ ) ( $\text{pL}=8,08$ ,  $L=8,32 \cdot 10^{-9} \text{ mol}^2/\text{l}^2$ ) ist als schwer lösliche Verbindung Bestandteil von Nierensteinen. Der normale „Calciumspiegel“ (die Konzentration des Calciums) im Harn beträgt  $3,8 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l}$ .

- Welche Oxalatkonzentration darf im Falle des thermodynamischen Gleichgewichts nicht überschritten werden, wenn die Bildung von Oxalatsteinen (Nephrolithiasis) vermieden werden soll? (Gang der Rechnung!)
- Eine geringe Überschreitung dieses Wertes führt beim Menschen nicht automatisch zur Steinbildung. Wie erklären Sie dieses?

Das Löslichkeitsprodukt von Calciumoxalat ( $\text{CaC}_2\text{O}_4$ ) beträgt  $8,3 \cdot 10^{-9} \text{ mol}^2/\text{l}^2$ . In welcher der aufgeführten Säuren b, c, d (jeweils 1 molare wässrige Lösungen) können Sie diesen Feststoff auflösen? Begründen Sie dies anhand einer Reaktionsgleichung für den Auflösungsprozess!



Skizzieren Sie das Prinzip eines Ionenaustauschers am Beispiel eines Kationenaustauschers. Welches der beiden Kationen  $\text{Na}^+$  oder  $\text{Ca}^{2+}$  besitzt eine höhere Affinität zum Austauscher?

Das Löslichkeitsprodukt von  $\text{CaC}_2\text{O}_4$ , Calciumoxalat, beträgt  $L = 2 \cdot 10^{-9} \text{ mol}^2/\text{l}^2$ . Wie viel g dieses Stoffes befinden sich in 2 l einer gesättigten Lösung?

#### 4. Kurstag

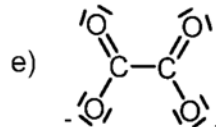
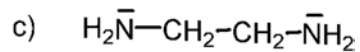
Formulieren Sie die Reaktionsgleichung für die Bildung von Komplexen, die bei der Reaktion von Ammoniak mit

a) **Kupfersulfat**, b) **Silberchlorid** entstehen!

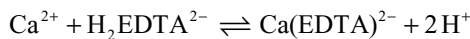
Beschreiben Sie die Wirkungsweise eines „Metallindikators“ bei der Komplexometrie anhand von Reaktionsgleichungen!

Muss bei komplexometrischen Titrations mit  $\text{H}_2\text{EDTA}^{2-}$  die Komplexbildungskonstante des Metall-EDTA-Komplexes größer oder kleiner sein als die des Indikatorkomplexes?

Welche der nachstehend aufgeführten Liganden können bei Komplexbildung als Chelatliganden fungieren?



Beantworten Sie zu der durch die Reaktionsgleichung beschriebenen Komplexbildungsreaktion die folgenden Fragen:



- Welche Koordinationszahl besitzt das Calciumion im Komplexanion?
- Welche Oxidationszahl weist Calcium im Komplexanion auf?
- Muss ein hoher oder ein niedriger pH-Wert vorliegen, wenn das Gleichgewicht der Komplexbildung möglichst vollständig auf der Seite des Chelatkomplexes liegen soll?

Welche mathematische Beziehung besteht zwischen der Komplexbildungs- und der Komplexzerfallskonstante einer Komplexverbindung?

Nennen Sie zwei wichtige Naturstoffe, deren aktive Zentren Chelatkomplexe sind!

## 5. Kurstag

Zur iodometrischen Bestimmung von  $\text{H}_2\text{O}_2$  geben Sie 2 g KI, Kaliumiodid, in eine wässrige  $\text{H}_2\text{O}_2$ -haltige Probelösung und säuern diese mit 5 ml 2 molarer HCl an.

Nach erfolgter Reaktion titrieren Sie die Probe mit einer 0,1 molaren  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ -Lösung (Indikator: Stärke). Sie messen einen Verbrauch von 20,0 ml dieser Lösung bis zum Äquivalenzpunkt. Stellen Sie die Reaktionsgleichungen auf, und berechnen Sie die in der Probe enthaltene Menge an  $\text{H}_2\text{O}_2$  in mg! [ $M(\text{H}) = 1$ ;  $M(\text{O}) = 16$ ]

Klassifizieren Sie die nachfolgenden chemischen Reaktionen entweder als Säure-Base-Reaktion oder als Redoxreaktion!

- a)  $\text{Al}^{3+} + 4\text{Cl}^- \rightleftharpoons [\text{AlCl}_4]^-$   
 b)  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3$   
 c)  $\text{BrO}_3^- + 5\text{Br}^- + 6\text{H}^+ \rightleftharpoons 3\text{Br}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$   
 d)  $2\text{Fe} + 3\text{Cl}_2 \rightleftharpoons 2\text{FeCl}_3$   
 e)  $\text{Zn} + 2\text{AgCl} \rightleftharpoons 2\text{Ag} + \text{Zn}^{2+} + 2\text{Cl}^-$

Berechnen Sie mit Hilfe der Nernstschen Gleichung den pH-Wert einer Lösung, die je ein mol Hydrochinon,  $\text{HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{OH}$  und 1 mol p-Benzochinon,  $\text{C}_6\text{H}_4\text{O}_2$  (vgl. 5. Kurstag, Abschn. 5.2) im Liter enthält und das elektrochemische Potential  $E = 0,64 \text{ V}$  aufweist!

Nernstsche Gleichung:

$$E = E^0 + \frac{R \cdot T}{n \cdot F} \cdot \ln \frac{c(\text{Ox})}{c(\text{Red})}$$

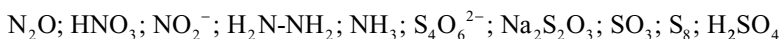
Berechnen Sie die Oxidationszahlen der Elemente in folgenden Verbindungen bzw. Ionen:

- a)  $\text{BrO}_3^-$  b)  $\text{Br}^-$  c)  $\text{HOCl}$  d)  $\text{K}_2\text{SO}_4$  e)  $\text{SO}_3^{2-}$  f)  $\text{S}_4\text{O}_6^{2-}$  g)  $\text{SO}_2$  h)  $\text{H}_2\text{O}$  i)  $\text{MnO}_4^-$  j)  $\text{I}_2$

Zur Bestimmung von Thioglykolsäure ( $\text{HS}-\text{CH}_2-\text{CO}_2\text{H}$ ) geben Sie 10,0 ml einer 1 molaren  $\text{KI}_3$ -Lösung ( $\text{KI}_3 = \text{KI} + \text{I}_2$ ) in die Probe. Nach erfolgter Reaktion (Gleichung!) titrieren Sie die verbliebene Iodmenge mit Thiosulfat und Stärke als Indikator. Sie messen einen Verbrauch von 7,80 ml der 1 molaren  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ -Lösung.

Berechnen Sie die molare Menge von Thioglykolsäure in der Probe!

Berechnen Sie die Oxidationszahlen der Elemente in den folgenden Molekülen bzw. Ionen:



Sie messen bei Normalbedingungen (Temperatur, Druck) das Redox-Potential eines galvanischen Halbelementes, bestehend aus einem Silberstab (Durchmesser 3 mm, Eintauchtiefe 50 mm) in einer 1 molaren  $\text{AgNO}_3$ -Lösung gegenüber einer Normal-Wasserstoff-Elektrode [ $E^\circ(\text{Ag}/\text{Ag}^+) = +0,8 \text{ V}$ ].

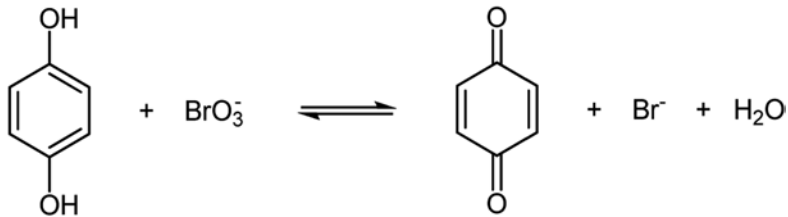
Welchen Betrag in Volt messen Sie? Wird sich theoretisch dieser Spannungswert ändern (und ggf. auf welche Weise, d. h. ansteigen oder geringer werden), wenn Sie statt

des Silberstabes ein Silberblech der Stärke 0,1 mm und der eintauchenden Abmessung 100 mm. 100 mm als Elektrode benutzen?

Wird sich theoretisch dieser Spannungswert ändern (und ggf. auf welche Weise, d. h. ansteigen oder geringer werden), wenn Sie die Lösung mit Natriumchlorid, NaCl, versetzen? [ $pL(\text{AgCl}) = 9,96$ ]

Vervollständigen Sie (stöchiometrisch richtig) die folgende Redox-Gleichung und stellen Sie die Teilgleichungen für den Reduktions- und Oxidationsvorgang auf!

Ist das Redox-Potential des Systems p-Benzochinon/Hydrochinon (Halbreaktion) pH-abhängig?



## 6. Kurstag

Schreiben Sie die Formeln von Verbindungen oder Ionen auf, auf die jeweils eine der folgenden Eigenschaften zutrifft:

a) hydrophob, b) hydrophil, c) chiral, d) elektrophil, e) nucleophil!

Formulieren Sie die Gleichungen für die Umsetzungen von a) 3-Brompentan, b) 1-Brompentan mit Natriumiodid in Aceton. Welche der beiden Reaktionen läuft schneller ab?

Um welchen Reaktionstyp handelt es sich?

3-Methyl-3-pentanol und 3-Methyl-2-pentanol reagieren mit Lukas-Reagenz ( $\text{H}_2\text{ZnCl}_4$ ) unterschiedlich schnell. Welcher der beiden Alkohole reagiert schneller und warum? Schreiben Sie die für die Reaktionsgeschwindigkeit entscheidende Zwischenstufe auf.

Bei der Hydrolyse eines der beiden Enantiomeren von 2-Chlorbutan ist ein Racemat des Produkts (welches?) entstanden. Nach welchem Mechanismus ist die Reaktion abgelaufen?

Die Molmassen der folgenden Verbindungen sind vergleichbar: a) 1-Aminopropan, b) Butan, c) Essigsäure, d) 1-Propanol. Trotzdem unterscheiden sich ihre Siedepunkte beträchtlich. Ordnen Sie die Verbindungen nach steigenden Siedepunkten und diskutieren Sie die Ursachen. (Formeln!)

## 7. Kurstag

Formulieren Sie die Hydrolyse von Benzoesäuremethylester mit Natronlauge (Formeln für die einzelnen Schritte – Benzoesäure =  $\text{C}_6\text{H}_5\text{-COOH}$ )!

Schreiben Sie die mesomeren Grenzformeln für die protonierte Form von Pentansäure, die protonierte Form von Butansäureethylester und das Anion der Propionsäure auf!

Propansäure soll mit Methanol verestert werden. Unter welchen Bedingungen müssen Sie arbeiten? Formulieren Sie den Reaktionsablauf in seinen Einzelschritten!

Zeichnen Sie ein Reaktionsdiagramm für die Umsetzungen von 1-Brombutan mit Natriumiodid! Welchen entscheidenden Unterschied weist das Reaktionsdiagramm der entsprechenden Reaktion mit 2-Brombutan auf?

Was versteht man unter a) einer Reaktion 2. Ordnung b) einer Reaktion 1. Ordnung c) einer Reaktion pseudo-erster Ordnung?

## 8. Kurstag

Geben Sie die Produkte der folgenden Reaktionen an (Reaktionsgleichungen!) a) Cyclopentanon und Hydroxylamin, b) Pentanal und Phenylhydrazin, c) Methylphenylketon und Semicarbazid.

Die Verbindung  $\text{CH}_3\text{-CH}(\text{OC}_2\text{H}_5)_2$  wird mit Wasser in Gegenwart von Säure als Katalysator umgesetzt. Welche Produkte entstehen? Geben Sie Namen und Formeln derselben an und versuchen Sie, den Reaktionsmechanismus zu formulieren.

Formulieren Sie die Keto-Enol-Tautomerie für 2,4-Hexandion und 1,3-Cyclohexandion. Bei welcher der beiden Verbindungen ist die Enolform stärker begünstigt und warum? (vgl. Ursachen der Keto-Enol-Tautomerie).

Die Verbindung  $\text{C}_6\text{H}_5\text{-CH}(\text{OH})\text{-CH}_2\text{-COOH}$  wird oxidiert. Welche Produkte werden gebildet? Formulieren Sie den Prozess!

Cyclohexanon gehört zu den CH-aciden Verbindungen. Mit welchen Formeln lässt sich das daraus gebildete Anion beschreiben?

## 9. Kurstag

Geben Sie vier Derivate der Propionsäure (= Propansäure) an und ordnen Sie diese nach abnehmender Reaktivität (Formeln!)

Gegeben sind drei Aminosäuren  $\text{R-CH}(\text{NH}_2)\text{-COOH}$ : Glycin ( $\text{R}=\text{H}$ ), Alanin ( $\text{R}=\text{CH}_3$ ) und Lysin ( $\text{R}=-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{H}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_2$ ). Schreiben Sie die Strukturformeln der Verbindungen auf, als die die drei Aminosäuren unter saueren Bedingungen (pH ca. 2) vorliegen!

In welcher Reihenfolge wandern diese drei Aminosäuren bei der dünn-schichtchromatographischen Trennung (Fließmittel: Butanol/Eisessig/Wasser 4:1:1) unter diesen Bedingungen?

Bei pH 6 liegt ein Gemisch der beiden Aminosäuren Alanin  $\text{CH}_3\text{-CH}(\text{NH}_2)\text{-COOH}$  und Glutaminsäure  $\text{HOOC-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}(\text{NH}_2)\text{-COOH}$  vor.

Schreiben Sie jeweils die Form auf (Formeln!), in der die Verbindungen bei diesem pH-Wert hauptsächlich vorliegen! Welches ist die überwiegend vorliegende Form der beiden Aminosäuren, wenn der pH-Wert auf 10 erhöht wird?

Welches Produkt erwarten Sie bei der Umsetzung von Benzolsulfonsäurechlorid ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{-SO}_2\text{-Cl}$ ) mit 1-Propanol? (Reaktionsgleichung!)

Wie könnte man ein gemischtes Anhydrid von Essigsäure und Propionsäure herstellen? Reaktionsgleichung!

## 10. Kurstag

Geben Sie zunächst die allgemeine Formel für eine Ketopentose an! Wie viele isomere Ketopentosen gibt es? (Mögliche ringförmige Halbketal-Formen sollen nicht berücksichtigt werden). Schreiben Sie für alle die Formeln in der üblichen Schreibweise (Fischer-Projektion!) auf!

Von der 2,3-Dichlorbutansäure  $\text{CH}_3\text{-CHClCHClCOOH}$  gibt es vier Stereoisomere. Zeichnen Sie die Strukturformeln der vier Formen auf und geben Sie die stereochemische Beziehungen der Formen untereinander an (enantiomer oder diastereomer)!

Wie lautet die Summenformel des Disaccharids Rohrzucker (= Saccharose).

Aus welchen Grundbausteinen (Monosacchariden) sind aufgebaut: die Disaccharide A Maltose, B Saccharose, C Cellobiose die Polysaccharide, D Amylose (= ein Bestandteil der Stärke), E Cellulose.

Geben Sie zu A-E die Namen der Grundbausteine an.

In der D-Allose (Aldohexose) ist an allen vier chiralen C-Atomen die D-Konfiguration realisiert. Schreiben Sie zunächst die Strukturformel der Aldehydform auf. Formulieren Sie dann die beiden möglichen Pyranose-Halbacetalformen unter Berücksichtigung der Stereochemie.

Schreiben Sie die Formel einer L-Aldopentose (Aldehydform) auf. Formulieren Sie dazu a) das entsprechende Enantiomere b) ein Diastereomeres.

## 11. Kurstag

Schreiben Sie die Formeln von 1,6-Hexandisäure und 1,6-Diaminohexan auf. Welches wichtige Produkt wird aus diesen beiden Verbindungen hergestellt? Zeichnen Sie einen kleinen Ausschnitt aus diesem Produkt, aus dem hervorgeht, in welcher Weise die beiden Edukte miteinander reagieren!

Aus den Aminosäuren  $\text{R-CH(NH}_2\text{)COOH}$  Alanin ( $\text{R} = \text{CH}_3$ ), Glycin ( $\text{R} = \text{H}$ ) und Methionin ( $\text{R} = \text{CH}_2\text{-CH}_2\text{-S-CH}_3$ ) soll ein Tripeptid gebildet werden, in dem Methionin N-terminal und Alanin C-terminal stehen soll. Schreiben Sie die Formel des Tripeptids auf!

Geben Sie Namen und Formeln zweier Verbindungen an, die durch radikalische Polymerisation leicht (bei Normaldruck) in Polymere überführt werden können!

Welche Substanzen kann man als Polymerisationsstarter benutzen (1 Beispiel)? Formulieren Sie die Startreaktion!

Geben Sie Namen und Formeln von drei Fettsäuren an, die am Aufbau von Fetten beteiligt sind!

Das Reaktionsverhalten von Radikalen bestimmt die Kettenabbruchreaktionen von radikalischen Polymerisationsreaktionen. Welche Reaktionen können zum Verlust des Radikalcharakters von 1-Butyl-Radikalen führen (bitte formulieren!)?

## Der Umgang mit Gefahrstoffen

Im medizinischen Alltag wird mit einer Vielzahl von Stoffen und Stoffgemischen bzw. Lösungen („Zubereitungen“) umgegangen, die aufgrund toxikologischer, bakteriologischer, chemischer oder physikalischer Eigenschaften als **Gefahrstoffe** zu bezeichnen sind.

**Zu den Lernzielen eines Chemischen Praktikums gehört nicht zuletzt der sichere und ordnungsgemäße Umgang mit Gefahrstoffen.**

Dieser Umgang ist durch eine Vielzahl von Verordnungen und Richtlinien der Europäischen Gemeinschaften, Gesetzen, Verordnungen, Satzungen und Regeln geordnet. Verstöße gegen die Gesetze sind strafbewehrt.

Im Dezember 2006 hat die Europäische Gemeinschaft die **REACH<sup>1</sup>-Verordnung** beschlossen, die am 1.7.2007 in allen Mitgliedsstaaten als unmittelbar geltendes Recht in Kraft getreten ist.

Für den Umgang mit Gefahrstoffen ebenso bedeutsam ist das **GHS<sup>2</sup>** der Vereinten Nationen zur Einstufung und Kennzeichnung von Chemikalien sowie deren Sicherheitsdatenblätter, das zusammen mit REACH eingeführt wurde.

In diesem Zusammenhang wurden neue Gefahrenbezeichnungen und Piktogramme eingeführt, wie z. B. eins für „krebserrregend“ und eins für das bisherige Andreaskreuz („gesundheitsschädlich“ oder „reizend“). Es sind rotumrandete Rauten mit schwarzem Symbol auf weißem Grund:



Die bis dahin gültigen Symbole auf orangegelbem Grund wurden mit der Einführung des neuen Systems in der EU durch diese neuen Symbole ersetzt. In vielen Sicherheitsdatenblättern sind neben den neuen Einstufungen auch noch die alten Hinweise mit den R- und S-Sätzen aufgeführt.

Eine wichtige Aufgabe für Ärztinnen und Ärzte ist es, in der eigenen Praxis als „**Arbeitgeber**“ diese Vorschriften einzuhalten bzw. deren Einhaltung durch die „**Arbeitnehmer**“ zu überwachen. In Krankenhäusern, Polikliniken usw. nimmt die Leitung die Aufgaben des „Arbeitgebers“ wahr. Es darf darüber jedoch nicht vergessen werden, **dass jede und jeder Verantwortung für die Angelegenheiten trägt, die von ihr oder ihm maßgeblich beeinflusst werden.**

<sup>1</sup> Registrierung, Evaluierung und Autorisierung von Chemikalien

<sup>2</sup> Globally Harmonised System (zur Einstufung und Kennzeichnung von Chemikalien sowie deren Sicherheitsdatenblätter). Durch einheitliche Einstufung, Piktogramme usw. sollen die Gefahren für die menschliche Gesundheit und die Umwelt bei der Herstellung, beim Transport und bei der Verwendung von Chemikalien minimiert werden. Die neuen Piktogramme finden Sie im Anhang im Merkblatt des Bundesinstituts für Risikobewertung zu „Neue Gefahrenkennzeichnungen auf Verpackungen“.

Auf die geltenden Regeln zum ordnungsgemäßen Umgang mit Chemikalien wird im Rahmen von Sicherheitseinweisungen hingewiesen. Die aktuellen geltenden Regelungen können auf der Website zum Buch <http://www.springer.com/chemistry/book/978-3-658-00410-1> oder im Praktikum eingesehen werden.

### **Betriebsanweisung**

für das Chemische Praktikum für Studierende der Medizin und Zahnmedizin

#### **GEFAHREN FÜR MENSCH UND UMWELT**

Im Chemischen Praktikum gehen Sie mit gasförmigen, flüssigen oder festen Gefahrstoffen um, sowie mit solchen, die als Stäube auftreten können. Dabei haben Sie besondere Verhaltensregeln und Schutzvorschriften einzuhalten bzw. zu beachten.

Die Aufnahme der Stoffe in den menschlichen Körper kann durch Einatmen über die Lunge, durch Resorption durch die Haut sowie über die Schleimhäute und den Verdauungstrakt erfolgen.

Gefahrstoffe sind Stoffe und Zubereitungen, die

- explosionsgefährlich, brandfördernd, hochentzündlich, leichtentzündlich, entzündlich,
- sehr giftig, giftig, gesundheitsschädlich, ätzend, reizend, sensibilisierend,
- krebserzeugend, fruchtschädigend oder erbgutverändernd sind oder
- umweltgefährlich sind.

Stoffe, Zubereitungen und Erzeugnisse, die explosionsfähig sind bzw. aus denen bei der Herstellung oder Verwendung gefährliche oder explosionsfähige Stoffe oder Zubereitungen entstehen oder freigesetzt werden können, sind ebenfalls Gefahrstoffe.

Die gefährlichen Eigenschaften der im Praktikum eingesetzten bzw. entstehenden Stoffe sind den Hinweisen zum jeweiligen Versuch zu entnehmen. Diese Hinweise sind Bestandteil dieser Betriebsanweisung.

#### **SCHUTZMASSNAHMEN UND VERHALTENSREGELN**

##### **1. Grundregeln:**

Vor dem Umgang mit Gefahrstoffen müssen Sie anhand der Hinweise zum jeweiligen Versuch die Risikogruppen ermitteln, zu denen die einzelnen eingesetzten Stoffe gehören.

**Die ermittelten besonderen Gefahren (H-Sätze) und Sicherheitsratschläge (P-Sätze) sind als Bestandteil dieser Betriebsanweisung verbindlich.**

- Gefahrstoffe dürfen nicht in Behältnissen aufbewahrt oder gelagert werden, die zu Verwechslungen mit Lebensmitteln führen können.
- Sehr giftige und giftige Stoffe bzw. Zubereitungen werden von den sachkundigen Praktikumsbetreuern ausgegeben und ansonsten unter Verschluss gehalten.



- Sämtliche Standgefäße sind mit dem Namen des Stoffes und den Gefahrensymbolen zu kennzeichnen; größere Gefäße sind vollständig zu kennzeichnen, d. h. auch mit R- und S-Sätzen.
- Das Einatmen von Dämpfen und Stäuben sowie der Kontakt von Gefahrstoffen mit Haut und Augen sind zu vermeiden. Beim offenen Umgang mit gasförmigen, staubförmigen oder solchen Gefahrstoffen, die einen hohen Dampfdruck besitzen, ist grundsätzlich im Abzug zu arbeiten.
- Im Labor muss ständig eine Schutzbrille getragen werden; Brillenträger müssen eine optisch korrigierte Schutzbrille oder aber eine Überbrille nach W DIN 2 über der eigenen Brille tragen.
- Das Essen, Trinken und Rauchen im Labor ist untersagt.
- Die in den Sicherheitsratschlägen (P-Sätzen) und speziellen Anweisungen zum jeweiligen Versuch vorgesehenen Körperschuttmittel – wie Korbrillen, Gesichtsschutz und geeignete Handschuhe – sind zu benutzen.
- Im Labor ist zweckmäßige Kleidung, z. B. ein Baumwoll-Laborkittel, zu tragen. Aufgrund des Brenn- und Schmelzverhaltens sind Kittel aus Synthefasern ungeeignet. Bestimmte Mischgewebe besitzen jedoch ebenfalls ein günstiges Brandverhalten. Die Kleidung soll den Körper und die Arme ausreichend bedecken. Es darf nur festes, geschlossenes und trittsicheres Schuhwerk getragen werden.
- Die Hausordnung des Fachbereichs bzw. Instituts ist einzuhalten.

## **2. Allgemeine Schutz- und Sicherheitseinrichtungen**

Die Frontschieber von Abzügen sind zu schließen; die Funktionsfähigkeit der Abzüge ist zu kontrollieren. Defekte Abzüge dürfen nicht benutzt werden.

Sie haben sich über den Standort und die Funktionsweise der NotabsperVorrichtungen für Gas und Strom sowie der Wasserversorgung zu informieren. Nach Eingriffen in die Gas-, Strom-, und Wasserversorgung ist unverzüglich die Praktikumsleitung zu informieren. Eingriffe sind auf Notfälle zu beschränken, und die betroffenen Verbraucher sind zu warnen.

Feuerlöscher, Löschsandbehälter und Behälter für Aufsaugmaterial sind nach jeder Benutzung zu befüllen. Feuerlöscher, auch solche mit verletzter Plombe, sind dazu bei der Praktikumsleitung abzugeben.

## **SACHGERECHTE ABFALLVERMINDERUNG UND -ENTSORGUNG**

Die Menge gefährlicher Abfälle ist dadurch zu vermindern, dass nur kleine Mengen von Stoffen in Reaktionen eingesetzt werden. Der Weiterverwendung und der Wiederaufarbeitung, z. B. von Lösungsmitteln, ist der Vorzug vor der Entsorgung zu geben. Reaktive Reststoffe, z. B. Alkalimetalle, Peroxide, Hydride, sind sachgerecht zu weniger gefährlichen Stoffen umzusetzen.

Anfallende Reststoffe, die aufgrund ihrer Eigenschaften Sonderabfall sind, müssen entsprechend der gesondert ausgegebenen Richtlinie für die Sammlung und

Beseitigung von Sonderabfällen an der Hochschule verpackt, beschriftet, deklariert, der zuständigen Stelle gemeldet und zur Entsorgung übergeben werden.

### **VERHALTEN IN GEFAHRENSITUATIONEN**

Beim Auftreten gefährlicher Situationen, z. B. Feuer, Austreten gasförmiger Schadstoffe, Auslaufen von gefährlichen Flüssigkeiten, sind die folgenden Anweisungen einzuhalten:

- **Ruhe bewahren und überstürztes, unüberlegtes Handeln vermeiden!**
- Gefährdete Personen warnen, gegebenenfalls zum Verlassen der Räume auffordern.
- Versuche abstellen, Gas, Strom und ggf. Wasser abstellen (Kühlwasser muss weiterlaufen!).
- Aufsichtsperson und/oder \*\*\* Verantwortlichen \*\*\* benachrichtigen.
- Beim Ausfall von Lüftungsanlagen ist das Arbeiten mit Gefahrstoffen, die in die Atemluft eintreten können, einzustellen. Nach dem Abschalten der Geräte ist das Labor zu verlassen und die \*\*\*\* zuständige Stelle \*\*\* zu benachrichtigen.
- Bei Unfällen mit Gefahrstoffen, die Langzeitschäden auslösen können, oder die zu Unwohlsein oder Hautreaktionen geführt haben, ist ein Arzt aufzusuchen. Die Praktikumsleitung oder stellvertretend die Assistentin oder der Assistent sind darüber zu informieren. Eine Unfallmeldung ist möglichst schnell bei der zuständigen Stelle zu erstellen.

### **ERSTE-HILFE**

Bei allen Hilfeleistungen auf die eigene Sicherheit achten!

- So schnell wie möglich einen notwendigen NOTRUF tätigen.
- Personen aus dem Gefahrenbereich bergen und an die frische Luft bringen.
- Kleiderbrände löschen.
- Notduschen benutzen; mit Chemikalien verschmutzte Kleidung vorher entfernen, notfalls bis auf die Haut ausziehen; mit Wasser und Seife reinigen; bei schlecht wasserlöslichen Substanzen diese mit Polyethylenglykolen (BASF, oder Roticlean E der Fa. Roth) von der Haut abwaschen und mit Wasser nachspülen.
- Bei Augenverätzungen mit weichem, Wasserstrahl (am besten mit einer am Trinkwassernetz fest installierten Augendusche) beide Augen von außen her zur Nasenwurzel bei gespreizten Augenlidern 10 min oder länger spülen.
- Atmung und Kreislauf prüfen und überwachen.
- Beim Verschlucken ätzender Stoffe kein Erbrechen herbeiführen. Stattdessen sehr viel Wasser zu trinken geben. Falls spontan erbrochen wird, Kopf tief legen, damit Erbrochenes nicht in Luftröhre gelangt.
- Beim Verschlucken nichtätzender Giftstoffe ebenfalls viel Wasser zu trinken geben sowie Medizinalkohle verabreichen.

- Bei Bewusstsein gegebenenfalls Schocklage erstellen: Beine nur leicht (max. 10 cm) über Herzhöhe mit entlasteten Gelenken lagern.
- Bei Bewusstlosigkeit und vorhandener Atmung in die stabile Seitenlage bringen; sonst sofort mit der Beatmung beginnen. Tubus benutzen und auf Vergiftungsmöglichkeiten achten. (Bei Herzstillstand: Herz-Lungen-Wiederbelebung).
- Blutungen stillen, Verbände anlegen, dabei Einmalhandschuhe benutzen.
- Brandwunden steril abdecken. Keine „Brandsalben“ oder ähnliches anwenden. Wegen der Infektionsgefahr ist auch bei kleineren Brandwunden ein Arzt aufzusuchen.
- Verletzte Person bis zum Eintreffen des Rettungsdienstes nicht allein lassen.
- Information des Arztes sicherstellen. Angabe der Chemikalien möglichst mit Hinweisen für den Arzt aus entsprechenden Büchern oder Vergiftungsregistern.
- Erbrochenes und Chemikalien sicherstellen.

### NOTRUF UND GEFAHRENSIGNALE

**Feuer/Unfall:** ☎\*\*\*

setzen Sie einen NOTRUF gemäß folgendem Schema ab:

|                              |   |
|------------------------------|---|
| <b>WO</b> geschah der Unfall | Ortsangabe  |
| <b>WER</b> ruft an           | Name der/des Anrufenden   |
| <b>WAS</b> geschah           | Feuer, Verätzung, Vergiftung, Sturz, usw.   |
| <b>WELCHE</b> Verletzungen   | Art und betroffener Körperteil  |
| <b>WIEVIELE</b> Verletzte    | Anzahl  |
| <b>WARTEN</b>                | Niemals auflegen, bevor die Rettungsleitstelle das Gespräch beendet hat, es können wichtige Fragen zu beantworten sein. |

### Wichtige Rufnummern:

|                          |                              |
|--------------------------|------------------------------|
| Krankentransport         | ***                          |
| Unfallchirurgie          | ***                          |
| Augenklinik              | ***                          |
| Hautklinik               | ***                          |
| Poliklinik               | ***                          |
| Giftinformationszentrum: | ***                          |
| <b>Feueralarm</b>        | *** <b>Signalkennung</b> *** |

Alarmort ermitteln.

Entstehungsbrand mit Eigenmitteln löschen (Feuerlöscher, Sand); dabei auf eigene Sicherheit achten; **Panik vermeiden**.

wenn notwendig:




Arbeitsplatz sichern, möglichst Strom und Gas abschalten, Gebäude auf dem kürzesten Fluchtweg verlassen, keine Aufzüge benutzen

\*\*\* ggf. weitere Alarmsignale, ihre Bedeutung und Handlungshinweise \*\*\*

PERSONENSCHUTZ GEHT IMMER VOR SACHSCHUTZ

\*\* Ort \*\*, den \*\*\* (Unterschrift)

## Neue Gefahrensymbole

| Kennzeichnung ab 2008   | Beschreibung   | Bis 2017 noch erlaubt   |
|---|--|---|
|    | <p><b>Tödliche Vergiftung</b></p> <p>Produkte können selbst in kleinen Mengen auf der Haut, durch Einatmen oder Verschlucken zu schweren oder gar tödlichen Vergiftungen führen. Die meisten dieser Produkte sind Verbrauchern nur eingeschränkt zugänglich. Lassen Sie keinen direkten Kontakt zu.</p>                              |  <p>Sehr giftig</p> <p>oder</p>  <p>Giftig</p>                    |
|    | <p><b>Schwerer Gesundheitsschaden, bei Kindern möglicherweise mit Todesfolge</b></p> <p>Produkte können schwere Gesundheitsschäden verursachen. Dieses Symbol warnt vor einer Gefährdung der Schwangerschaft, einer krebserzeugenden Wirkung und ähnlich schweren Gesundheitsrisiken. Produkte sind mit Vorsicht zu benutzen.</p>    | <p>oder</p>  <p>Gesundheitsschädlich</p>  |
|    | <p><b>Zerstörung von Haut oder Augen</b></p> <p>Produkte können bereits nach kurzem Kontakt Hautflächen mit Narbenbildung schädigen oder in den Augen zu dauerhaften Sehstörungen führen. Schützen Sie beim Gebrauch Haut und Augen!</p>   |  <p>Ätzend</p> <p>oder</p>  <p>Reizend</p>                        |
|  | <p><b>Gesundheitsgefährdung</b></p> <p>Vor allen Gefahren, die in kleinen Mengen nicht zum Tod oder einem schweren Gesundheitsschaden führen, wird so gewarnt. Hierzu gehört die Reizung der Haut oder die Auslösung einer Allergie. Das Symbol wird aber auch als Warnung vor anderen Gefahren, wie der Entzündbarkeit genutzt.</p> |  <p>Gesundheitsschädlich</p> <p>oder</p>  <p>Reizend</p>      |
|  | <p><b>Gefährlich für Tiere und die Umwelt</b></p> <p>Produkte können in der Umwelt kurz- oder langfristig Schäden verursachen. Sie können kleine Tiere (Wasserflöhe und Fische) töten oder auch längerfristig in der Umwelt schädlich wirken. Keinesfalls ins Abwasser oder den Hausmüll schütten!</p>                               |  <p>Umweltgefährlich</p>  |
|  | <p><b>Entzündet sich schnell</b></p> <p>Produkte entzünden sich schnell in der Nähe von Hitze oder Flammen. Sprays mit dieser Kennzeichnung dürfen keineswegs auf heiße Oberflächen oder in der Nähe offener Flammen versprüht werden.</p>   |  <p>Hochentzündlich</p> <p>oder</p>  <p>Leichtentzündlich</p> |

**H-Sätze, P-Sätze**

- H200 Instabil, explosiv.
- H201 Explosiv, Gefahr der Massenexplosion.
- H202 Explosiv; große Gefahr durch Splitter, Spreng- und Wurfstücke.
- H203 Explosiv; Gefahr durch Feuer, Luftdruck oder Splitter, Spreng- und Wurfstücke.
- H204 Gefahr durch Feuer oder Splitter, Spreng- und Wurfstücke.
- H205 Gefahr der Massenexplosion bei Feuer.
- H220 Extrem entzündbares Gas.
- H221 Entzündbares Gas.
- H222 Extrem entzündbares Aerosol.
- H223 Entzündbares Aerosol.
- H224 Flüssigkeit und Dampf extrem entzündbar.
- H225 Flüssigkeit und Dampf leicht entzündbar.
- H226 Flüssigkeit und Dampf entzündbar.
- H228 Entzündbarer Feststoff.
- H240 Erwärmung kann Explosion verursachen.
- H241 Erwärmung kann Brand oder Explosion verursachen.
- H242 Erwärmung kann Brand verursachen.
- H250 Entzündet sich in Berührung mit Luft von selbst.
- H251 Selbsterhitzungsfähig; kann in Brand geraten.
- H252 In großen Mengen selbsterhitzungsfähig; kann in Brand geraten.
- H260 In Berührung mit Wasser entstehen entzündbare Gase, die sich spontan entzünden können.
- H261 In Berührung mit Wasser entstehen entzündbare Gase.
- H270 Kann Brand verursachen oder verstärken; Oxidationsmittel.
- H271 Kann Brand oder Explosion verursachen; starkes Oxidationsmittel.
- H272 Kann Brand verstärken; Oxidationsmittel.
- H280 Enthält Gas unter Druck; kann bei Erwärmung explodieren.
- H281 Enthält tiefkaltes Gas; kann Kälteverbrennungen oder -Verletzungen verursachen.
- H290 Kann gegenüber Metallen korrosiv sein.
- H300 Lebensgefahr bei Verschlucken.
- H301 Giftig bei Verschlucken.
- H302 Gesundheitsschädlich bei Verschlucken.
- H304 Kann bei Verschlucken und Eindringen in die Atemwege tödlich sein.
- H310 Lebensgefahr bei Hautkontakt.
- H311 Giftig bei Hautkontakt.
- H312 Gesundheitsschädlich bei Hautkontakt.
- H314 Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden.
- H315 Verursacht Hautreizungen.
- H317 Kann allergische Hautreaktionen verursachen.
- H318 Verursacht schwere Augenschäden.
- H319 Verursacht schwere Augenreizung.
- H330 Lebensgefahr bei Einatmen.

- H331 Giftig bei Einatmen.
- H332 Gesundheitsschädlich bei Einatmen.
- H334 Kann bei Einatmen Allergie, asthmaartige Symptome oder Atembeschwerden verursachen.
- H335 Kann die Atemwege reizen.
- H336 Kann Schläfrigkeit und Benommenheit verursachen.
- H340 Kann genetische Defekte verursachen *<Expositionsweg angeben, sofern schlüssig belegt ist, dass diese Gefahr bei keinem anderen Expositionsweg besteht>*.
- H341 Kann vermutlich genetische Defekte verursachen *<Expositionsweg angeben, sofern schlüssig belegt ist, dass diese Gefahr bei keinem anderen Expositionsweg besteht>*.
- H350 Kann Krebs erzeugen *<Expositionsweg angeben, sofern schlüssig belegt ist, dass diese Gefahr bei keinem anderen Expositionsweg besteht>*.
- H351 Kann vermutlich Krebs erzeugen *<Expositionsweg angeben, sofern schlüssig belegt ist, dass diese Gefahr bei keinem anderen Expositionsweg besteht>*.
- H360 Kann die Fruchtbarkeit beeinträchtigen oder das Kind im Mutterleib schädigen *<konkrete Wirkung angeben, sofern bekannt> <Expositionsweg angeben, sofern schlüssig belegt ist, dass die Gefahr bei keinem anderen Expositionsweg besteht>*.
- H361 Kann vermutlich die Fruchtbarkeit beeinträchtigen oder das Kind im Mutterleib schädigen *<konkrete Wirkung angeben, sofern bekannt> <Expositionsweg angeben, sofern schlüssig belegt ist, dass die Gefahr bei keinem anderen Expositionsweg besteht>*.
- H362 Kann Säuglinge über die Muttermilch schädigen.
- H370 Schädigt die Organe *<oder alle betroffenen Organe nennen, sofern bekannt> <Expositionsweg angeben, sofern schlüssig belegt ist, dass diese Gefahr bei keinem anderen Expositionsweg besteht>*.
- H371 Kann die Organe schädigen *<oder alle betroffenen Organe nennen, sofern bekannt> <Expositionsweg angeben, sofern schlüssig belegt ist, dass diese Gefahr bei keinem anderen Expositionsweg besteht>*.
- H372 Schädigt die Organe *<alle betroffenen Organe nennen>* bei längerer oder wiederholter Exposition *<Expositionsweg angeben, wenn schlüssig belegt ist, dass diese Gefahr bei keinem anderen Expositionsweg besteht>*.
- H373 Kann die Organe schädigen *<alle betroffenen Organe nennen, sofern bekannt>* bei längerer oderwiederholter Exposition *<Expositionsweg angeben, wenn schlüssig belegt ist, dass diese Gefahr bei keinem anderen Expositionsweg besteht>*.
- H400 Sehr giftig für Wasserorganismen.
- H410 Sehr giftig für Wasserorganismen mit langfristiger Wirkung.
- H411 Giftig für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung.
- H412 Schädlich für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung.
- H413 Kann für Wasserorganismen schädlich sein, mit langfristiger Wirkung.
- P101 Ist ärztlicher Rat erforderlich, Verpackung oder Kennzeichnungsetikett bereithalten.

- P102 Darf nicht in die Hände von Kindern gelangen.
- P103 Vor Gebrauch Kennzeichnungsetikett lesen.
- P201 Vor Gebrauch besondere Anweisungen einholen.
- P202 Vor Gebrauch alle Sicherheitshinweise lesen und verstehen.
- P210 Von Hitze/Funken/offener Flamme/heißen Oberflächen fernhalten. Nicht rauchen.
- P211 Nicht gegen offene Flamme oder andere Zündquelle sprühen.
- P220 Von Kleidung/brennbaren Materialien fernhalten/entfernt aufbewahren.
- P221 Mischen mit brennbaren Stoffen unbedingt verhindern.
- P222 Kontakt mit Luft nicht zulassen.
- P223 Kontakt mit Wasser wegen heftiger Reaktion und möglichem Aufflammen unbedingt verhindern.
- P230 Feucht halten mit ...
- P231 Unter inertem Gas handhaben.
- P232 Vor Feuchtigkeit schützen.
- P233 Behälter dicht verschlossen halten.
- P234 Nur im Originalbehälter aufbewahren.
- P235 Kühl halten.
- P240 Behälter und zu befüllende Anlage erden.
- P241 Explosionsgeschützte elektrische Betriebsmittel/Lüftungsanlagen/Beleuchtung/... verwenden.
- P242 Nur funkenfreies Werkzeug verwenden.
- P243 Maßnahmen gegen elektrostatische Aufladungen treffen.
- P244 Druckminderer frei von Fett und Öl halten.
- P250 Nicht schleifen/stoßen/.../reiben.
- P251 Behälter steht unter Druck: Nicht durchstechen oder verbrennen, auch nicht nach der Verwendung.
- P260 Staub/Rauch/Gas/Nebel/Dampf/Aerosol nicht einatmen.
- P261 Einatmen von Staub/Rauch/Gas/Nebel/Dampf/Aerosol vermeiden.
- P262 Nicht in die Augen, auf die Haut oder auf die Kleidung gelangen lassen.
- P263 Kontakt während der Schwangerschaft/und der Stillzeit vermeiden.
- P264 Nach Gebrauch ... gründlich waschen.
- P270 Bei Gebrauch nicht essen, trinken oder rauchen.
- P271 Nur im Freien oder in gut belüfteten Räumen verwenden.
- P272 Kontaminierte Arbeitskleidung nicht außerhalb des Arbeitsplatzes tragen.
- P273 Freisetzung in die Umwelt vermeiden.
- P280 Schutzhandschuhe/Schutzkleidung/Augenschutz/Gesichtsschutz tragen.
- P281 Vorgeschriebene persönliche Schutzausrüstung verwenden.
- P282 Schutzhandschuhe/Gesichtsschild/Augenschutz mit Kälteisolierung tragen.
- P283 Schwer entflammbar/flammhemmende Kleidung tragen.
- P284 Atemschutz tragen.
- P285 Bei unzureichender Belüftung Atemschutz tragen.

- P301 BEI VERSCHLUCKEN:
- P302 BEI BERÜHRUNG MIT DER HAUT:
- P303 BEI BERÜHRUNG MIT DER HAUT (oder dem Haar):
- P304 BEI EINATMEN:
- P305 BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN:
- P306 BEI KONTAMINIERTER KLEIDUNG:
- P307 BEI Exposition:
- P308 BEI Exposition oder falls betroffen:
- P309 BEI Exposition oder Unwohlsein:
- P310 Sofort GIFTINFORMATIONSZENTRUM oder Arzt anrufen.
- P311 GIFTINFORMATIONSZENTRUM oder Arzt anrufen.
- P312 Bei Unwohlsein GIFTINFORMATIONSZENTRUM oder Arzt anrufen.
- P313 Ärztlichen Rat einholen/ärztliche Hilfe hinzuziehen.
- P314 Bei Unwohlsein ärztlichen Rat einholen/ärztliche Hilfe hinzuziehen.
- P315 Sofort ärztlichen Rat einholen/ärztliche Hilfe hinzuziehen.
- P320 Besondere Behandlung dringend erforderlich (siehe ... auf diesem Kennzeichnungsetikett).
- P321 Besondere Behandlung (siehe ... auf diesem Kennzeichnungsetikett).
- P322 Gezielte Maßnahmen (siehe ... auf diesem Kennzeichnungsetikett).
- P330 Mund ausspülen.
- P331 KEIN Erbrechen herbeiführen.
- P332 Bei Hautreizung:
- P333 Bei Hautreizung oder -ausschlag:
- P334 In kaltes Wasser tauchen/nassen Verband anlegen.
- P335 Lose Partikel von der Haut abbürsten.
- P336 Vereiste Bereiche mit lauwarmem Wasser auftauen. Betroffenen Bereich nicht reiben.
- P337 Bei anhaltender Augenreizung:
- P338 Eventuell vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter ausspülen.
- P340 Die betroffene Person an die frische Luft bringen und in einer Position ruhigstellen, die das Atmen erleichtert.
- P341 Bei Atembeschwerden an die frische Luft bringen und in einer Position ruhigstellen, die das Atmen erleichtert.
- P342 Bei Symptomen der Atemwege:
- P350 Behutsam mit viel Wasser und Seife waschen.
- P351 Einige Minuten lang behutsam mit Wasser ausspülen.
- P352 Mit viel Wasser und Seife waschen.
- P353 Haut mit Wasser abwaschen/duschen.
- P360 Kontaminierte Kleidung und Haut sofort mit viel Wasser abwaschen und danach Kleidung ausziehen.
- P361 Alle kontaminierten Kleidungsstücke sofort ausziehen.



---

|                    |  |
|--------------------|--|
| P362               | Kontaminierte Kleidung ausziehen und vor erneutem Tragen waschen.  |
| P363               | Kontaminierte Kleidung vor erneutem Tragen waschen.  |
| P370               | Bei Brand:   |
| P371               | Bei Großbrand und großen Mengen:   |
| P372               | Explosionsgefahr bei Brand.  |
| P373               | KEINE Brandbekämpfung, wenn das Feuer explosive Stoffe/Gemische/Erzeugnisse erreicht.  |
| P374               | Brandbekämpfung mit üblichen Vorsichtsmaßnahmen aus angemessener Entfernung.   |
| P375               | Wegen Explosionsgefahr Brand aus der Entfernung bekämpfen.   |
| P376               | Undichtigkeit beseitigen, wenn gefahrlos möglich.  |
| P377               | Brand von ausströmendem Gas: Nicht löschen, bis Undichtigkeit gefahrlos beseitigt werden kann.   |
| P378               | ... zum Löschen verwenden.   |
| P380               | Umgebung räumen.   |
| P381               | Alle Zündquellen entfernen, wenn gefahrlos möglich.  |
| P390               | Verschüttete Mengen aufnehmen, um Materialschäden zu vermeiden.  |
| P391               | Verschüttete Mengen aufnehmen.   |
| P301 + P310        | BEI VERSCHLUCKEN: Sofort GIFTINFORMATIONSZENTRUM oder Arzt anrufen.  |
| P301 + P312        | BEI VERSCHLUCKEN: Bei Unwohlsein GIFTINFORMATIONSZENTRUM oder Arzt anrufen.  |
| P301 + P330 + P331 | BEI VERSCHLUCKEN: Mund ausspülen. KEIN Erbrechen herbeiführen.   |
| P302 + P334        | BEI KONTAKT MIT DER HAUT: In kaltes Wasser tauchen/nassen Verband anlegen.   |
| P302 + P350        | BEI KONTAKT MIT DER HAUT: Behutsam mit viel Wasser und Seife waschen.  |
| P302 + P352        | BEI KONTAKT MIT DER HAUT: Mit viel Wasser und Seife waschen.   |
| P303 + P361 + P353 | BEI KONTAKT MIT DER HAUT (oder dem Haar): Alle beschmutzten, getränkten Kleidungsstücke sofort ausziehen. Haut mit Wasser abwaschen/duschen.   |
| P304 + P340        | BEI EINATMEN: An die frische Luft bringen und in einer Position ruhigstellen, die das Atmen erleichtert.                                       |
| P304 + P341        | BEI EINATMEN: Bei Atembeschwerden an die frische Luft bringen und in einer Position ruhigstellen, die das Atmen erleichtert.                   |
| P305 + P351 + P338 | BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen. |

|                    |   |
|--------------------|---|
| P306 + P360        | BEI KONTAKT MIT DER KLEIDUNG: Kontaminierte Kleidung und Haut sofort mit viel Wasser abwaschen und danach Kleidung ausziehen. |
| P307 + P311        | BEI Exposition: GIFTINFORMATIONSZENTRUM oder Arzt anrufen.  |
| P308 + P313        | BEI Exposition oder falls betroffen: Ärztlichen Rat einholen/ärztliche Hilfe hinzuziehen.                                     |
| P309 + P311        | BEI Exposition oder Unwohlsein: GIFTINFORMATIONSZENTRUM oder Arzt anrufen.  |
| P332 + P313        | Bei Hautreizung: Ärztlichen Rat einholen/ärztliche Hilfe hinzuziehen.   |
| P333 + P313        | Bei Hautreizung oder -ausschlag: Ärztlichen Rat einholen/ärztliche Hilfe hinzuziehen.   |
| P335 + P334        | Lose Partikel von der Haut abbürsten. In kaltes Wasser tauchen/nassen Verband anlegen.  |
| P337 + P313        | Bei anhaltender Augenreizung: Ärztlichen Rat einholen/ärztliche Hilfe hinzuziehen.  |
| P342 + P311        | Bei Symptomen der Atemwege: GIFTINFORMATIONSZENTRUM oder Arzt anrufen.  |
| P370 + P376        | Bei Brand: Undichtigkeit beseitigen, wenn gefahrlos möglich.  |
| P370 + P378        | Bei Brand: ... zum Löschen verwenden.   |
| P370 + P380        | Bei Brand: Umgebung räumen.   |
| P370 + P380 + P375 | Bei Brand: Umgebung räumen. Wegen Explosionsgefahr Brand aus der Entfernung bekämpfen.  |
| P371 + P380 + P375 | Bei Großbrand und großen Mengen: Umgebung räumen. Wegen Explosionsgefahr Brand aus der Entfernung bekämpfen.                  |
| P401               | ... aufbewahren.  |
| P402               | An einem trockenen Ort aufbewahren.   |
| P403               | An einem gut belüfteten Ort aufbewahren.  |
| P404               | In einem geschlossenen Behälter aufbewahren.  |
| P405               | Unter Verschluss aufbewahren.   |
| P406               | In korrosionsbeständigem/... Behälter mit korrosionsbeständiger Auskleidung aufbewahren.                                      |
| P407               | Luftspalt zwischen Stapeln/Paletten lassen.   |
| P410               | Vor Sonnenbestrahlung schützen.   |
| P411               | Bei Temperaturen von nicht mehr als ...°C/...aufbewahren.   |
| P412               | Nicht Temperaturen von mehr als 50°C aussetzen.   |
| P413               | Schüttgut in Mengen von mehr als ... kg bei Temperaturen von nicht mehr als ...°C aufbewahren.                                |
| P420               | Von anderen Materialien entfernt aufbewahren.   |
| P422               | Inhalt in/unter ... aufbewahren   |
| P402 + P404        | In einem geschlossenen Behälter an einem trockenen Ort aufbewahren.   |

---

|             |   |
|-------------|---|
| P403 + P233 | Behälter dicht verschlossen an einem gut belüfteten Ort aufbewahren.  |
| P403 + P235 | Kühl an einem gut belüfteten Ort aufbewahren.   |
| P410 + P403 | Vor Sonnenbestrahlung geschützt an einem gut belüfteten Ort aufbewahren.  |
| P410 + P412 | Vor Sonnenbestrahlung schützen und nicht Temperaturen von mehr als 50 °C aussetzen.   |
| P411 + P235 | Kühl und bei Temperaturen von nicht mehr als ...°C aufbewahren.   |
| P501        | Inhalt/Behälter ... zuführen.   |
|             |   |
| EUH 001     | In trockenem Zustand explosionsgefährlich.  |
| EUH 006     | Mit und ohne Luft explosionsfähig   |
| EUH 014     | Reagiert heftig mit Wasser.   |
| EUH 018     | Kann bei Verwendung explosionsfähige/entzündbare Dampf/Luft-Gemische bilden.  |
| EUH 019     | Kann explosionsfähige Peroxide bilden.  |
| EUH 044     | Explosionsgefahr bei Erhitzen unter Einschluss.   |
| EUH 029     | Entwickelt bei Berührung mit Wasser giftige Gase.   |
| EUH 031     | Entwickelt bei Berührung mit Säure giftige Gase   |
| EUH 032     | Entwickelt bei Berührung mit Säure sehr giftige Gase.   |
| EUH 066     | Wiederholte Kontakte kann zu spröder oder rissiger Haut führen.   |
| EUH 070     | Giftig bei Berührung mit den Augen.   |
| EUH 071     | Wirkt ätzend auf die Atemwege.  |
| EUH 059     | Die Ozonschicht schädigend.   |
| EUH 201     | Enthält Blei. Nicht für den Anstrich von Gegenständen verwenden, die von Kindern gekaut oder gelutscht werden könnten.                          |
| EUH 201A    | Achtung! Enthält Blei.  |
| EUH 202     | Cyanacrylat. Gefahr. Klebt innerhalb von Sekunden Haut und Auglider zusammen. Darf nicht in die Hände von Kindern gelangen.                     |
| EUH 203     | Enthält Chrom (VI). Kann allergische Reaktionen hervorrufen.  |
| EUH 204     | Enthält Isocyanate. Kann allergische Reaktionen hervorrufen.  |
| EUH 205     | Enthält epoxidhaltige Verbindungen. Kann allergische Reaktionen hervorrufen.  |
| EUH 206     | Achtung! Nicht zusammen mit anderen Produkten verwenden, da gefährliche Gase (Chlor)freigesetzt werden können.                                  |
| EUH 207     | Achtung! Enthält Cadmium. Bei der Verwendung entstehen gefährliche Dämpfe. Hinweise des Herstellers beachten. Sicherheitsanweisungen einhalten. |
| EUH 208     | Kann allergische Reaktionen hervorrufen.  |
| EUH 209     | Kann bei Verwendung leicht entzündbar werden.   |
| EUH 209A    | Kann bei Verwendung entzündbar werden.  |
| EUH 210     | Sicherheitsdatenblatt auf Anfrage erhältlich.   |
| EUH 401     | Zur Vermeidung von Risiken für Mensch und Umwelt die Gebrauchsanleitung einhalten.  |

## TRGS (Technische Regeln für Gefahrstoffe)

---

Technische Regeln für Gefahrstoffe

---

Umgang mit Gefahrstoffen in Einrichtungen zur humanmedizinischen Versorgung

---

TRGS 525

---

Ausgabe Mai 1998 (BArbBl. 5/98 S. 99)

Die Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) geben den Stand der sicherheitstechnischen, arbeitsmedizinischen, hygienischen sowie arbeitswissenschaftlichen Anforderungen an Gefahrstoffe hinsichtlich Inverkehrbringen und Umgang wieder. Sie werden vom

### **Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS)**

aufgestellt und von ihm regelmäßig der Entwicklung entsprechend angepasst.

Die TRGS werden vom Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung im Bundesarbeitsblatt bekannt gegeben. Vorschriften der Verordnung über gefährliche Stoffe (GefStoffV) sind eingearbeitet und durch senkrechte Randstriche gekennzeichnet.

### **1 Anwendungsbereich**

- (1) Diese TRGS legt fest und erläutert, welche Maßnahmen in Einrichtungen zur humanmedizinischen Versorgung zum Schutz der Beschäftigten nach dem Stand der Technik zu treffen sind, wenn in diesen Bereichen mit Gefahrstoffen umgegangen wird.
- (2) Folgende Arbeitsverfahren und Arbeitsbereiche werden im Rahmen dieser TRGS nicht behandelt:
  - Sterilisation und Desinfektion mit Gasen (siehe TRGS 513 „Begasungen mit Ethylenoxid und Formaldehyd in Sterilisations- und Desinfektionsanlagen“ und TRGS 522 „Raumdesinfektion mit Formaldehyd“)
  - Umgang mit biologischen Arbeitsstoffen (siehe EG-Richtlinie Nr. 90/679/EWG bzw. nationale Umsetzung)
  - Umgang mit ionisierenden Strahlen (siehe Atomgesetz, Strahlenschutzverordnung, Röntgenverordnung)
  - Reinigungsarbeiten, die für Einrichtungen zur humanmedizinischen Versorgung nicht spezifisch sind.

### **2 Begriffsbestimmungen und -erläuterungen**

- (1) Einrichtungen zur humanmedizinischen Versorgung im Sinne dieser TRGS sind Unternehmen bzw. Teile von Unternehmen, deren Beschäftigte bestimmungsgemäß
  1. Menschen stationär oder ambulant medizinisch untersuchen, behandeln oder pflegen,

2. Körpergewebe, Körperflüssigkeiten und Ausscheidungen von Menschen untersuchen und entsorgen,
  3. Rettungs- und Krankentransporte ausführen,
  4. Hauskrankenpflege durchführen
  5. und Apotheken.
- (2) Gefahrstoffe im Sinne der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) und des § 19 Abs. 2 Chemikaliengesetz (ChemG) sind u. a.:
1. gefährliche Stoffe und Zubereitungen nach § 3a ChemG sowie Stoffe und Zubereitungen, die sonstige chronisch schädigende Eigenschaften besitzen,
  2. Stoffe, Zubereitungen und Erzeugnisse, die explosionsfähig sind,
  3. Stoffe, Zubereitungen und Erzeugnisse, aus denen bei der Herstellung oder Verwendung Stoffe oder Zubereitungen nach Nr. 1 und 2 entstehen oder freigesetzt werden können.
- (3) Gefahrstoffe sind auch Arzneistoffe und Arzneimittel, die im Hinblick auf den vor gesehenen Umgang Eigenschaften entsprechend § 19 Abs. 2 ChemG aufweisen. Arzneimittel, die einem Zulassungs- oder Registrierungsverfahren nach dem Arzneimittelgesetz oder nach dem Tierseuchengesetz unterliegen, sowie sonstige Arzneimittel, soweit sie nach § 21 Abs. 2 des Arzneimittelgesetzes einer Zulassung nicht bedürfen, sind gemäß § 2 ChemG von den Kennzeichnungsvorschriften der GefStoffV auf Verbraucherpackungen ausgenommen. Die Umgangsvorschriften nach § 19 ChemG bzw. nach dem 5. und 6. Abschnitt der GefStoffV gelten auch für entsprechende Arzneimittel.
- (4) Umgang ist das Herstellen einschließlich Gewinnen oder das Verwenden. Verwenden beinhaltet Gebrauchen, Verbrauchen, Lagern, Aufbewahren, Be- und Verarbeiten, Abfüllen, Umfüllen, Mischen, Entfernen, Vernichten und Befördern. Umgang mit Gefahrstoffen schließt alle Tätigkeiten in deren Gefahrenbereich ein.
- (5) Arbeitgeber ist, wer Personen beschäftigt, einschließlich der zu ihrer Berufsbildung Beschäftigten. Dem Arbeitgeber steht gleich, wer in sonstiger Weise selbständig tätig wird. Beschäftigten gleichgestellt sind alle Personen, die in Einrichtungen der humanmedizinischen Versorgung mit Gefahrstoffen umgehen, z. B. Schüler, Studenten, Praktikanten, Famulanten, Doktoranden, Diplomanden, ehrenamtlich Tätige sowie Medizinstudenten im Praktischen Jahr und Ärzte im Praktikum.

### 3 Allgemeine Regeln

Die Pflichten des Arbeitgebers beim Umgang mit Gefahrstoffen sind im 5. und 6. Abschnitt der GefStoffV dargestellt und gelten uneingeschränkt auch für die in Nr. 4 genannten Arzneimittel.

#### 3.1 Ermittlungspflicht

- (1) Der Arbeitgeber, der mit einem Stoff, einer Zubereitung oder einem Erzeugnis umgeht, hat festzustellen, ob es sich im Hinblick auf den vorgesehenen Umgang um einen Gefahrstoff handelt. Der Arbeitgeber, der nicht über andere Erkenntnisse

verfügt, kann davon ausgehen, dass eine Kennzeichnung, die sich auf der Verpackung befindet, und dass Angaben, die in einer beigefügten Mitteilung oder einem Sicherheitsdatenblatt enthalten sind, zutreffend sind. Das Ergebnis der Ermittlung nach Satz 1 ist, soweit dabei Gefahrstoffe festgestellt worden sind, der zuständigen Behörde auf Verlangen darzulegen.

- (2) Zur Informationsgewinnung bei nicht gekennzeichneten Arzneimitteln siehe Nr. 4.1.
- (3) Näheres zu Ermittlungspflichten regelt die TRGS 440 „Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen durch Gefahrstoffe am Arbeitsplatz: Vorgehensweise (Ermittlungspflichten)“.

### **3.2 Ersatzstoffprüfung und Prüfung alternativer Verfahren**

- (1) Der Arbeitgeber muss prüfen, ob Stoffe, Zubereitungen, Erzeugnisse oder Verfahren mit einem geringeren gesundheitlichen Risiko als die von ihm in Aussicht genommenen erhältlich oder verfügbar sind.
- (2) Auch wenn die Ersatzstoffprüfung und die Prüfung alternativer Verfahren in Einrichtungen der humanmedizinischen Versorgung aufgrund von Therapiefreiheit und Hygienevorschriften nur eingeschränkt vorgenommen werden können, wird darauf hingewiesen, dass Beschäftigte Gefahrstoffen nicht ausgesetzt sein sollen. Emissionsreiche Verfahren müssen vor ihrer Anwendung bzgl. der Verfahrenstechnik und der Anwendungsform überprüft werden. Es muss geprüft werden, ob das Ziel nicht durch weniger gefährdende Anwendungsformen erreicht werden kann.
- (3) Das Ergebnis der Überlegungen zur Ersatzstoffprüfung und zur Prüfung alternativer Verfahren ist schriftlich festzuhalten und der zuständigen Behörde auf Verlangen vorzulegen. Es ist sinnvoll, diese Dokumentationspflicht in Einrichtungen der humanmedizinischen Versorgungs- oder stoffbezogen zu erfüllen, z. B.
  - bei der Auswahl von Desinfektions-, Therapie- und Anästhesieverfahren
  - bei der Neueinführung von Arznei- und Desinfektionsmitteln, die unter die Nummern 4 bis 7 fallen.
- (4) In regelmäßigen Abständen ist zu prüfen, ob das Ergebnis der Ersatzstoffprüfung und der Prüfung alternativer Verfahren noch dem Stand der Technik entspricht.

### **3.3 Gefahrstoffverzeichnis**

- (1) Der Arbeitgeber ist verpflichtet, ein Verzeichnis aller Gefahrstoffe zu führen. Näheres regelt die TRGS 440 (Ermittlungspflichten).
- (2) Das Gefahrstoffverzeichnis hat den Zweck, einen Überblick über die Gefahrstoffe zu geben, mit denen Beschäftigte in Einrichtungen der humanmedizinischen Versorgung umgehen. Es dokumentiert das Ergebnis der Ermittlung nach § 16 Abs. 1 und 3 GefStoffV. Das Verzeichnis kann als eine Grundlage für die Arbeitsbereichsanalyse, die Erstellung von Betriebsanweisungen und die Festlegung von Schutzmaßnahmen am Arbeitsplatz dienen.
- (3) Das Verzeichnis ist bei wesentlichen Änderungen fortzuschreiben und mindestens einmal jährlich zu überprüfen. Wesentliche Änderungen können sein:
  - Neuaufnahme von Gefahrstoffen,

- Änderung der Einstufung,
  - Änderung der Mengenbereiche,
  - Änderung des Arbeitsbereiches, in dem mit dem Gefahrstoff umgegangen wird.
- (4) Auch Arzneimittel im Sinne von Nr. 2 Abs. 2 dieser TRGS sind in das Verzeichnis aufzunehmen.
- (5) Absatz 1 gilt nicht für Gefahrstoffe, die im Hinblick auf ihre Eigenschaften und Menge oder Verwendung keine Gefahr für die Beschäftigten darstellen. Dabei sind die Mengen je nach Gefährungsgrad (z. B. giftig oder gesundheitsschädlich) unterschiedlich zu bewerten. Zu berücksichtigen ist auch, ob es sich lediglich um Kleinstmengen oder Mengen für den Handgebrauch durch fachkundiges Personal (z. B. in Laboratorien) handelt (TRGS 440-Ermittlungspflichten).

### 3.4 Allgemeine Schutzpflicht

Der Arbeitgeber, der mit Gefahrstoffen umgeht, hat zum Schutz des menschlichen Lebens, der menschlichen Gesundheit und der Umwelt erforderliche Maßnahmen nach den allgemeinen und besonderen Vorschriften der GefStoffV einschließlich ihrer Anhänge und den für ihn geltenden Arbeitsschutz- und Unfallverhütungsvorschriften zu treffen. Die Rangfolge der Schutzmaßnahmen nach § 19 GefStoffV ist zu beachten.

### 3.5 Persönliche Schutzausrüstung

- (1) Werden nach Durchführung von technischen Schutzmaßnahmen der Luftgrenzwert oder der Biologische Arbeitsplatztoleranzwert nicht unterschritten, hat der Arbeitgeber wirksame und hinsichtlich ihrer Trageeigenschaften geeignete persönliche Schutzausrüstungen zur Verfügung zu stellen.
- (2) Nähere Einzelheiten dazu ergeben sich aus den berufsgenossenschaftlichen „Regeln für den Einsatz von Schutzausrüstung“ (ZH 1/700 ff und GUV 20.X), siehe auch Verordnung über „Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Benutzung persönlicher Schutzausrüstungen bei der Arbeit“ (PSA-Benutzungsverordnung – PSA-BV).
- (3) Bezüglich der Anwendung spezieller persönlicher Schutzausrüstung beim Umgang mit Gefahrstoffen, wird auf die einzelnen Abschnitte dieser TRGS verwiesen.
- (4) Bei üblichem OP-Mundschutz handelt es sich nicht um Atemschutz, der zum Schutz von Beschäftigten gegen Gefahrstoffe (Gase, Stäube, Rauche, Dämpfe, Aerosole) eingesetzt werden kann. Bei solchen Expositionen richtet sich die Auswahl nach den berufsgenossenschaftlichen „Regeln für den Einsatz von Atemschutzgeräten“ (ZH 1/701 und GUV 20.14).
- (5) Medizinische Einmalhandschuhe bieten oft keinen ausreichenden Schutz gegenüber Gefahrstoffeinwirkungen. Deshalb ist zu prüfen, ob beim Umgang industriüblicher Schutzhandschuhe gemäß der DIN/EN-Vorschriften im Anhang der berufsgenossenschaftlichen „Regeln für den Einsatz von Schutzhandschuhen“ (ZH 1/706 und GUV 20.17) verwendet werden können.
- (6) Zum Einsatz von medizinischen Einmalhandschuhen wird auf die TRGS 540 „Sensibilisierende Stoffe“ und die DIN/EN 455 (in Vorbereitung) verwiesen.
- (7) Die bereichsbezogene persönliche Schutzausrüstung (z. B. zum Zubereiten von Zytostatika) muss beim Verlassen des jeweiligen Arbeitsbereiches abgelegt wer-

den. Der Arbeitgeber hat für eine geeignete Aufbewahrungsmöglichkeit zu sorgen (PSA-BV).

### **3.6 Arbeitshygienische Schutzmaßnahmen**

- (1) Nahrungs-, Genuss- und Körperpflegemittel, die für den Verbrauch durch Beschäftigte im Betrieb bestimmt sind, dürfen nur so aufbewahrt werden, dass sie mit Gefahrstoffen nicht in Berührung kommen.
- (2) Beschäftigte, die beim Umgang mit sehr giftigen, giftigen, krebserzeugenden, erbgutverändernden und fortpflanzungsgefährdenden Gefahrstoffen umgehen, dürfen in ihren Arbeitsräumen keine Nahrungs- und Genussmittel zu sich nehmen. Für diese Beschäftigten sind unter Berücksichtigung der Verhältnisse in Einrichtungen der humanmedizinischen Versorgung leicht erreichbare Räume einzurichten, in denen sie Nahrungs- und Genussmittel ohne Beeinträchtigung ihrer Gesundheit durch Gefahrstoffe zu sich nehmen können.
- (3) Beschäftigten, die mit sehr giftigen, giftigen, krebserzeugenden, erbgutverändernden und fortpflanzungsgefährdenden Gefahrstoffen umgehen, sind Waschräume sowie Räume mit getrennten Aufbewahrungsmöglichkeiten für Straßen- und Arbeitskleidung zur Verfügung zu stellen. Schutzkleidung und Schutzausrüstung sind vom Arbeitgeber zu stellen. Arbeits- und Schutzkleidung ist vom Arbeitgeber zu reinigen. Erforderlichenfalls ist sie sachgerecht zu entsorgen und vom Arbeitgeber zu ersetzen.
- (4) An Handwaschplätzen in hautbelastenden Arbeitsbereichen ist ein Hautschutzplan gut sichtbar auszuhängen. In ihm sind in übersichtlicher und leicht verständlicher Form die erforderlichen Hautschutz-, Reinigungs- und Pflegemaßnahmen den unterschiedlichen Tätigkeiten zuzuordnen. Es ist sinnvoll den Hautschutzplan mit dem Hygiene- und Desinfektionsplan zu kombinieren. Geeignete Hautschutz- und Hautpflegemittel sind vom Arbeitgeber nach fachkundiger Beratung z. B. durch den Betriebsarzt zur Verfügung zu stellen.

### **3.7 Überwachungspflicht**

- (1) Ist das Auftreten gefährlicher Stoffe in der Luft am Arbeitsplatz nicht sicher auszuschließen, so ist zu ermitteln, ob die Luftgrenzwerte oder die Biologischen Arbeitsplatztoleranzwerte unterschritten sind. Die Gesamtwirkung verschiedener gefährlicher Stoffe in der Luft am Arbeitsplatz ist zu beurteilen (siehe hierzu TRGS 403 „Bewertung von Stoffgemischen in der Luft am Arbeitsplatz“).
- (2) Grundlage für die Arbeitsplatzüberwachung ist die Arbeitsbereichsanalyse gemäß TRGS 402 „Ermittlung und Beurteilung der Konzentrationen gefährlicher Stoffe in der Luft in Arbeitsbereichen“. Diese ist immer in Zusammenarbeit zwischen dem verantwortlichen Leiter einer Einrichtung und den innerbetrieblichen oder soweit erforderlich den außerbetrieblich verpflichteten Fachleuten zu erstellen.
- (3) Für die Arbeitsbereichsanalyse ist die TRGS 402 anzuwenden.
- (4) Werden für die Gefahrstoffe die Luftgrenzwerte oder die biologischen Arbeitsplatztoleranzwerte nach Anhang VI Gef-StoffV überschritten, sind arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen durchzuführen.



### 3.8 Betriebsanweisungen und mündliche Unterweisung

- (1) Der Arbeitgeber hat eine arbeitsbereichs- und stoffgruppen- oder stoffbezogene Betriebsanweisung zu erstellen. Bzgl. Form und Ausführung einer Betriebsanweisung wird auf die TRGS 555 „Betriebsanweisung und Unterweisung nach § 20 GefStoffV“ verwiesen.
- (2) Beschäftigte, die mit Gefahrstoffen umgehen, müssen vor Aufnahme der Tätigkeit und danach mindestens einmal jährlich anhand der Betriebsanweisung über die auftretenden Gefahren sowie über die Schutzmaßnahmen unterwiesen werden. Dies gilt auch bei Einführung neuer Verfahren oder Stoffe/Zubereitungen. Die Unterweisungen sind grundsätzlich mündlich und arbeitsplatzbezogen von den jeweiligen betrieblichen Vorgesetzten durchzuführen.
- (3) Die jährlichen Unterweisungen sollten durch praktische Übungen der mit möglichen Gefahrstoffexpositionen einhergehenden Arbeitsgänge ergänzt werden.

## 4 Arzneimittel

Dieser Abschnitt gilt für Arzneimittel, bei denen beim Umgang Stoffe freigesetzt werden können, die Gefährlichkeitsmerkmale gemäß § 4 GefStoffV aufweisen. Für den Umgang mit Inhalationsanästhetika, krebserzeugenden, erbgutverändernden und fortpflanzungsgefährdenden Arzneimitteln gelten darüber hinaus die weitergehenden Regelungen der Nummern 5 und 6 dieser TRGS.

### 4.1 Grundsatz

- (1) Gegenüber Arzneimitteln, bei denen beim Umgang Stoffe freigesetzt werden können, die Gefährlichkeitsmerkmale gemäß § 4 GefStoffV aufweisen, ist die Exposition der Beschäftigten nach dem Stand der Technik zu vermeiden.
- (2) Für den Umgang mit diesen Arzneimitteln müssen Betriebsanweisungen vorliegen und die Beschäftigten müssen unterwiesen werden. Gebrauchsinformationen und ggf. Sicherheitsdatenblätter müssen für die Beschäftigten arbeitsplatznah zugänglich sein. Für die fachkundige Beratung zu den Gefährdungen kommen z. B. Apotheker und Ärzte in Betracht, die anhand von Gebrauchsinformationen, Fachinformationen und ggf. Sicherheitsdatenblättern Auskunft über Gefährdungen geben können.

### 4.2 Verteilung von festen Arzneimitteln

- (1) Bei den nachstehend aufgeführten festen Darreichungsformen (Systematik Europäisches Arzneibuch 1997), die Stoffe mit Gefährlichkeitsmerkmalen gemäß § 4 GefStoffV enthalten, ist eine Exposition der Beschäftigten nicht zu erwarten:
  - a) Tabletten/Granulate:
    - überzogene Tabletten/überzogene Granulate,
    - magensaftresistente Tabletten/magensaft-resistente Granulate,
    - überzogene Tabletten mit modifizierter Wirkstofffreisetzung/ überzogene Granulate mit modifizierter Wirkstofffreisetzung.
  - b) Kapseln:
    - Hartkapseln,
    - Weichkapseln.

- (2) Bei den nachstehend aufgeführten Darreichungsformen, die Stoffe mit Gefährlichkeitsmerkmalen gemäß § 4 GefStoffV enthalten, ist eine Exposition der Beschäftigten nach dem Stand der Technik zu vermeiden:
- a) Tabletten/Granulate:
    - nicht überzogene Tabletten/nicht überzogene Granulate,
    - nicht überzogene Tabletten mit modifizierter Wirkstofffreisetzung,
    - nicht überzogene Granulate mit modifizierter Wirkstofffreisetzung.
  - b) Pulver:
    - Pulver zur Einnahme und zur Herstellung von Lösungen und Suspensionen zur Einnahme,
    - Pulver zur kutanen Anwendung,
    - Pulver zur Herstellung von Parenteralia.
- (3) Bei der Arzneimittelverteilung in die für die Patienten vorgesehenen Gefäße, z. B. Dispenser, sind geeignete Schutzmaßnahmen vorzusehen (z. B. Tragen von Schutzhandschuhen, Gebrauch von Pinzetten oder Löffeln). Wenn keine passende Dosierung bzw. Arzneiform verfügbar ist, soll eine Zerkleinerung (Teilen von Tabletten, Zerreiben u.ä.) unter Anwendung entsprechender Hilfsmittel vorgenommen werden.
- (4) Bei der Reinigung und Handhabung von Gefäßen und Gegenständen, die bei der Arzneimittelverteilung zur Anwendung kommen, muss eine Exposition der Beschäftigten vermieden werden. Es ist im Einzelfall zu prüfen, ob kontaminierte Gefäße und Gegenstände gesondert zu reinigen sind. Näheres hierzu ist in der Betriebsanweisung zu regeln.

#### **4.3 Verabreichen von flüssigen und halbfesten Arzneimitteln**

- (1) Bei dem Verabreichen von flüssigen und halbfesten Externa sowie Ovula und Suppositorien sind geeignete Schutzhandschuhe zu tragen bzw. Applikatoren zu verwenden.
- (2) Absatz 1 gilt nicht für Anwendungen, die ausschließlich der Hautpflege dienen sowie für die Anwendung von Franzbranntwein und ähnlichen alkoholischen Präparaten.
- (3) Beim Umgang mit brennbaren Stoffen sind die einschlägigen Brand- und Explosionsschutzmaßnahmen zu beachten (siehe ZH 1/31 „Regeln für Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Desinfektionsarbeiten im Gesundheitsdienst“) Nach den vorliegenden Erfahrungen kann beim sachgerechten Umgang mit alkoholischen Präparaten von einer Einhaltung der Luftgrenzwerte für Ethanol und höheren Alkohole ausgegangen werden.

#### **4.4 Anwendungen von Inhalaten**

- (1) Zum Zwecke der Therapie erzeugte Inhalate (Aerosole, Dämpfe) sind so anzuwenden oder zu verabreichen, dass die Mitarbeiter den Wirkstoffen möglichst nicht ausgesetzt sind.
- (2) Sofern durch technische Maßnahmen nicht verhindert werden kann, dass die Beschäftigten gegenüber Aerosolen oder Dämpfen von Arzneimitteln mit Gefähr-

lichkeitsmerkmalen gemäß § 4 GefStoffV exponiert werden, muss geprüft werden, ob das Therapieziel nicht durch andere Anwendungsformen erreicht werden kann.

- (3) Bei Dosieraerosolen und Arzneimitteln zur Verwendung in Inhalationsgeräten sind die Anwendungshinweise der Gebrauchsinformationen zu beachten. Expositionsmindernd kann sich z. B. die Verwendung von Inhalationshilfen auswirken.
- (4) Zur Inhalationstherapie dürfen nur solche Geräte eingesetzt werden, die nach dem Stand der Technik möglichst keine Aerosole oder Dämpfe direkt an die Umgebungsluft abgeben, z. B. bei patientengetriggerten Geräten. Dies gilt nicht für die alleinige Anwendung von Sole oder für Geräte zur Luftbefeuchtung, wie z. B. Ultraschallvernebler.

#### **4.5 Vorbereitung und Verabreichen von Infusionen und Injektionen**

Bei der Vorbereitung und dem Verabreichen von Infusionen bzw. Injektionen ist folgendes zu beachten:

- Eine Aerosolbildung ist zu vermeiden. Dazu sind ggf. technische Hilfsmittel (z. B. Druckentlastungssysteme mit Aerosolfilter) zu verwenden.
- Beim Wechseln, Entlüften bzw. Entfernen von Infusionssystemen ist eine Exposition der Beschäftigten zu verhindern und eine Verunreinigung des Raumes zu vermeiden.

#### **4.6 Entsorgung von Arzneimitteln**

Arzneimittel und Arzneimittelreste, die nicht mehr verabreicht werden sollen oder dürfen, sind gemäß den örtlich geltenden abfallrechtlichen Bestimmungen zu entsorgen. Weitere Hinweise für die sachgerechte Entsorgung geben die berufsgenossenschaftlichen „Regeln für das Einsammeln, Befördern und Lagern von Abfällen in Einrichtungen des Gesundheitsdienstes“ (ZH 1/176) und das LAGA-Merkblatt „über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen aus öffentlichen und privaten Einrichtungen des Gesundheitsdienstes“. Bezüglich der Keimzeichnung von Abfällen wird auf die TRGS 201 „Kennzeichnung von Abfällen beim Umgang“ verwiesen.

### **5 Krebserzeugende, erbgutverändernde und fortpflanzungsgefährdende Arzneimittel**

#### **5.1 Begriffsbestimmungen und -erläuterungen**

- (1) Krebserzeugende, erbgutverändernde und fortpflanzungsgefährdende Arzneimittel (CMR-Arzneimittel) sind Stoffe gemäß Anhang I Nr. 1.4.2 oder Zubereitungen gemäß Anhang II Nr. 1.5.6 GefStoffV, die nach § 4a GefStoffV oder nach TRGS 905 „Verzeichnis krebserzeugender, erbgutverändernder oder fortpflanzungsgefährdender Stoffe“ als
  - krebserzeugende Stoffe,
  - erbgutverändernde Stoffe,
  - reproduktionstoxische (fortpflanzungsgefährdende) Stoffe mit Beeinträchtigung der Fortpflanzungsfähigkeit (Fruchtbarkeit) und fruchtschädigender (entwicklungsschädigender) Wirkung einzustufen sind
  - oder aufgrund sonstiger Erkenntnisse des Arbeitgebers so einzustufen waren.

- (2) Zu diesen Stoffgruppen zählen insbesondere zahlreiche Arzneimittel aus der Gruppe der Zytostatika und Virustatika. Nähere Hinweise sind den entsprechenden Fachinformationen zu entnehmen.
- (3) Der im Arzneimittelgesetz definierte Begriff des Herstellens ist hier nicht zur Abgrenzung eines mit bestimmten Schutzmaßnahmen verbundenen Tätigkeitspektrums geeignet. Die Begriffe des Zubereitens und der Applikation im Sinne dieses Abschnitts sind nicht identisch mit den entsprechenden Begriffen aus dem Arzneimittelrecht.
- (4) Unter Zubereiten im Sinne dieses Abschnitts sind alle Bearbeitungsvorgänge bis zum Erreichen einer applikationsfertigen Darreichungsform zu verstehen. Dazu gehört das Auflösen der Trockensubstanz mit dem dafür vorgesehenen Lösungsmittel, das Aufziehen von Spritzen mit CMR-Arzneimittel, das Dosieren eines aufgelösten Arzneimittels z. B. in eine Infusionslösung.
- (5) Unter Applikation oder Verabreichen werden im Sinne dieses Abschnitts alle Tätigkeiten zur Anwendung des zubereiteten Arzneimittels am Patienten verstanden. Dazu gehört z. B. das Anstechen der Infusion, das Anbringen (Konnektieren) des Infusionsbestecks an den Patienten, die Abnahme und die Beseitigung der Infusion.

## 5.2 Ermittlungspflicht

- (1) Der Arbeitgeber hat alle Arbeitsbereiche, in denen Beschäftigte Umgang mit CMR-Arzneimitteln haben, zu erfassen. Alle CMR-Arzneimittel sind im Gefahrstoffverzeichnis aufzuführen und entsprechend einzustufen.
- (2) In Bereichen, in denen mit CMR-Arzneimitteln umgegangen wird, muss mit einer Gefährdung der Beschäftigten gerechnet werden. Das betrifft insbesondere folgende Bereiche:
  - Zubereiten von CMR-Arzneimitteln
  - Applikation (Verabreichen) von Injektionen, Infusionen, Instillationen, Aerosolen, Salben
  - Beseitigung und Entsorgung von Erbrochenem nach oraler Aufnahme von CMR-Arzneimitteln
  - Umgang mit Ausscheidungen von Patienten unter CMR-Hochdosistherapien
  - Entsorgung von CMR-Arzneimitteln und -resten sowie entsprechend verunreinigter Materialien
  - Handhabung von mit CMR-Arzneimitteln verunreinigten Textilien
  - Reinigung verunreinigter Flächen und Geräte
- (3) Vor Einsatz von CMR-Arzneimitteln hat der Arbeitgeber die Gefährdungen zu ermitteln und die erforderlichen Schutzmaßnahmen festzulegen.
- (4) Körperflüssigkeiten von Patienten unter CMR-Therapien sind analog Anhang I und Anhang II GefStoffV nicht als Gefahrstoffe einzustufen.
- (5) Der Umgang mit Tabletten beinhaltet in der Regel keine Gefährdung, da eine Freisetzung des Wirkstoffes bei der Handhabung nicht zu erwarten ist (vgl. Nummer 4.2 Abs. 1).

## 5.3 Schutzmaßnahmen

### 5.3.1 Allgemeines

- (1) Dem zentralen Zubereiten von CMR-Arzneimitteln ist der Vorrang vor dem dezentralen Zubereiten zu geben.
- (2) Die Zahl der jeweils tätigen Beschäftigten ist in dem Arbeitsbereich, in dem CMR-Arzneimittel zubereitet werden, so gering wie möglich zu halten.
- (3) Weitere Hinweise zum Umgang mit dieser Stoffgruppe finden sich in den berufsgenossenschaftlichen „Regeln für Sicherheit und Gesundheitsschutz beim Umgang mit krebserzeugenden und erbgutverändernden Gefahrstoffen“ (ZH 1/513).

### 5.3.2 Technische Schutzmaßnahmen beim Zubereiten von CMR-Arzneimitteln

- (1) Jedes Zubereiten ist in einer geeigneten Sicherheitswerkbank durchzuführen.
- (2) Werkbänke, die eine gleichwertige Sicherheit bieten wie Werkbänke gemäß DIN 12980, können eingesetzt werden. Die Sicherheitstechnik des Arbeitsverfahrens ist in angemessener Frist der technischen Fortentwicklung anzupassen.
- (3) Zur Verhinderung der Freisetzung von CMR-Arzneimitteln sind geeignete Hilfsmittel zu verwenden z. B.:
  - Druckentlastungssysteme,
  - Überleitsysteme
- (4) Zur Verhinderung der Verunreinigung von Arbeitsflächen etc. sind
  - Arbeiten nur auf einer saugfähigen und nach unten undurchlässigen Unterlage durchzuführen, wobei darauf zu achten ist, dass die Strömungsverhältnisse der Werkbank nicht beeinträchtigt werden,
  - Infusionsbestecke nur mit Trägerlösungen zu entlüften.
- (5) Bei der Applikation von CMR-Arzneimitteln ist zu beachten, dass Zu- und Abläufe keine Undichtigkeiten aufweisen, die zu einer Verunreinigung der Umgebung führen. Beim offenen Umgang sind Schutzmaßnahmen gemäß Nr. 5.4 zu ergreifen.

### 5.3.3 Anforderungen an Aufstellung und Betrieb von Sicherheitswerkbänken

- (1) Das Zubereiten von CMR-Arzneimitteln darf nur in abgetrennten, deutlich gekennzeichneten Arbeitsräumen durchgeführt werden. Unbefugten ist der Zutritt zu untersagen. Durch organisatorische oder bauliche Maßnahmen ist sicherzustellen, dass die Funktion der Werkbank beim Öffnen der Tür zum Arbeitsraum nicht beeinträchtigt wird; ebenso dürfen Fenster grundsätzlich während der Arbeiten an der Werkbank nicht geöffnet werden.
- (2) Der Arbeitsraum muss nach der Arbeitsstättenverordnung ausreichend belüftet sein. Bei Bedarf ist die Raumluft zu klimatisieren. Die Luftführung und der Luftdruck dürfen keine negativen Rückwirkungen auf die Werkbank haben (siehe „Behördlich und berufsgenossenschaftlich anerkanntes Verfahren bei Arbeiten an Zytostatikawerkbänken“, in Vorbereitung).
- (3) Sicherheitswerkbänke sind sachgerecht aufzustellen, zu betreiben, zu warten und zu überprüfen.
- (4) Die Sicherheitswerkbank und der Raum, in dem sie aufgestellt wird, muss unter lüftungstechnischen Gesichtspunkten vor Erstinbetriebnahme, nach Änderung des

Aufstellungsortes und nach Veränderungen des Raumes durch fachkundiges Personal überprüft werden.

- (5) Beim Zubereiten von krebserzeugenden Arzneimitteln muss die Sicherheitswerkbank eine Fortluftführung nach außen haben, es sei denn es wird ein nach § 36 Abs. 7 GefStoffV und Nr. 4.2. der TRGS 560 „Lufrückführung beim Umgang mit krebserzeugenden Gefahrstoffen“ anerkanntes Verfahren (s. Absatz 2) eingesetzt.

#### **5.4 Persönliche Schutzausrüstungen**

- (1) Beim Zubereiten von CMR-Arzneimitteln in einer Sicherheitswerkbank sind folgende persönliche Schutzausrüstungen zu tragen und bei Verunreinigung oder Beschädigung sofort zu wechseln:
  1. Schutzhandschuhe ggf. mit Stulpen und
  2. hochgeschlossener Kittel mit langen Ärmeln und enganliegenden Armbündchen.
- (2) Reinigungsarbeiten in der Sicherheitswerkbank, die über das bloße Abwischen der Arbeitsfläche hinausgehen, sind mit folgender persönlicher Schutzausrüstung auszuführen:
  1. flüssigkeitsdichter Schutzkittel mit langem Arm und enganliegendem Bündchen,
  2. Schutzbrille mit Seitenschutz,
  3. Schutzhandschuhe ggf. mit Stulpen,
  4. Atemschutzmaske mindestens der Schutzstufe P 2 gemäß den berufsgenossenschaftlichen Regeln für den Einsatz von Atemschutzgeräten, (ZH 1/701 und GUV 20.14).
- (3) Zur Beseitigung von unbeabsichtigten Verunreinigungen, die beim Zubereiten oder der Applikation auftreten, sind mindestens bereitzuhalten:
  1. Überschuhe, flüssigkeitsdichte Schutzkittel mit langem Arm und enganliegendem Bündchen, Schutzbrille, und Schutzhandschuhe,
  2. Atemschutzmaske mindestens der Schutzstufe P 2 gemäß den berufsgenossenschaftlichen „Regeln für den Einsatz von Atemschutzgeräten, (ZH 1/701 und GUV 20.14),
  3. geschnittener Zellstoff in ausreichender Menge,
  4. Aufnahme- und Abfallbehältnis, Handschaufel.

#### **5.5 Maßnahmen bei unbeabsichtigter Freisetzung von CMR-Arzneimitteln**

- (1) Verunreinigungen durch verschüttete CMR-Arzneimittel (Trockensubstanzen, zerbrochene Tabletten, Zubereitungen) sind unverzüglich sachgerecht zu beseitigen. Zur Aufnahme der Substanzen eignen sich Einmaltücher oder Zellstoff. Bei Verschütten von Trockensubstanz müssen die aufnehmenden Materialien angefeuchtet werden.
- (2) Bei Verunreinigung der Haut mit CMR-Arzneimitteln ist die betreffende Stelle sofort unter reichlich fließendem, kaltem Wasser zu spülen.
- (3) Bei Spritzern in die Augen sind diese sofort mit reichlich Wasser oder isotonischer Kochsalzlösung mindestens 10 min gründlich zu spülen. Danach ist umgehend ein Augenarzt aufzusuchen.

- (4) Zum Aufnehmen von verunreinigtem Glasbruch sind geeignete Hilfsmittel zu benutzen und ein zusätzliches Paar Schutzhandschuhe gegen mechanische Risiken überzuziehen.
- (5) Die verunreinigten Bächen sind anschließend zu reinigen.

### **5.6 Innerbetrieblicher Transport**

- (1) Der Transport von Zubereitungen muss in bruchsicheren, flüssigkeitsdichten und verschließbaren Behältnissen erfolgen.
- (2) Die Transportbehältnisse von CMR-Arzneimitteln sollen mit einem Hinweis z. B. „Vorsicht Zytostatika“ gekennzeichnet sein.

### **5.7 Entsorgung**

- (1) Bei der Entsorgung von CMR-Arzneimitteln, von deren Resten und von verunreinigten Materialien sind die abfallrechtlichen Bestimmungen des jeweiligen Bundeslandes einzuhalten.
- (2) Restsubstanzen und Restlösungen sind als besonders überwachungsbedürftiger Abfall im Einklang mit dem Abfallrecht in gekennzeichneten, ausreichend widerstandsfähigen, dichtschießenden Behältnissen zu sammeln und der Entsorgung zuzuführen.
- (3) Mehrwegwäsche oder alternativ textile Mehrwegmaterialien ist/sind nach Verunreinigung unverzüglich zu wechseln, ohne weitere Manipulation zu sammeln und in der Wäscherei aufzubereiten.
- (4) Hinweise für die Kennzeichnung von Abfallsammel- und -transportbehältern gibt die TRGS 201 „Kennzeichnung von Abfällen beim Umgang“.
- (5) Weitere Hinweise auf den sachgerechten Umgang mit Abfällen im Bereich des Gesundheitsdienstes gibt das LAGA-Merkblatt „Vermeidung und Entsorgung von Abfällen aus öffentlichen und privaten Einrichtungen des Gesundheitsdienstes“.
- (6) Da eine Belastung der Filter nicht auszuschließen sind, sollten aus Vorsorgegründen beim Filterwechsel Schutzmaßnahmen mindestens analog Nr. 5.4 Abs. 2 ergriffen werden. Der Schutzkittel braucht nicht flüssigkeitsdicht zu sein.
- (7) Bei der Beschaffung neuer Werkbänke ist darauf zu achten, dass die Filter bei der Entsorgung nicht zerteilt werden müssen.

### **5.8 Arbeitsmedizinische Vorsorgemaßnahmen**

- (1) Sowohl für die Beschäftigten, die CMR-Arzneimittel zubereiten, als auch für die, die diese verabreichen, können radiologische Untersuchungen und Analysen im biologischen Material als Routineuntersuchungen nicht empfohlen werden. Im Einzelfall können z. B. nach großflächigem Hautkontakt mit oder Inkorporation von CMR-Arzneimitteln Analysen im biologischen Material sinnvoll sein.
- (2) Für Beschäftigte, die CMR-Arzneimittel zubereiten bzw. verabreichen, sind zusätzliche spezielle arbeitsmedizinische Untersuchungen aufgrund des Umgangs mit CMR-Arzneimitteln arbeitsmedizinisch nicht zu begründen.

## **6 Inhalationsanästhetika**

Dieser Abschnitt regelt den Umgang mit flüchtigen Anästhetika und Lachgas zu Narkosezwecken in Einrichtungen der humanmedizinischen Versorgung. Er enthält Prinzipien zum Umgang mit Narkosegasen. Weiterführende Erläuterungen dazu finden sich u. a. in dem „Merkblatt für den Umgang mit Narkosegasen“ herausgegeben vom Amt für Arbeitsschutz Hamburg.

### **6.1 Begriffsbestimmungen und -erläuterungen**

#### **6.1.1 Bestandteile des Narkosesystems**

- (1) Das Hochdrucksystem umfasst folgende Bestandteile:
  - die zentrale Gasversorgung für Sauerstoff, Lachgas ( $N_2O$ ) und Druckluft,
  - die dazugehörigen Zuleitungen zu den einzelnen operativen Einheiten,
  - die Wandsteckdosen,
  - Flaschensysteme direkt am Narkosegerät,
  - die Zuleitungen zum Narkosegerät,
  - die gasführenden Teile der Narkosegeräte bis hin zum Reduzierventil.
- (2) Das Niederdrucksystem umfasst:
  - das Beatmungssystem,
  - das patientennahe Kreissystem mit Ventilsystemen,
  - Verdampfer für volatile Anästhetika,
  - Messeinheiten, Kohlendioxid( $CO_2$ )-Absorber usw.

#### **6.1.2 Narkosegasabsaugungen sind:**

1. Absaugeinrichtungen an Narkosegeräten, die direkt mit dem Ausatemventil oder dem Überdruckventil verbunden sind. Durch sie wird überschüssiges Narkosegas, das von dem Patienten während der Ausatemphase abgegeben wird, aus dem Arbeitsraum entfernt.
2. Lokalabsaugungen wie z. B. abgesaugte Doppelmaskensysteme oder
3. mobile Einzelabsaugungen

#### **6.2 Ermittlungspflicht**

- (1) Alle Räume in denen bestimmungsgemäß mit Inhalationsanästhetika umgegangen wird (Lager-, Operations-, Aufwachräume, Ambulanzen usw.) sind systematisch zu erfassen. Weiterhin ist zu ermitteln, ob in anderen Räumen Beschäftigte Narkosegasen ausgesetzt sind, z. B. durch die Umluft von rezirkulierenden RLT-Anlagen (zum Begriff „ausgesetzt sein“ siehe Nr. 1 der TRGS 101 „Begriffsbestimmungen“). Für diese Arbeitsbereiche ist eine Arbeitsbereichsanalyse nach TRGS 402 „Ermittlung und Beurteilung der Konzentrationen gefährlicher Stoffe in der Luft in Arbeitsbereichen“ durchzuführen.
- (2) Im Rahmen des Gefahrstoffverzeichnis ist ein Verzeichnis aller  $N_2O$ -Leitungssysteme (Installationspläne) und Entnahmedosen zu erstellen.
- (3) Die Explosionsgefahren der eingesetzten Narkosegase und ihrer Mischungen sind zu beachten.



## 6.3 Sicherheitstechnische Maßnahmen und ihre Überwachung

### 6.3.1 Leitungssysteme für N<sub>2</sub>O

- (1) Betriebsvorschriften für Hochdruckleitungen für Lachgas (N<sub>2</sub>O) ergeben sich aus der TRG 280 „Allgemeine Anforderungen an Druckgasbehälter – Betreiben von Druckgasbehältern“ und der UVV „Gase“. Folgende Punkte sind besonders zu beachten:

| baulicher Bestandteil                | UVV Gase | Titel  |
|--------------------------------------|----------|--|
| Leitungssysteme für N <sub>2</sub> O | § 8      | Betrieb von Anlagen                            |
| –                                    | § 12     | Dichtheit von Anlagen                          |
| –                                    | § 19     | Dichtheitsüberwachung                          |
| –                                    | § 53     | Prüfung von Anlagen und Anlagenteilen          |
| –                                    | § 54     | Dichtheitsprüfung                              |
| –                                    | § 55     | Prüfung von Schlauchleitungen und Gelenkrohren |
| –                                    | § 56     | Prüfung von Gaswarneinrichtungen               |

- (2) Durch regelmäßige mindestens jährliche Überprüfung von Lachgas (N<sub>2</sub>O)-Leitungssystemen muss deren technische Dichtheit gewährleistet werden. Der Begriff technische Dichtheit wird verwendet, da eine absolute Dichtheit für Gase nicht zu erreichen ist. Technisch dicht sind Anlagenteile, wenn bei einer für den Anwendungsfall geeigneten Dichtheitsprüfung oder Dichtheitsüberwachung bzw. -kontrolle, z. B. mit schaubildenden Mitteln oder mit Lecksuch- oder Anzeigeräten, eine Undichtheit nicht erkennbar ist.
- (3) Lachgas (N<sub>2</sub>O)-Entnahmedosen sind mindestens jährlich im Ruhe- und Betriebszustand (mit Stecker) auf Dichtheit zu überprüfen. Täglich benutzte N<sub>2</sub>O-Entnahmedosen sollten in kürzeren Abständen (vierteljährlich) vom Klinikpersonal durch Gasspürgeräte oder andere geeignete Methoden auf Dichtheit überprüft werden. Um den Aufwand für die jährlichen Prüfungen zu reduzieren, kann es sinnvoll sein, nicht mehr benutzte N<sub>2</sub>O-Entnahmedosen dauerhaft dicht zu verschließen.
- (4) Der Arbeitgeber hat dafür zu sorgen, dass die Ergebnisse der o. a. Funktions- und Dichtheitsprüfungen in ein Prüfbuch eingetragen werden. Das Prüfbuch ist auf Verlangen der zuständigen Behörde zur Einsichtnahme vorzulegen.
- (5) Instandsetzungen und Wartungen dürfen gemäß DIN 13260 und UVV „Gase“ nur von sachkundigen Personen durchgeführt werden. Die Arbeiten müssen gemäß DIN 13260.9.6 dokumentiert werden.

### 6.3.2 Narkosegeräte

- (1) Narkosegeräte müssen vor der ersten Inbetriebnahme, nach Instandsetzung und Wartung entsprechend den Angaben des Herstellers geprüft werden. Soweit der Hersteller keine Angaben macht, müssen sie mindestens zweimal im Jahr mittels geeigneter Prüfverfahren auf Dichtheit überprüft werden. Die Geräte müssen im Rahmen der gerätetypischen Toleranzen technisch dicht sein. Die Überprüfung ist zu dokumentieren.

- (2) Nach jeder Gerätereinigung und erneuten Bereitstellung, bzw. vor jeder Narkose nach dem Wechsel des Patientensystems ist eine Dichtheitsprüfung des Niederdrucksystems vorzunehmen. Bei einem Systeminnendruck von 3 kPa (30 cm H<sub>2</sub>O) darf die Leckagerate im Niederdrucksystem nach dem Stand der Technik nicht mehr als 150 ml pro Minute betragen. Die Prüfung ist manuell durchzuführen, sofern das Narkosegerät keinen automatischen Selbsttest durchführt.
- (3) Leckagen größer als 150 ml pro Minute bei 3 kPa (30 cm H<sub>2</sub>O) im Niederdrucksystem sollten nicht toleriert werden. Auch Geräte älterer Bauart weisen bei guter Pflege und Wartung selten höhere Leckagen auf. Ggf. ist auch zu überprüfen, ob ältere Geräte nachgerüstet werden können. Finden sich bei ausreichender Pflege und Wartung und ggf. Nachrüstung höhere Leckagen, so ist durch ausreichende Raumlüftung die Einhaltung von Luftgrenzwerten zu gewährleisten. Bei neuen Geräten ist die technische erreichbare minimale Leckagerate einzuhalten.

#### **6.4 Narkosegasabsaugungen**

- (1) Die Abführung überschüssiger Narkosegase ist über eine Narkosegasabsaugung sicherzustellen.
- (2) Vor Beginn jeder Narkose mit Inhalationsnarkotika muss sichergestellt werden, dass die Narkosegasabsaugung angeschlossen und angeschaltet wurde.
- (3) Der Arbeitgeber hat zu gewährleisten, dass Narkosesystem und Absaugungssystem so aufeinander abgestimmt sind, dass in allen Betriebszuständen überschüssige Narkosegase vollständig abgesaugt werden.
- (4) Narkosegase aus Nebenstrommessgeräten müssen erfasst werden und dürfen nicht in die Raumluft gelangen.
- (5) Die ausreichende Wirksamkeit von Absauganlagen ist über regelmäßige Wartung und Kontrolle nach Angaben des Herstellers, mindestens aber jährlich zu gewährleisten. Dieses ist zu dokumentieren.
- (6) Nach Beendigung des OP-Betriebes sind die Narkosegasabsaugeinrichtungen aus dem Wandanschluss zu nehmen, da durch ständigen Betrieb der Absauganlagen die Gefahr besteht, dass die Anlagen durch Fremdkörper verstopfen.
- (7) Absaugschläuche sind durch regelmäßige Sichtkontrolle auf Beschädigungen und Defekte zu überprüfen.

#### **6.5 Maßnahmen zur Einhaltung der Luftgrenzwerte bei bestimmten Narkoseverfahren und Operationstechniken**

- (1) Da bei manchen Narkoseverfahren (z. B. Maskennarkosen) oder bestimmten Operationstechniken frei abströmende Narkosegase zu hohen Narkosegasbelastungen der Beschäftigten führen können, ist durch geeignete Maßnahmen (indikationsabhängig) eine Einhaltung der Luftgrenzwerte zu gewährleisten.

Als geeignete Maßnahmen sind anzusehen:

- Medizinische Ersatzverfahren (z. B. i.v. Narkose),
- emissionsarme Ersatzverfahren (z. B. Ersatz des Kuhnschen Bestecks durch Kreissysteme),

- lokale Absaugungen wie Doppelmaskensysteme, Absaugung am Tubus, abgesaugte Doppelbeutelssysteme (Säuglingsnarkosen), Tischabsaugungen oder andere lokale Absaugsysteme, die frei abströmende Narkosegase soweit wie möglich erfassen,
  - ausreichende Außenluft über die raumlufttechnischen Anlagen,
  - ausreichender Luftwechsel am Arbeitsplatz des Anästhesie- und des Operationspersonals.
- (2) Die Abluft von lokalen Absauganlagen darf grundsätzlich nicht in raumlufttechnische Anlagen mit Umluftanteil gelangen. Ausnahmen sind über eine Arbeitsbereichsanalyse für alle betroffenen Arbeitsbereiche zu beurteilen und zu begründen.

### 6.6 Raumlufttechnische Anlagen

- (1) Aufgrund der heute nach pr EN 740 „Narkosegeräte“ zulässigen Leckagen ist mit einer natürlichen Lüftung keine ausreichende Sicherheit für die Einhaltung der Luftgrenzwerte von Narkosegasen gewährleistet. In Operations-, Ein-, Ausleit- und Aufwachräumen, in denen regelmäßig mit Narkosegasen umgegangen wird, sind die Grenzwerte für Narkosegase durch geeignete (lüftungs-) technische Maßnahmen einzuhalten. Eine RLT-Anlage nach DIN 1946 Teil 4 kann eine geeignete Maßnahme darstellen, um die Luftgrenzwerte einzuhalten.
- (2) Die Wirksamkeit raumlufttechnischer Anlagen im Arbeitsbereich des Anästhesiepersonals muss unter den üblichen Arbeitsbedingungen (auch nach Abdeckung des Operationsfeldes) und bei Änderung des Arbeitsverfahrens überprüft werden, um lokale Anreicherungen von Narkosegasen durch mangelnden Luftaustausch zu vermeiden. Ggf. ist durch geeignete Maßnahmen für einen ausreichenden Luftwechsel am Arbeitsplatz des Anästhesisten zu sorgen.

### 6.7 Überwachung der Arbeitsbereiche

- (1) Die Konzentration von Narkosegasen in der Luft im Arbeitsbereich ist nach TRGS 402 „Ermittlung und Beurteilung der Konzentrationen gefährlicher Stoffe in der Luft am Arbeitsbereichen“ und der TRGS 403 „Bewertung von Stoffgemischen in der Luft am Arbeitsplatz“ zu überwachen.
- (2) Die Wirksamkeit technischer Maßnahmen gemäß Nr. 6.3 bis 6.6 muss durch regelmäßige Wartung und Instandhaltung und durch regelmäßige Kontrolle des technischen Raumstatus gewährleistet werden. Unter Erhebung eines technischen Raumstatus ist folgendes zu verstehen: Mittels geeigneter Messsysteme wird im Rahmen systematischer Messprogramme die Grundverunreinigung aller lachgasführenden Räume ermittelt. Alle potentiellen N<sub>2</sub>O-Leckagepunkte werden direkt überprüft. Die Messprogramme sind einmal jährlich und vor jeder Kontrollmessung außerhalb des laufenden OP-Betriebes durchzuführen.
- (3) Auf regelmäßige Kontrollmessungen gemäß TRGS 402 kann verzichtet werden, wenn folgende Bedingungen eingehalten werden:
1. Nachweis der Einhaltung der Maßnahmen gemäß Nr. 6.6 und 6.8,
  2. Nachweis der dauerhaft sicheren Einhaltung der Luftgrenzwerte gemäß TRGS 402. In Aufwachräumen kann von einer dauerhaft sicheren Einhaltung der Luftgrenzwerte für Narkosegase ausgegangen werden, wenn die Bedingungen

der BIA/BG-Empfehlung zur „Überwachung von Arbeitsbereichen/Aufwacheräumen“ erfüllt sind. Eine entsprechende BG/BIA-Empfehlung zur „Überwachung von Operationsräumen“ befindet sich in Vorbereitung.

3. Nachweis, dass die Bedingungen, die zur Aussetzung der Kontrollmessungen geführt haben, noch gültig sind (hierzu gehören auch Änderungen der Luftgrenzwerte, Wechsel in den Operationsprogrammen etc.).

### **6.8 Betriebsanweisung und Unterweisung**

- (1) Gemäß § 20 GefStoffV ist eine Betriebsanweisung für das Anästhesiepersonal zu erstellen. Es ist sinnvoll, gefahrstoffbezogene Betriebsanweisungen in Arbeitsanweisungen zu integrieren, die alle sicherheitstechnischen Anforderungen an Anästhesiearbeitsplätze umfassend abhandeln. Nähere Hinweise gibt die TRGS 555 „Betriebsanweisung und Unterweisung nach § 20 GefStoffV“.
- (2) Beschäftigte, die im Anästhesiebereich arbeiten, müssen arbeitsplatzbezogen vom jeweiligen betrieblichen Vorgesetzten vor Aufnahme ihrer Tätigkeit und danach mindestens einmal jährlich unterwiesen werden.
- (3) Die Unterweisungen sollten zusätzlich beinhalten:
  1. Gerätekunde: Unterweisung in Dichtheitsprüfungen, Leckagesuche, Anwendung von lokalen Absaugmaßnahmen, Anschließen der zentralen Absaugung usw.,
  2. Unterweisung in arbeitsschutzgerechter Narkoseführung,
  3. Hinweise an gebärfähige Arbeitnehmerinnen auf die Gefährdungen durch Inhalationsanästhetika,
  4. praktische Übungen, z. B. unter Einsatz direkt anzeigender Narkosegasmessgeräte.

## **7 Desinfektionsmittel**

### **7.1 Begriffsbestimmungen und -erläuterungen**

- (1) Desinfektion ist die gezielte Abtötung oder Inaktivierung von Krankheitserregern mit dem Ziel deren Übertragung zu verhindern.
- (2) Desinfektionsverfahren sind alle gezielten physikalischen, chemischen oder kombinierten Verfahren zur Durchführung einer Desinfektion.
- (3) Desinfektionsmittel sind chemische Stoffe oder Zubereitungen, die Mikroorganismen auf Oberflächen, in Flüssigkeiten oder Gasen abtöten oder inaktivieren.
- (4) Im folgenden werden nur solche Desinfektionsmittel berücksichtigt, die für Einrichtungen der humanmedizinischen Versorgung spezifisch sind und für die besondere Maßnahmen im Sinne der GefStoffV erforderlich sind. Für sonstige Desinfektionsmittel und -verfahren wird auf andere Regelungen verwiesen (z. B. UVV „Chlorung von Wasser“, UVV „Wäscherei“).
- (5) Die für Einrichtungen der humanmedizinischen Versorgung spezifischen Desinfektionsmittel werden eingesetzt z. B. bei der
  - Händedesinfektion
  - Haut-/Schleimhautdesinfektion,
  - Flächendesinfektion,
  - Instrumentendesinfektion.

## **7.2 Ermittlungspflichten bei Auswahl und Anwendung von Desinfektionsmitteln und -verfahren für die Flächen- und Instrumentendesinfektion**

### **7.2.1 Grundsatz**

- (1) Vor der Entscheidung über den Einsatz von Desinfektionsmitteln ist zu prüfen, ob eine Desinfektion erforderlich ist.
- (2) Die Auswahl des Desinfektionsmittels richtet sich nach dem Spektrum der zu erwartenden Infektionserreger unter Einbeziehung des medizinischen und technischen Arbeitsschutzes. Umweltaspekte sind bei der Auswahl zu berücksichtigen.

### **7.2.2 Prüfung von Ersatzstoffen und -verfahren**

- (1) Es ist zunächst zu prüfen, ob der Einsatz von Desinfektionsmitteln durch thermische Verfahren ganz oder teilweise ersetzt werden kann. Ist dies nicht möglich, ist zu prüfen, ob Gefährdungen durch Verfahrensänderung (z. B. Automatisierung, Verzicht auf Ausbringungsverfahren mit Aerosolbildung wie z. B. Besprühen mit Desinfektionsmitteln) verringert werden können.
- (2) Bei der Auswahl von Desinfektionsmitteln und -verfahren ist unter Abwägen von hygienischen Erfordernissen das mit dem geringstem gesundheitlichen Risiko für die Beschäftigten auszuwählen (siehe hierzu Nr. 5 der TRGS 440).

### **7.2.3 Dokumentation**

Das Ergebnis der Prüfung von Ersatzstoffen und -verfahren ist zu dokumentieren und auf Anforderung den Arbeitsschutzbehörden zur Verfügung zu stellen.

## **7.3 Schutzmaßnahmen beim Umgang mit Desinfektionsmitteln**

### **7.3.1 Allgemeine Schutzmaßnahmen**

Unnötiger Haut- und Schleimhautkontakt ist zu vermeiden. Zur Erläuterung bzgl. der spezifischen Schutzmaßnahmen wird auf die „Regeln für Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Desinfektionsarbeiten im Gesundheitsdienst“ (ZH 1/31) und auf die TRGS 531 „Gefährdung der Haut durch Arbeiten im feuchten Milieu (Feuchtarbeit) sowie auf die TRGS 540 „Sensibilisierende Stoffe“ verwiesen.

### **7.3.2 Schutzmaßnahmen beim Umgang mit Desinfektionsmittelkonzentraten**

- (1) Zur Verdünnung von Desinfektionsmittelkonzentraten mit Wasser darf dieses maximal Raumtemperatur haben.
- (2) Zur Herstellung der Gebrauchslösungen sind möglichst automatische Dosiergeräte zu verwenden. Bei Handdosierung sind technische Dosierhilfen (z. B. Dosierpumpen, Dosierbeutel) zu verwenden. Die erforderliche Anwendungskonzentration ist strikt einzuhalten.
- (3) Ein Mischen verschiedener Produkte ist zu unterlassen, es sei denn, der Hersteller weist ausdrücklich auf die Kompatibilität hin.
- (4) Da die Erfahrung zeigt, dass ein Verspritzen der Konzentrate nicht auszuschließen ist, sind beim Herstellen der Gebrauchslösungen

Schutzbrille und geeignete Handschuhe zu tragen.

### **7.3.3 Schutzmaßnahmen beim Umgang mit Gebrauchslösungen**

#### **7.3.3.1 Aldehydhaltige Desinfektionsmittel**

- (1) Beim Umgang mit aldehydhaltigen Lösungen ist der direkte Kontakt mit der Haut und Schleimhaut und das Einatmen der Dämpfe zu vermeiden. Deshalb sind Gefäße mit aldehydhaltigen Lösungen, die nicht zum unmittelbaren Verbrauch bestimmt sind, dicht zu verschließen.
- (2) Bei der Scheuer- und Wischdesinfektion von Oberflächen ist darauf zu achten, dass keine Pfützen verbleiben, aus denen Aldehyd über längere Zeit an die Raumluft abgegeben werden. Für eine ausreichende Raumbelüftung bei und direkt nach der Flächendesinfektion ist zu sorgen.

#### **7.3.3.2 Alkoholische Desinfektionsmittel**

- (1) Als alkoholische Desinfektionsmittel bezeichnet man Zubereitungen, deren primäre wirksame Bestandteile Alkohole sind.
- (2) Alkoholische Desinfektionsmittel dürfen zur Flächendesinfektion nur verwendet werden, wenn eine schnell wirkende Desinfektion notwendig ist und ein Ersatzstoff oder -verfahren nicht zur Verfügung steht. Hierbei ist folgendes zu beachten:
  - Die ausgebrachte Menge der Gebrauchslösung darf aus Gründen des Explosionsschutzes 50 ml je m<sup>2</sup> zu behandelnden Fläche nicht überschreiten. Die ausgebrachte Gesamtmenge pro Raum darf nicht mehr als 100 ml je m<sup>2</sup> Raumgrundfläche betragen.
  - Aerosolbildung muss so weit wie möglich vermieden werden.
  - Heiße Flächen müssen vor der Desinfektion abgekühlt sein.
  - Mit der Desinfektion darf erst begonnen werden, wenn keine brennbaren Gase oder Dämpfe in gefahrbringender Menge in der Raumluft vorhanden sind.
- (3) Wegen der Brand- und Explosionsgefahr können zusätzlich Schutzmaßnahmen erforderlich sein. Besonders vor dem Einsatz elektrischer Geräte ist das Abtrocknen des alkoholischen Desinfektionsmittels auf Haut und Flächen abzuwarten. Die Händedesinfektion mit alkoholischen Desinfektionsmitteln ist im näheren Umkreis von offenen Flammen und anderen Zündquellen nicht zulässig. Gefäße mit alkoholischen Desinfektionsmitteln sind nach Gebrauch wieder zu verschließen. Näheres ist den berufsgenossenschaftlichen Regeln „für Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Desinfektionsarbeiten im Gesundheitsdienst“ (ZH 1/31) zu entnehmen.

#### **7.4 Betriebsanweisung**

Die arbeitsbereichs- und stoffgruppen- oder stoffbezogene Betriebsanweisung ist sinnvollerweise mit den Vorgaben des Hygiene- und Desinfektionsplans sowie dem Hautschutzplan in einer Arbeitsanweisung zusammenzufassen und an geeigneter Stelle bekannt zu geben.

## Literaturverzeichnis

- Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren (Atomgesetz – AtomG)
- Strahlenschutzverordnung (StrlSchV)
- Röntgenverordnung (RöV)
- Gesetz zum Schutz vor gefährlichen Stoffen (Chemikaliengesetz -ChemG)
- Verordnung zum Schutz vor gefährlichen Stoffen (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV)
- Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit (Arbeitsschutzgesetz – ArbSchG)
- Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Benutzung persönlicher Schutzausrüstungen bei der Arbeit (PSA-Benutzerverordnung – PSA-BV)
- Verordnung über Arbeitsstätten (Arbeitsstättenverordnung – ArbStättV)
- Medizinproduktegesetz (MPG)
- Medizingeräteverordnung (MedGV)
- Wasserhaushaltsgesetz – WHG
- Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (sowie entsprechende Verordnungen)
- EG-Richtlinie Nr. 90/679/EWG
- TRGS 003 „Allgemein anerkannte sicherheitstechnische arbeitsmedizinische und hygienische Regeln (Hinweise des Bundesministeriums für Arbeit und Sozialordnung)“
- TRGS 101 „Begriffsbestimmungen“
- TRGS 201 „Einstufung und Kennzeichnung von Abfällen beim Umgang
- TRGS 402 „Ermittlung und Beurteilung der Konzentrationen gefährlicher Stoffe in der Luft in Arbeitsbereichen“
- TRGS 403 „Bewertung von Stoffgemischen in der Luft am Arbeitsplatz“
- TRGS 440 „Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen durch Gefahrstoffe am Arbeitsplatz: Vorgehensweise (Ermittlungspflichten)“
- TRGS 513 „Begasungen mit Ethylenoxid und Formaldehyd in Sterilisations- und Desinfektionsanlagen“
- TRGS 522 „Raumdesinfektion mit Formaldehyd“
- TRGS 531 „Gefährdung der Haut durch Arbeiten im feuchten Milieu (Feuchtarbeit)“
- TRGS 540 „Sensibilisierende Stoffe“
- TRGS 555 „Betriebsanweisung und Unterweisung nach § 20 GefStoffV“
- TRGS 560 „Lufrückführung beim Umgang mit krebserzeugenden Gefahrstoffen“
- TRGS 900 „Grenzwerte in der Luft am Arbeitsplatz (Luftgrenzwerte)“
- TRGS 903 „Biologische Arbeitsplatztoleranzwerte (BAT-Werte)“
- TRGS 905 „Verzeichnis krebserzeugender, erbgutverändernder oder fortpflanzungsgefährdender Stoffe“
- TRGS 907 „Verzeichnis sensibilisierender Stoffe“
- TRG 280 „Allgemeine Anforderungen an Druckgasbehälter – Betreiben von Druckgasbehältern“
- Europäisches Arzneibuch 1997
- UVV „Chlorung von Wasser“
- UVV „Gase“
- UVV „Gesundheitsdienst“
- UVV „Wäscherei“
- Behördlich und berufsgenossenschaftlich anerkanntes Verfahren bei Arbeiten an Zytostatikawerkbänken (in Vorbereitung)
- ZH 1/31 „Regeln für Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Desinfektionsarbeiten im Gesundheitsdienst“ (z. Zt. im Entwurf)

ZH 1/124 „Betriebsanweisungen für den Umgang mit Gefahrstoffen“ ZH 1/513 „Regeln für Sicherheit und Gesundheitsschutz beim Umgang mit krebserzeugenden und erbgutverändernden Gefahrstoffen“ ZH 1/700 und GUV 20.19 „Regeln für den Einsatz von Schutzkleidung“  
ZH 1/701 und GUV 20.14 „Regeln für den Einsatz von Atemschutzgeräten“  
ZH 1/706 und GUV 20.17 „Regeln für den Einsatz von Schutzhandschuhen“  
DIN/EN 374  
DIN/EN 455 Teil 1 und Teil 2 (Teil 3 z. Zt. im Entwurf)  
DIN/EN 740  
DIN 1946  
DIN 12950  
DIN 12980  
DIN 13260  
BG/BIA-Empfehlung zur Überwachung von Arbeitsbereichen- Aufwachräumen  
BG/BIA-Empfehlung zur Überwachung von Operationsräumen (z. Zt. in Vorbereitung)  
Merkblatt „Umgang mit Narkosegasen“ (Amt für Arbeitsschutz Hamburg)  
Merkblatt „Umgang mit Zytostatika – Arbeitsschutz bei der Herstellung und Zubereitung“ (Arbeitsschutzverwaltung Nordrhein-Westfalen)  
LAGA-Merkblatt „über die Entsorgung von Abfällen aus privaten und öffentlichen Einrichtungen des Gesundheitsdienstes“  
Liste der vom Bundesgesundheitsamt geprüften und anerkannten Desinfektionsmittel und -verfahren (12. Ausgabe Bundesgesundheitsblatt 37 (1994) 3, 128–142)  
Liste der nach den Richtlinien für die Prüfung chemischer Desinfektionsmittel geprüften und von der Deutschen Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie als wirksam befundene Desinfektionsverfahren (m p h – Verlag, Wiesbaden)  
Schrift GP 2 „Umgang mit Gefahrstoffen im Krankenhaus“ (Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege)

### **Bemerkung**

Diese gegenwärtig geltende Technische Regel wurde noch nicht der Gefahrstoffverordnung vom 23.12.2004 angepasst.

Deshalb kann sie falsche Zitate in Bezug auf die Rechtsnorm enthalten.

Es gilt die aktuelle Gefahrstoffverordnung:

[http://bundesrecht.juris.de/bundesrecht/gefstoffv\\_2005/gesamt.pdf](http://bundesrecht.juris.de/bundesrecht/gefstoffv_2005/gesamt.pdf)



---

# Sachverzeichnis

## A

Abfälle, 28  
Abgangsgruppe, 120  
Absorption, 9  
Acetal, 149  
Acetessigsäureethylester, 146  
Acetyl-Coenzym A, 153  
Acetylierung, 171  
Acidität, 19  
Acrylsäureester, 195  
Addition, elektrophile, 156  
Additions-Eliminierungs-Mechanismus, 169  
Additionsreaktion, 143  
Affinität, 60  
Aktivierungsenergie, 127  
Aktivierungsenthalpie, 127  
Aktivierungsentropie, 139  
Aktivität, 27  
Aktivitätskoeffizient, 27  
Aldehyd, 118  
Aldol, 152  
Alkohol, 113  
Alpha-Helix, 187  
Amide, 163  
Amine, 118  
Aminosäure, 124  
Aminosäuresequenz, 198  
Ammoniak, 32  
Ampholyte, 167  
Anionenaustauscher, 59  
Anregung, 86  
Äpfelsäure, 147  
Äquivalenzpunkt, 129  
Arbeitsbereich, 60  
Atombindung, 63

Ausgleichskurve, 8  
Austauscherharz, 45  
Austauschersäule, 45  
Autoprotolyse, 13  
Avogadro-Zahl, 139

## B

Bänderstruktur, 70  
Basenkonstante, 19  
Basenstärke, 18  
Beersches Gesetz, 63  
Beta-Faltblattstruktur, 187  
Beta-Ketocarbonsäure, 143  
Beta-Ketocarbonsäureester, 153  
Beta-Ketoester, 153  
Bezugselektrode, 105  
Bindung  
  glykosidische, 183  
  heteropolare, 69  
  kovalente, 69  
Bindungsabstand, 206  
Bindungselektronenpaar, 69  
Bindungsenergie, 17, 206  
Biokatalysator, 83  
Biuret-Reaktion, 199  
Bodenkörper, 53  
Brenztraubensäure, 148  
Brom, 154  
Bromaddition, 155  
Bromat, 97  
Bromonium-Ion, 156  
Brönsted-Säure, 14  
Bürette, 28  
Butadien, 195

**C**

Carbenium-Ion, 119  
 Carbonsäureamid, 163  
 Carbonsäurederivat, 168  
 Carbonylgruppe, 148  
 Carbonylverbindung, 118, 148  
 C=C-Doppelbindung, 196  
 Cellobiose, 184  
 Cellulose, 185  
 CH-Acidität, 151  
 Chelatkomplex, 75  
 Chelatliganden, 76  
 Chiralität, 113  
 Chlorophyll, 68  
 Chlorwasserstoff, 71  
 Chromatographie, 123, 159  
 Coulomb-Kräfte, 71  
 Cystein, 177  
 Cystin, 177

**D**

Daniell-Element, 104  
 Decarboxylierung, 143  
 Dehydrierung, 199  
 D-Glycerinaldehyd, 180  
 Diaphragma, 104  
 Diastereomer, 171  
 Dibenzalacetone, 147  
 Dielektrizitätskonstante, 203  
 Diffusion, 104  
 Dipol, 71  
 Disaccharid, 171  
 Dispersionswirkung, 193  
 Disproportionierung, 196  
 Dissoziation, 12  
 Dissoziationsgrad, 19  
 Dissoziationskonstante, 16  
 D,L-Nomenklatur, 180  
 Drehsinn, 180  
 Dünnschichtchromatographie, 166

**E**

Edelgaskonfiguration, 73  
 EDTA, 81  
 Edukt, 14  
 Eichkurven, 63  
 Einstabmesskette, 28  
 Einstufenreaktion, 140

Elektrode, 104

Elektrodenpotential, 105  
 Elektronegativität, 17  
 Elektronenaffinität, 69  
 Elektronenpaar  
   Akzeptoren, 14  
   Donoren, 14  
 Elektrophil, 119  
 Eliminierung, 150  
 Emission, 85  
 Endiol-Form, 183  
 Enol-Form, 154  
 Enthalpie, 154  
 Entropie, 182  
 Enzym, 39  
 Essigsäure, 8  
 Essigsäureethylester, 115  
 Ester, 130  
 Esterkondensation, 153

**F**

Faradaykonstante, 106  
 Fehlergrößen, 6  
 Fette, 49  
 Fettsäuren, 153  
 Fettverseifung, 187  
 Fließgleichgewicht, 55  
 Fluoreszenz, 86  
 Frequenz, 86  
 Fructose, 173  
 Furanose-Form, 181

**G**

Gaskonstante, 106  
 Gefahrensymbole, 221  
 Gemische, homogene, 48  
 Geschwindigkeit, 9  
 Geschwindigkeitskonstante, 129  
 Gibbs-Energie, 52  
 Gibbs-Helmholtz-Gleichung, 52  
 Gips, 44  
 Gitterenergie, 50  
 Glaselektrode, 110  
 Gleichgewicht, 119  
   dynamisches, 14  
 Gleichgewichtskonstante, 140  
 Gleichgewichtsreaktion, 149  
 Glucose, 33

$\alpha$ -D-Glucose, 175  
 $\beta$ -D-Glucose, 175  
Glycerin, 146  
Glykosid, 171  
Grenzformel, 197  
Gruppen, funktionelle, 40

## H

Halbacetal, 149  
Halbacetalbildung, 150  
Halbketal, 149  
Halbzelle, 104  
Häm, 84  
Hämoglobin, 76  
Härtebildner, 61  
H-Sätze, 221  
Hydratation, 50  
Hydratationsenthalpie, 50  
Hydratisierung, 157  
Hydrochinon, 93  
Hydrogencarbonat, 14  
Hydrolyse, 127  
Hypochlorit, 102

## I

Indikator, 1  
Infrarotspektroskopie, 170  
Iod, 47  
Iodid, 50  
Iodometrie, 91  
Ionenaustauscherchromatographie, 61  
Ionenprodukt des Wassers, 1  
Ionenradius, 17  
Ionisierungsenergie, 69  
IR-Spektrum, 163  
Isopren, 195

## K

Kalkstein, 57  
Katalysator, 76  
Katalyse, 109  
Kationenaustauscher, 42  
Keto-Enol-Tautomerie, 143, 153  
Keto-Form, 154  
Ketol, 152  
Keton, 118  
Kettenabbruch, 196

Kettenwachstum, 196  
Kinetik, 39  
Kohlendioxid, 99  
Kohlenhydrate, 124  
Kohlensäurepuffer, 39  
Kolorimetrie, 63  
Komplementärfarbe, 86  
Kondensation, 143  
Konfiguration, 175  
Konformation, 193  
Konjugation, 154  
Konstanten, physikalische, 203  
Koordinationspolymerisation, 195  
Koordinationszahl, 73  
Kunststoff, 187  
Küvette, 89

## L

Ladungsbilanz, 101  
Lambert-Beersches Gesetz, 63  
Le Chatelier, 15  
Lecithin, 194  
Lewis-Säure, 14  
L-Glycerinaldehyd, 175  
Liganden, 72  
Ligandenstärke, 75  
Lipoid, 194  
Löslichkeit, molare, 41  
Löslichkeitsprodukt, 41, 54  
Lösung  
  gesättigte, 110  
  ideale, 34  
  neutrale, 17  
Lösungsenthalpie, 50  
Lösungsgleichgewicht, 53  
Lösungsmittel, aprotisches, 122  
L-Reihe, 167  
Lumineszenz, 86

## M

Makromolekül, 142  
Maltose, 173  
Marmor, 45  
Maßanalyse, 9  
Massenwirkungsgesetz, 15, 16, 53  
Maßlösung, 103  
Membran, biologische, 194  
Mesomerie, 136

Messgefäß 10  
 Messkolben, 11  
 Messpipette, 11  
 Messzylinder, 4  
 Metallindikator, 63  
 Methacrylsäureester, 189  
 Methacrylsäuremethylester, 189  
 Methylorange, 3  
 Micellen, 187  
 Mol, 1  
 Monosaccharide, 171  
 Mutarotation, 182  
 MWG\|t Siehe Massenwirkungsgesetz, 16

**N**

Nernstsche Gleichung, 33  
 Nernstscher Verteilungssatz, 41  
 Nomenklatur, 80  
 Nylon, 187

**O**

Orbitale, antibindende, 69  
 Ostwaldsches Verdünnungsgesetz, 20  
 Oxidation, 91  
 Oxidationsmittel, 98  
 Oxidationszahl, 99  
 Ozonschicht, 47

**P**

Partikeldurchmesser, 48  
 p-Benzochinon, 93  
 Peleusball, 3  
 Phase, 16  
 Phenolphthalein, 22  
 pH-Indikator, 2  
 pH-Meter, 28  
 Phosphoglycerid, 194  
 Phosphoreszenz, 86  
 Phosphorsäure, 18  
 Photometrie, 85  
 Photosynthese, 83  
 pH-Wert, 8  
 Piperidin, 162  
 Pipettierhilfe, 3  
 pKS-Wert, 32, 151  
 Plancksche Wirkungsbeziehung, 85

Polyamid, 196  
 Polykondensation, 187  
 Polymerisation, 187  
 Polypeptid, 187  
 Polypropylen, 195  
 Potentiale, elektrochemische, 91  
 Primärstruktur, 198  
 Prinzip des kleinsten Zwanges, 15  
 Protein, 187  
   globuläres, 198  
 Proteinbaustein, 167  
 Protolysegrad, 1  
 Protolysereaktion, 1  
 Protonenakzeptor, 12  
 Protonendonor, 12  
 P-Sätze, 221  
 Pufferbereich, 27  
 Pufferkapazität, 27  
 Pufferlösung, 27  
 Puffersystem, 27  
 Pufferwirkung, 38  
 Pyranose-Form, 181  
 Pyridin, 162

**Q**

Quetschhahnbürette, 10

**R**

Racemat, 123  
 Reaktion  
   exotherme, 72  
   intramolekulare, 182  
   konzertierte, 155  
 Reaktionsdiagramm, 127  
 Reaktionsgeschwindigkeit, 55  
 Reaktionsgeschwindigkeitskonstante, 127, 138  
 Reaktionskinetik, 103  
 Redoxreaktion, 91  
 Reduktion, 91  
 Reduktionsmittel, 98  
 Reduktionspotential, 105, 205  
 Reihe, spektrochemische, 75  
 Relaxation, 86  
 Retentionszeit, 166  
 Ribose, 180  
 Rücktitration, 91

**S**

Saccharose, 173  
Sättigung, 60  
Säure-Base-Paar, 1  
    konjugiertes, 13  
Säurekonstante, 16, 203  
Saurer Regen, 57  
Säure, schwache, 1  
Säurestärke, 17  
Schellbachstreifen, 3  
Schmelzpunktsbestimmung, 143  
Schritt, geschwindigkeitsbestimmender, 138  
Seifen, 187  
    amphiphile, 192  
Sekundärstruktur, 198  
Seliwanoff, 174  
Siedepunkt, 203  
SI-Einheiten, 202  
Skleroprotein, 198  
SN1-Reaktion, 120  
SN2-Reaktion, 122  
Solvatation, 41  
Spannungsreihe, 106  
Spektrochemische Reihe, 75  
Spiegelbildisomer, 178  
Standardpotential, 105  
Standard-Reduktionspotential, 106  
Standardwasserstoffelektrode, 105  
Steady state, 55  
Stereoisomerie, 176  
Stöchiometrie, 9  
Stoffbilanz, 101  
Stoff, hydrophober, 49  
Stoffmenge, 1  
Stoffmengenkonzentration, 7  
Stofftrennung, 159  
Strahlengang, 86  
Substitution, 113  
    nukleophile, 113  
Sulfonsäure, 159

**T**

Tertiärstruktur, 199  
Thioalkohol, 118  
Thiosulfat, 93

Titrationfaktor, 3  
Titrationkurve, 8  
Transition state, 140  
Trehalose, 173

**U**

Übergangszustand, 127  
Übersättigung, 53  
Übertitrieren, 4  
Übungsaufgaben, 206  
Umkristallisation, 53  
Universalindikator, 25  
Urtiter, 12

**V**

Verbindung, hydrophile, 178  
Verteilungsgleichgewicht, 49  
Verteilungskoeffizient, 113  
Verteilungssatz, 50  
Vollpipette, 2  
Volumenmessung, 4  
Vorgänge  
    endergonische, 52  
    exergonische, 52

**W**

Wasserentsalzung, 60  
Wasserstoffbrückenbindung, 113  
Wasserstoffperoxid, 95  
Wasserstrahlpumpe, 97  
Wechselwirkungen, elektrostatische, 32  
Wellenzahl, 85

**Z**

Zentralatom, 72  
Zitronensäure-Zyklus, 153  
Zucker, 171  
    nicht-reduzierender, 171  
Zwischenstufe, 134  
Zwitterion, 149