

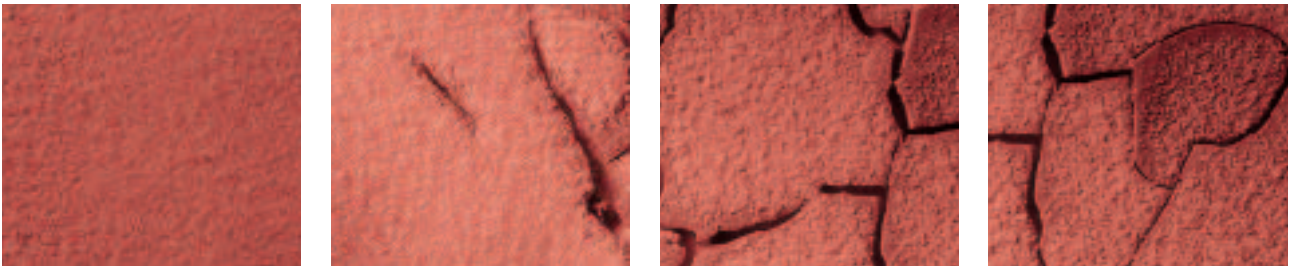
Trocknungsmittel

Index

| Thema | Seite |
|---|-------|
| Gase, Trocknung von | 5 |
| Kapazität | 2 |
| Lösungsmittel, geringes Wasseraufnahmevermögen | 6 |
| Lösungsmittel, getrocknete Mengen | 10 |
| Lösungsmittel, hohes Wasseraufnahmevermögen | 8 |
| Lösungsmittel, mittleres Wasseraufnahmevermögen | 8 |
| Lösungsmittel, Trocknung von | 7 |
| Luftfeuchtigkeit | 4 |
| Regenerierung | 2 |
| Säulen-Dimensionierung | 5 |
| Säulendurchmesser | 5 |
| Sicherheitsratschläge | 2 |
| Strömungsgeschwindigkeit | 5, 11 |
| Trocknung, dynamische | 4, 5 |
| Trocknung, statische | 3, 5 |
| Trocknungsgeschwindigkeit | 2 |
| Trocknungsmethoden | 1, 3 |
| Wasseraufnahmegeschwindigkeit | 11 |

Produktbeschreibung

| | Seite |
|------------------------|-------|
| Aluminium | 12 |
| Aluminiumoxid | 12 |
| Calcium | 13 |
| Calciumchlorid | 13 |
| Calciumhydrid | 14 |
| Calciumoxid | 14 |
| Calciumsulfat | 15 |
| Kaliumcarbonat | 15 |
| Kaliumhydroxid | 15 |
| Kieselgel | 16 |
| Kieselgel, Blau-Gel | 16 |
| Kieselgel, Orange-Gel | 16 |
| Kieselgel, Braun-Gel | 16 |
| Trockenmittel-Beutel | 17 |
| Kupfersulfat | 18 |
| Lithiumaluminiumhydrid | 18 |
| Magnesium | 18 |
| Magnesiumoxid | 19 |
| Magnesiumperchlorat | 19 |
| Magnesiumsulfat | 19 |
| Molekularsiebe | 20 |
| Natrium | 23 |
| Natriumhydroxid | 23 |
| Natriumsulfat | 23 |
| Phosphorpentoxid | 24 |
| Sicapent® | 24 |
| Schwefelsäure | 25 |
| Sicacide® | 25 |



Trocknungsmittel reagieren – vereinfacht dargestellt – in einer Gleichgewichtsreaktion mit

Wasser: **Wasser + Trocknungsmittel \rightleftharpoons Trocknungsmittel / Wasser-Verbindung**

Die Konzentration bzw. der Partialdruck des freien Wassers auf der linken Seite der Gleichung gibt den niedrigsten mit dem jeweiligen Trocknungsmittel erzielbaren H₂O-Gehalt im Gleichgewicht an. Prinzipiell kann kein Restwassergehalt von Null erreicht werden.

Der Partialdruck des Wasserdampfs über dem Trocknungsmittel ist ein Maß für die Aktivität des Trocknungsmittels. Er wird angegeben in Masse an Wasser in der Volumeneinheit mg/l oder auch als Taupunkt. Niedrige Wasserdampfpartialdrucke – auch Restwassergehalte genannt – zeigen eine besonders hohe Intensität des Trocknungsmittels an.

Beispiel: 0,0005 mg H₂O / l im Exsikkator über Magnesiumperchlorat nach Einstellung des Gleichgewichts.

Trocknungsgeschwindigkeit

Die Intensität gibt aber nur an, welcher Restwassergehalt theoretisch erreichbar ist. Unter Umständen dauert es sehr lange, bis diese Gleichgewichtsreaktion abgeschlossen ist. Zum Erzielen einer hohen Wirksamkeit ist deshalb auch eine hohe Geschwindigkeit der Wasseraufnahme wichtig. Die Geschwindigkeit wird durch folgende Schritte bestimmt:

- Die H₂O-Moleküle müssen das zu trocknende Gut verlassen,
- die H₂O-Moleküle müssen einen Weg zum Trocknungsmittel zurücklegen und
- im Trocknungsmittel an die reaktiven Zentren diffundieren.

Während der Anwender die ersten beiden Punkte mit seinem Versuchsaufbau beeinflussen kann, muss zur Optimierung des dritten Punktes der Hersteller des Trocknungsmittels auf folgende Parameter achten:

- Korngröße,
- Porengröße und Porenverteilung,
- Verhindern der Desaktivierung der Oberfläche während des Trocknungsvorganges.

Ideal sind Trocknungsmittel, bei denen sich diese Parameter während der Wasseraufnahme nicht nennenswert ändern: Sicapent®, Sicacide®, Magnesiumperchlorat, Molekularsieb, Kieselgel, Aluminiumoxid und Calciumhydrid. Viele Trocknungsmittel backen jedoch bei der Wasseraufnahme zusammen, zerfließen oder bilden eine sirupöse Schicht über noch unverbrauchtem Produkt. Dies ist nachteilig beim Arbeiten mit Gasen in Trocknungstürmen, die dann verstopfen oder in denen sich Kanäle bilden können, durch die das Gas unvollständig getrocknet hindurchströmt.



Kapazität

Die Kapazität des Trocknungsmittels ist definiert durch die Masse von adsorbiertem Wasser pro 100 g wasserfreiem Trocknungsmittel. Beispiel: 1 kg Trocknungsmittel mit der Kapazität 20 % nimmt 200 g Wasser auf.

Der Restwassergehalt ist über stark beladenem Trocknungsmittel höher als über weniger beladenem. Andererseits werden Trocknungsmittel durch Gase oder Flüssigkeiten mit höherem Wassergehalt stärker beladen. Ausnahme: Über Trocknungsmittel, die wie z.B. CuSO₄ definierte Hydrate bilden, ist der Wasserdampfpartialdruck, unabhängig von der Masse des aufgenommenen Wassers, bis zur Bildung der nächsten Hydratstufe konstant.

Regenerierung

Einige Trocknungsmittel lassen sich regenerieren, indem man

- durch Erwärmen die Lage des Gleichgewichts Wasser + Trocknungsmittel \rightleftharpoons Trocknungsmittel / Wasser-Verbindung nach links verschiebt,
- das freie gasförmige Wasser dem Gleichgewicht und damit dem Trocknungsmittel durch Abpumpen oder Durchleiten von trockenem Gas entzieht.

Wegen der raschen Wasseraufnahme müssen regenerierte Trocknungsmittel unter Feuchtigkeitsausschluss abgefüllt und aufbewahrt werden.

Sicherheitsratschläge

Beim Einsatz von Trocknungsmitteln müssen deren Gefahren beachtet werden, wie z.B. die Möglichkeit der Verätzung bei sauren oder basischen Trocknungsmitteln oder die Explosionsgefahr bei Magnesiumperchlorat oder Natrium bzw. Kalium bei Kontakten mit organischen Substanzen bzw. Wasser oder Chlorkohlenwasserstoffen. Bei Trocknungsmitteln, die während des Trocknungsvorganges Wasserstoff entwickeln, muss die Trocknung in einem gut ziehenden Abzug vorgenommen werden.

Blaugel wirkt aufgrund des enthaltenen Cobaltchlorides cancerogen (R-Satz 49 – kann beim Einatmen Krebs erzeugen). Daher sollte das Umfüllen und Entleeren im Abzug erfolgen.

Trocknungsmethoden

Unempfindliche Festsubstanzen können bei erhöhter Temperatur im Trockenschrank getrocknet werden. Schonender ist es jedoch, die Trocknung bei Raumtemperatur im Exsikkator oder bei etwas erhöhter Temperatur in der Trockenpistole durchzuführen. Durch Anlegen von Vakuum wird die Diffusion der Wassermoleküle vom Festkörper zum Trocknungsmittel erleichtert. Als Folge davon steigt die Trocknungsgeschwindigkeit.

Statische Trocknung

Bei den klassischen Verfahren der Trocknung von Flüssigkeiten gibt man zu diesen das Trocknungsmittel, lässt stehen, rührt (z.B. mit Magnetrührer) oder schüttelt gelegentlich oder kocht die Flüssigkeit unter Rückfluss (Einzelheiten hierzu finden Sie in den Lehrbüchern der organischen Chemie). Wichtig ist, die Flüssigkeit so zu bewegen, dass sie vollständig mit dem Trocknungsmittel in Kontakt kommt. Zur Trennung der Flüssigkeit vom Trocknungsmittel wird filtriert oder dekantiert. Falls sich durch Reaktion des Wassers mit dem Trocknungsmittel Verbindungen gebildet haben, die sich im Lösungsmittel lösen, muss destilliert werden.

Die häufig eingesetzten Trocknungsmittel wie Calciumchlorid, Kaliumcarbonat, Natriumsulfat oder Calciumsulfat üben bei statischer Anwendung auf Lösungsmittel nur eine mittlere Trocknungswirkung aus. Doch auch Trocknungsmittel wie Natrium oder die Erdalkalioxide sind nicht so wirksam wie vielfach angenommen, da die reaktive Oberfläche klein ist und sich diese meist mit einer Schicht überzieht, die den Zutritt von weiteren Wassermolekülen erschwert. Da es durch die Verwendung von Natrium und Kalium immer wieder zu Laborunfällen kommt, sollten diese nicht mehr benutzt werden.

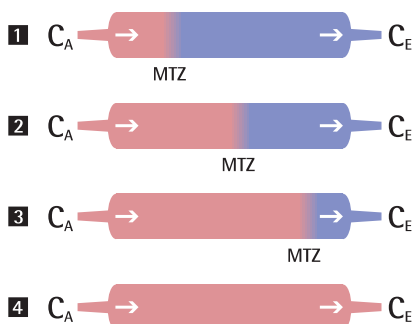


Dynamische Trocknung

Zur Erhöhung der Trocknungsgeschwindigkeit und zur besseren Ausnutzung des Trocknungsmittels lässt man Flüssigkeiten oder Gase durch Trockentürme oder Trockenröhren strömen, die mit einem Trocknungsmittel gefüllt sind. Damit die Diffusion im Trocknungsmittel und die Strömung der Flüssigkeit bzw. des Gases nicht behindert wird, dürfen die eingesetzten Trocknungsmittel nicht zusammenbacken oder zerfließen. Aus diesem Grund sind Trocknungsmittel wie Calciumhydrid, Magnesiumperchlorat, Aluminiumoxid, Kieselgel oder Molekularsieve besonders geeignet. Phosphorpentoxid backt im unbehandelten Zustand bei Wasseraufnahme zusammen und eignet sich deshalb normalerweise nicht für eine dynamische Trocknung. Mit Sicapent® wurde jedoch durch das Aufbringen von P_2O_5 auf eine inerte Trägersubstanz ein Trocknungsmittel geschaffen, das auch im 100-%-beladenem Zustand noch rieselfähig ist und Gase ungehindert durchströmen lässt.

Variieren bzw. optimieren lässt sich der Trocknungsvorgang durch Einsatz eines Trocknungsmittels mit kleiner Korngröße. Hierdurch kann man die Oberfläche um ein Vielfaches vergrößern und dadurch die Säulenlänge und die Füllmenge reduzieren. Zu berücksichtigen ist jedoch, dass sich die Strömungsgeschwindigkeit durch einen größeren Widerstand entsprechend reduziert.

Die nachfolgende Grafik zeigt exemplarisch die Gastrocknung mit Kieselgel in der Trockensäule: Der Feuchtigkeitsindikator bei Blaugel ist im H_2O -beladenem Zustand rosa und im trockenen Zustand blau – bei Orangegel dagegen im H_2O -beladenem Zustand farblos und im trockenen Zustand orange.



Das feuchte Gas tritt auf der linken Seite mit dem Wassergehalt C_A in die Säule und verlässt sie rechts getrocknet mit dem Gehalt C_E , der jedoch über dem minimalen mit dem jeweiligen Trocknungsmittel erzielbaren Restwassergehalt liegt. Das Trocknungsmittel im linken Teil der Säule ist bereits maximal mit Wasser beladen und befindet sich im Gleichgewicht mit dem feuchten einströmenden Gas.

Der eigentliche Trocknungsvorgang, die Übertragung des Wassers vom Gas auf das Kieselgel, findet in dem Segment statt, das »Mass Transfer Zone – MTZ« genannt wird. Im Laufe der Zeit wandert die Mass Transfer Zone immer weiter nach rechts durch die Säule (Schritte 2, 3, 4), bis sie das Ende erreicht und es zum Durchbruch des feuchten Gases kommt. Um den Durchbruch zu vermeiden, unterbricht man rechtzeitig den Gasstrom; mit der Folge, dass ein kleiner Teil der Säule ungenutzt bleibt.

Dennoch nutzt die dynamische Trocknung das Trocknungsmittel in den meisten Fällen besser aus als die statische Trocknung. Dies zeigt die folgende überschlägige Berechnung:

Relative Luftfeuchtigkeit

Die Aufnahmefähigkeit von Luft für Wasserdampf steigt mit der Temperatur bis zum Sättigungsgehalt.

1 m³ Luft von 11 °C ist mit 10,0 g Wasserdampf gesättigt, bei 20 °C mit 17,3 g, bei 30 °C mit 30,4 g und bei 40 °C mit 51,2 g.

Berechnung der benötigten Menge an Trocknungsmittel

1.000 l Gas mit einem H_2O -Gehalt von 10 mg/l sind bei 25 °C auf einen Restwassergehalt von 1 mg H_2O / l zu trocknen.

$$\begin{aligned} & 1.000 \text{ l} \times 10 \text{ mg } H_2O / \text{l} \\ - & 1.000 \text{ l} \times 1 \text{ mg } H_2O / \text{l} \\ = & \quad \quad \quad 9 \text{ g } H_2O \text{ sind zu adsorbieren.} \end{aligned}$$

Berechnung der benötigten Menge an Trocknungsmittel für die statische Trocknung

Nach Beendigung der Trocknung steht der Restwassergehalt des Gases im Gleichgewicht mit dem Trocknungsmittel. Die zum Erreichen des gewünschten Restwassergehaltes mögliche Gleichgewichtsbeladung des Kieselgels entnimmt man der Tabelle in der Produktbeschreibung Kieselgel auf Seite 16:

$$\begin{aligned} & 1 \text{ mg H}_2\text{O} / \text{l Restwassergehalt} \\ \hat{=} & \text{Beladung von } 5,2 \text{ g H}_2\text{O} / 100 \text{ g Kieselgel.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{Zur Adsorption von } 9 \text{ g H}_2\text{O} \text{ sind also} \\ & 9 / 5,2 \times 100 \text{ g} \\ = & \text{ca. } 200 \text{ g Kieselgel erforderlich.} \end{aligned}$$

Berechnung der benötigten Menge an Trocknungsmittel für die dynamische Trocknung

In diesem Fall befindet sich der größte Teil des Kieselgels im Gleichgewicht mit dem H₂O-Gehalt von 10 mg/l des einströmenden Gases. Demzufolge ist eine höhere Beladung – etwa 20 g H₂O / 100 g Kieselgel – möglich als bei der statischen Trocknung, bei der das gesamte Trocknungsmittel im Gleichgewicht mit dem geringen Restwassergehalt steht.

Selbst wenn bei der dynamischen Trocknung die Hälfte des Kieselgels ungenutzt bleibt, so reichen hier doch bereits 100 g gegenüber 200 g bei der statischen Trocknung aus.

Da das durchströmende Gas bei der dynamischen Trocknung sehr viel kürzer mit dem Trocknungsmittel in Kontakt ist als bei der statischen Methode, werden die in der Literatur angegebenen geringen Restwassergehalte der statischen Trocknung nicht ganz erreicht. Zur Erzielung sehr niedriger Restwassergehalte ist aus diesem Grund das Nachschalten einer Säule mit einem intensiver wirkenden Trocknungsmittel erforderlich.

Wenn man das Gas in einem geschlossenen Raum über eine Trockensäule im Kreis umpumpt, so lässt sich mit dieser dynamischen Methode natürlich trotzdem nur die Kapazität der statischen Methode erreichen.

Säulen-Dimensionierung

Um das Trocknungsmittel rationell zu nutzen, muss die Mass Transfer Zone [MTZ] und die Länge der ungenutzten Füllung möglichst klein

gehalten werden. Als vorteilhaft haben sich schlanke Säulen erwiesen:

- Für Gase wird ein Verhältnis von Länge zu Durchmesser größer als 5 empfohlen. Säulen gefüllt mit Kieselgel in Perl- oder Granulatform sollten mindestens 1 m lang sein,
- für Flüssigkeiten bewähren sich Säulen mit 60 cm Länge und 2 bis 3 cm Durchmesser bis hin zu 2 m Längen und 6 cm Durchmesser (weitere Einzelheiten siehe Trocknung von Lösungsmitteln).

Zur Ermittlung des benötigten Säulenvolumens wird die benötigte Masse an Trocknungsmittel durch das Schüttgewicht dividiert. Beispiel: 100 g Kieselgel mit einem Schüttgewicht von 70 g / 100 ml haben ein Volumen von 143 ml.

Strömungsgeschwindigkeit

Allerdings darf das Verhältnis von Länge zu Querschnitt nicht so groß werden, dass daraus derart hohe lineare Strömungsgeschwindigkeiten resultieren, dass die Mass Transfer Zone [MTZ] erheblich länger wird. Empfohlene Strömungsgeschwindigkeiten (bezogen auf den freien Querschnitt der Säule) für Gase: 5 bis 15 m pro Minute, für Flüssigkeiten: 2,5 bis 30 cm pro Minute. Diese Werte wurden experimentell als optimal ermittelt.

Berechnung des Säulendurchmessers

Anhand der Strömungsgeschwindigkeit lässt sich bei gegebenem Volumenstrom (Volumen / Zeiteinheit) die kleinste zulässige Querschnittsfläche der Säule berechnen. Beispiel: Zu trocknen sind 3,6 l 2-Propanol pro Stunde (= 3.600 ml / 60 min). Bei einer zulässigen Strömungsgeschwindigkeit von 10 cm / min* beträgt die Mindest-Querschnittsfläche 6 cm² entsprechend etwa 30 mm Durchmesser.

Trocknung von Gasen

Gase werden zweckmäßig dynamisch getrocknet (siehe Trocknungsmethoden). Sehr feuchte Gase werden zunächst mit einem Trocknungsmittel hoher Kapazität vorgetrocknet: CaH₂, CaSO₄, Mg(ClO₄)₂, Molekularsieb oder H₂SO₄, Sicacide®, Kieselgel.

Eine Feintrocknung erreicht man mit Phosphorpentoxid, Sicapent®, CaH₂, Mg(ClO₄)₂ oder Molekularsieb. Nähere Einzelheiten finden sich unter dem jeweiligen Trocknungsmittel.



* experimentell
ermittelter Wert

| Lösungsmittel: | Trocknungsmittel: | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------------------------|-----|-------------------|------------------|-----|--------------|--------------------------------|-----|--------------------|-------------------|-------------------|----|---------------------------------|-------------------------------|
| | Al ₂ O ₃ | BaO | CaCl ₂ | CaH ₂ | CaO | Destillation | K ₂ CO ₃ | KOH | LiAlH ₄ | Molekularsieb 0,4 | Molekularsieb 0,5 | Na | Na ₂ SO ₄ | P ₂ O ₅ |
| n-Amylacetat | | | | | | | ● | | | | ● | | | |
| n-Amylalkohol | | | | | | | | | | ● | | | | |
| Anilin | | ● | | | | | | ● | | | ● | | | |
| Anisol | | | ● | ● | | ● | | | | | ● | ● | | |
| Benzol | ● | | ● | ● | | ● | | | | | ● | ● | | |
| Benzylalkohol | | ● | | | | ● | | | | | ● | ● | | |
| Brombenzol | ● | | ● | | | ● | | | | | ● | ● | | |
| Bromoform | ● | | ● | | | | | | | | ● | | ● | |
| tert-Butylmethylether | | | | ● | | | | | ● | | ● | ● | | |
| Chlorbenzol | ● | | ● | | | ● | | | | | ● | | | |
| Chloroform | ● | | ● | | | | | | | ● | | | ● | |
| Cyclohexan | ● | | | ● | | | | | ● | | ● | ● | | |
| Cyclopentan | ● | | | ● | | | | | ● | | ● | ● | | |
| n-Decan | ● | | | ● | | | | | ● | ● | | | | |
| 1,2-Dichlorbenzol | ● | | ● | | | ● | | | | | ● | | | |
| Dichlormethan | ● | | ● | | | | | | | ● | | | | |
| Dichlorethan | ● | | ● | | | ● | | | | | ● | | | |
| Diethylether | ● | | ● | ● | | | | | ● | ● | | ● | | |
| Diethylketon | | | | | | | ● | | | ● | | | | |
| Diethylglycoldibutylether | ● | | ● | ● | | | | | | ● | | ● | | |
| Diisoamylether | | | | ● | | | | | ● | ● | | ● | | |
| Diisopropylether | ● | | ● | ● | | | | | | ● | | ● | | |
| Dipropylether | ● | | | ● | | | | | ● | ● | | ● | | |
| Ethylmethylketon | | | | | | | ● | | | ● | | | | |
| n-Heptan | ● | | | ● | | | | | ● | ● | | ● | | |
| n-Hexan | ● | | | ● | | | | | ● | ● | | ● | | |
| Isoamylalkohol | | | | | ● | | ● | | | | ● | | | |
| Isobutylmethylketon | | | ● | | | | ● | | | | ● | | | |
| Isooctan | ● | | | ● | | | | | ● | ● | | ● | | |
| Nitrobenzol | | | ● | | | ● | | | | | ● | | ● | |
| Nitropropan | | | ● | | | ● | | | | | ● | | ● | |
| n-Pentan | | | | ● | | | | | ● | ● | | ● | | |
| Petrolether, Petroleum, Petroleumbenzin | ● | | | ● | | | | | ● | ● | | ● | | |
| Schwefelkohlenstoff | | | ● | | | | | | | | | | ● | |
| Tetrachlorethylen | | | | | | ● | ● | | | | ● | | ● | |
| Tetrachlorkohlenstoff | ● | | ● | | | ● | | | | ● | | | ● | |
| Toluol | ● | | ● | ● | | ● | | | | ● | | ● | | |
| 1,1,1-Trichlorethan | ● | | ● | | | ● | | | | | ● | | | |
| Trichlorethylen | | | | | | ● | ● | | | | ● | | ● | |
| 1,1,2-Trichlortrifluoethan | ● | | | ● | | | | | | ● | | | | |
| Xylol | | | ● | ● | | ● | | | | ● | | ● | | |

Trocknungsmittel für Lösungsmittel mit geringem Wasseraufnahmevermögen

Trocknung von Lösungsmitteln

Lösungsmittel mit geringem Wasseraufnahmevermögen lassen sich im Allgemeinen problemlos mit der statischen Trocknung durch einfaches ein- bis mehrtägiges Stehenlassen und gelegentliches Umschütteln über einem geeigneten Trocknungsmittel (z.B. 100 – 200 g Molekularsieb (MS) je Liter Lösungsmittel) im Vorratsgefäß trocknen.

Für viele Anwendungen gibt es speziell getrocknete SeccoSolv®-Lösungsmittel. Bitte fordern Sie die Broschüre »Maßgeschneiderte Lösungsmittel« an.

Der mit Molekularsieben (MS) erzielbare Restwassergehalt liegt unter 10^{-4} Gewichtsprozent entsprechend $1 \text{ ppm} = 1 \text{ mg H}_2\text{O} = \text{ca. } 0,05 \text{ mmol H}_2\text{O}$ pro Liter Lösungsmittel.

250 g Molekularsieb trocknen mehr als 10 l hydrophober Lösungsmittel und werden dabei mit 14 bis 18 Gewichtsprozent H_2O beladen.

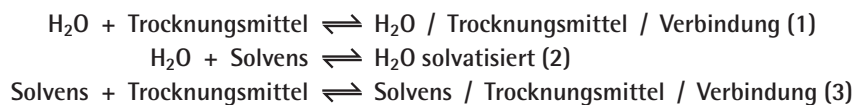
Selbstverständlich können auch die Lehrbuchmethoden oder die dynamische Trocknung angewendet werden.

Bei der dynamischen Trocknung hydrophober Lösungsmittel mit Aluminiumoxid, Kieselgel oder Molekularsieb darf die Strömungsgeschwindigkeit bis zu 30 cm pro Minute betragen. Durch eine Säule mit dem Durchmesser 2,5 cm entsprechend 5 cm^2 Querschnitt können demnach bis zu 6 l pro Stunde strömen. Bewährt haben sich Säulen vom Durchmesser 2,5 cm und einer Länge von 60 cm, die etwa 200 g Molekularsieb enthalten.

| Lösungsmittel: | Wasseraufnahme [g H ₂ O / 100 g Lösungsmittel] | Trocknungsmittel: | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|---|--------------------------------|-----|----|-------------------|------------------|-----|-------------------|--------------|--------------------------------|-----|----|-----|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----|---------------------------------|-------------------------------|
| | | Al ₂ O ₃ | BaO | Ca | CaCl ₂ | CaH ₂ | CaO | CuSO ₄ | Destillation | K ₂ CO ₃ | KOH | Mg | MgO | MgSO ₄ | Molekularsieb 0,3 | Molekularsieb 0,4 | Molekularsieb 0,5 | Na | Na ₂ SO ₄ | P ₂ O ₅ |
| Aceton | ∞ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Acetonitril | ∞ | | | | ● | | | | | ● | | | | | ● | | | | | ● |
| Acetylaceton | ∞ | | | | ● | | | | | ● | | | | | | | | | | |
| tert-Amylalkohol | 14 | | | | | | ● | | | | | | | | | | | | | |
| 1-Butanol | 20 | | | | | | | | ● | ● | | | | | | | | | | |
| 2-Butanol | 44 | | | | | | | | ● | ● | | | | | | | | | | |
| tert-Butanol | ∞ | | | | | | ● | | | | | | | | | | | | | |
| n-Butylacetat | 2,9 | | | | | | | | | | | | ● | | | | | | | |
| Cyclohexanol | 11 | | | | | | ● | | | | | | | | | | | | | |
| Cyclohexanon | 8,7 | | | | | | | | ● | | | | | | | | | | | |
| Diethylenglycol | ∞ | | | | | | | | ● | | | | | | | | | | | ● |
| Diethylenglycoldiethylether | ∞ | ● | | | ● | ● | | | | | | | | | | | | | | |
| Diethylenglycoldimethylether | ∞ | ● | | | ● | ● | | | | | | | | | | | | | | |
| Diethylenglycolmonobutylether | ∞ | ● | | | ● | ● | | | | | | | | | | | | | | |
| Diethylenglycolmonoethylether | ∞ | ● | | | ● | ● | | | | | | | | | | | | | | |
| Diethylenglycolmonomethylether | ∞ | ● | | | ● | ● | | | | | | | | | | | | | | |
| N,N-Diethylformamid | ∞ | | | | | ● | | | ● | | | | | | | | | | | |
| N,N-Dimethylformamid | ∞ | | | | | ● | | | ● | | | | | | | | | | | |
| Dimethylsulfoxid | ∞ | | | | | ● | | | ● | | | | | ● | | | | | | |
| 1,4-Dioxan | ∞ | ● | | | ● | ● | | | | | | | | | | | | ● | | |
| Essigsäure | ∞ | | | | | | ● | | | | | | | | | | | | | |
| Ethanol | ∞ | | | | | | ● | | | | ● | ● | | | | | | | | |
| Ethanolamin | ∞ | | ● | | | | | | | ● | | | | | | | | | | |
| (2-Ethoxyethyl)-acetat | 6,5 | | | | | | | | | ● | | | | | | | | | ● | ● |
| Ethylacetat | 9,8 | | | | | | | | | ● | | | | | | | | | ● | ● |
| Ethylenglycoldimethylether | ∞ | | | | | ● | | | ● | | | | | | | | | | | |
| Ethylenglycol | ∞ | | | | | | | | ● | | | | | | | | | | | ● |
| Ethylenglycolmonobutylether | ∞ | | | | | | | | ● | | | | | | | | | | | |
| Ethylenglycolmonoethylether | ∞ | | | | | | | | ● | | | | | | | | | | | |
| Ethylenglycolmonomethylether | ∞ | | | | | | | | ● | | | | | | | | | | | |
| Ethylformiat | ∞ | | | | | | | | | | | | ● | | | | | | | ● |
| Formamid | ∞ | | | | | | ● | | | | | | | | | | | | | ● |
| Glycerin | ∞ | | | | | | | | ● | | | | | | | | | | | |
| 1,1,1,3,3,3-Hexafluor-2-propanol | ∞ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Isobutanol | 15 | | | ● | | | ● | | | ● | | ● | | | | | | | | |
| Methanol | ∞ | | | | | | ● | | | | ● | ● | | | | | | | | |
| Methylacetat | 8 | | | | | | ● | | | ● | | | | | | | | | | |
| Methylformiat | 24 | | | | | | | | | ● | | | | | | | | | ● | ● |
| Methylpropylketon | 3,6 | | | | | | | | | ● | | | | | | | | | | |
| Methylpyridin | ∞ | | ● | | | | | | | | ● | | | | | | | | | |
| 1,2-Propandiol | ∞ | | | | | | ● | | | | ● | ● | | | | | | | | |
| 1,3-Propandiol | ∞ | | | | | | ● | | | | ● | ● | | | | | | | | |
| 1-Propanol | ∞ | | | | | | ● | | | | ● | ● | | | | | | | | |
| 2-Propanol | ∞ | | | | | | ● | | | | ● | ● | | | | | | | | |
| Pyridin | ∞ | | | | | | ● | | | | ● | ● | | | | | | | | |
| Tetraethylenglycol | ∞ | | ● | | | | | | | | ● | | | | | | | | | |
| Tetrahydrofuran | ∞ | | | | ● | | | | | ● | | | | | | | | | | |
| Triethanolamin | ∞ | | ● | | | | | | | ● | | | | | | | | | | |
| Triethylenglycol | ∞ | | | | | | | | ● | | | | | | | | | | | ● |
| Triethylenglycoldimethylether | ∞ | | | | | | | | ● | | | | | | | | | | | |

Trocknungsmittel für Lösungsmittel mit mittlerem bis unbegrenztem Wasseraufnahmevermögen

Lösungsmittel mit mittlerem und hohem Wasseraufnahmevermögen



Aufgrund der Konkurrenzreaktionen (2) und (3) sind die in Lösungsmitteln erreichbaren Restwassergehalte etwa um den Faktor 1.000 größer als in Luft; es sei denn, man verwendet Trocknungsmittel wie z.B. Calciumhydrid, bei denen sich kein Gleichgewicht einstellen kann, da ein Reaktionsprodukt der Trocknungsreaktion – hier: H_2 – das Gleichgewicht verlässt.

Im Allgemeinen genügen Restwassergehalte von 10^{-3} Gewichtsprozent den gestellten Anforderungen. Eine weitere Trocknung ist insbesondere dann nicht sinnvoll, wenn man die getrockneten Lösungsmittel ohne weitere Vorkehrungen an Luft umfüllt: Auch bei schnellem Gießen steigt der H_2O -Gehalt von $1 \cdot 10^{-3}$ auf 2 bis $4 \cdot 10^{-3}$ Gewichtsprozent. Eine weitere Quelle für die Verunreinigung mit Wasser sind zum Beispiel ungefettete Schliffe (z.B. bei Exsikkatoren), durch die nennenswerte Mengen an Wasserdampf eindiffundieren.

Geeignete Trocknungsmittel werden in der folgenden Tabelle vorgeschlagen. Da die konventionellen Trocknungsmethoden mit den chemisch wirkenden Trocknungsmitteln ausführlich in den Lehrbüchern der präparativen organischen Chemie beschrieben sind, wird hier nur auf die dynamische Trocknung von mit Wasser mischbaren Lösungsmitteln mit Hilfe von Molekularsieben (MS) eingegangen.

Dabei sind folgende Werte erreichbar:

- Restwassergehalt: 0,001 – 0,005 Gewichtsprozent H₂O im Lösungsmittel
- Kapazität: Bei einem gewünschten Restwassergehalt von maximal 0,001 Gewichtsprozent darf die Beladung des Molekularsiebes nicht größer werden als:

| | |
|--------------|---|
| Diethylether | 14 g H ₂ O / 100 g Molekularsieb |
| Ethylacetat | 6 g H ₂ O / 100 g Molekularsieb |
| Dioxan | 4 g H ₂ O / 100 g Molekularsieb |
| Pyridin | 2 g H ₂ O / 100 g Molekularsieb |

Die Beladung ist gemäß Reaktionsgleichung (2) vom Lösungsmittel abhängig.

Getrocknete Menge Lösungsmittel

Die Menge an getrocknetem Lösungsmittel kann für gut mit H₂O mischbaren Lösungsmitteln nicht ohne weiteres angegeben werden, weil sie vom anfänglichen Wassergehalt abhängt, der meist nicht bekannt ist. Trocknet man die Lösungsmittel aber statisch auf geringe H₂O-Gehalte vor (mit etwa 100 g Molekularsieb für 1 l Lösungsmittel), so lassen sich mit der nachfolgenden intensiveren dynamischen Methode etwa 10 l mit 200 g Molekularsieb auf 0,001 bis 0,002 Gewichtsprozent H₂O feintrocknen.

Zur Trocknung von 10 l der stark hygroskopischen Alkohole Methanol, Ethanol und 2-Propanol auf 0,002 Gewichtsprozent Restwassergehalt muss man allerdings etwa 2 kg Molekularsieb 0,3 nm einsetzen. Säulendimension: ø 50 mm, Länge 2 m.

Eine Übersicht über den erreichbaren Trocknungseffekt bei einer Reihe wasser-gesättigter Lösungsmittel gibt die folgende Tabelle:

Dynamische Trocknung von Lösungsmitteln mit Molekularsieben an einer Säule von 25 x 600 mm (250 g Molekularsieb) bzw. an einer Säule von 50 x 2.000 mm (2 kg Molekularsieb)

| Lösungsmittel | Anfangswassergehalt [Gewichtsprozent] | Restwassergehalt [Gewichtsprozent] | getrocknete Lösungsmittelmenge [l] | Typ [nm] |
|-----------------------|---------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|----------|
| Acetonitril | 0,05 – 0,2 | 0,003 | 3 – 4 | 0,3 |
| Benzol | 0,07 | 0,003 | > 10 | 0,4 |
| Chloroform | 0,09 | 0,002 | > 10 | 0,4 |
| Cyclohexan | 0,009 | 0,002 | > 10 | 0,4 |
| Dichlormethan | 0,17 | 0,002 | > 10 | 0,4 |
| Diethylether | 0,12 | 0,001 | 10 | 0,4 |
| Diisopropylether | 0,03 | 0,003 | 10 | 0,4 |
| Dimethylformamid | 0,06 – 0,3 | 0,006 | 4 – 5 | 0,4 |
| 1,4-Dioxan | 0,08 – 0,3 | 0,002 | 3 – 10 | 0,5 |
| Ethanol | 0,04 | 0,003 | 10 | 0,3 |
| Ethylacetat | 0,015 – 0,2 | 0,004 | 8 – 10 | 0,4 |
| Methanol | 0,04 | 0,005 | 10 | 0,3 |
| 2-Propanol | 0,07 | 0,006 | 7 | 0,3 |
| Pyridin | 0,03 – 0,3 | 0,004 | 2 – 10 | 0,4 |
| Tetrachlorkohlenstoff | 0,01 | 0,002 | > 10 | 0,4 |
| Tetrahydrofuran | 0,04 – 0,2 | 0,002 | 7 – 10 | 0,5 |
| Toluol | 0,05 | 0,003 | > 10 | 0,4 |
| Xylol | 0,045 | 0,002 | > 10 | 0,4 |

Beispiele für die Strömungsgeschwindigkeit

Die Strömungsgeschwindigkeit sollte bei mit Wasser mischbaren Lösungsmitteln 10 cm / Minute unterschreiten. Das sind Volumenströme von max.

| | |
|--------------|-----------------------------|
| 50 ml / min | für Säulendurchmesser 25 mm |
| 70 ml / min | für Säulendurchmesser 30 mm |
| 200 ml / min | für Säulendurchmesser 50 mm |

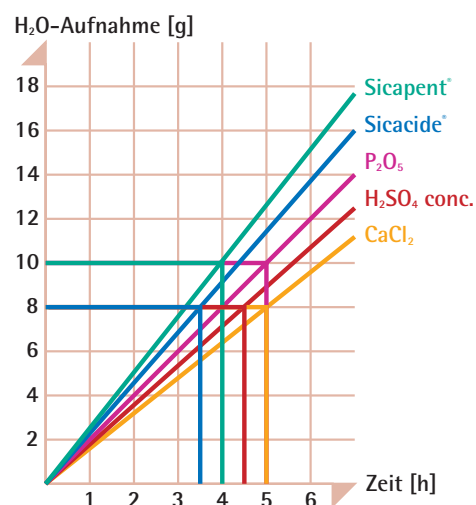
Praktisches Vorgehen

Zunächst prüft man, ob neben Wasser auch das zu trocknende Lösungsmittel vom Molekularsieb adsorbiert wird. Zu diesem Zweck übergießt man in einem Reagenzglas etwa 10 bis 20 Kügelchen mit einigen Millilitern des Lösungsmittels. Eine erhebliche Temperaturerhöhung – unter Umständen bis zum Sieden – weist auf Ko-adsorption gemäß (3) hin. In diesen Fällen weicht man entweder auf ein Molekularsieb mit kleinerer Porengröße aus, mit dem keine Ko-adsorption mehr stattfindet, oder man setzt die lineare Durchflussgeschwindigkeit auf max. 2,5 cm pro Minute herab. In den Tabellen ist jeweils die Porengröße angegeben, bei der keine Koadsorption mehr stattfindet.

Anfänglich gibt man das Lösungsmittel sehr langsam auf die Säule, bis diese ganz durchfeuchtet ist und wartet dann 15 bis 30 Minuten ab. Die erste durchlaufende Fraktion enthält in der Regel einen erhöhten Wassergehalt, sie wird deshalb entweder verworfen oder noch einmal auf die Säule gegeben. Bei ganz neuen Molekularsieben kann die erste Fraktion durch geringe Anteile von Abrieb getrübt sein. Sie muss dann filtriert oder verworfen werden.

Wasseraufnahmegeschwindigkeit einiger Trocknungsmittel

Versuchsanordnung: In Vakuumexsikkatoren wurden 100 g Sicapent® und Sicacide® oder jeweils 75 g der anderen Trocknungsmittel neben eine Schale Wasser gestellt. Nach jeweils einer Stunde wurde die Gewichtszunahme der Trocknungsmittel gravimetrisch bestimmt. Die Messergebnisse sind in der Abbildung gezeigt.



Beschreibung einiger Trocknungsmittel

Aluminium [Al]

| Artikel | Packungsgröße | Art.-Nr. |
|--------------------------------------|--|---------------------|
| Aluminium-Nadeln zur Synthese | 100 g | 8.18538.0100 |
| Für die Trocknung von | Alkoholen | |
| Anwendung | Aluminiumspäne müssen vor Gebrauch mit Iod oder Quecksilber aktiviert werden. Während des Trocknungsvorganges bildet sich zuerst unlösliches Metallhydroxid, dann Metallalkoholat, welches sich in Alkohol löst. Daher muss nach der Trocknung destilliert werden. | |
| Kapazität | stöchiometrisch | |

Aluminiumoxid [Al₂O₃]

| Artikel | Packungsgröße | Art.-Nr. |
|---|---|---------------------|
| Aluminiumoxid wasserfrei, Perlform, 2 – 5 mm | 1 kg | 1.01435.1000 |
| Für die Trocknung von | Ethern und aliphatischen, olefinischen, aromatischen und halogenierten Kohlenwasserstoffen | |
| Ungeeignet für die Trocknung von | Verbindungen, die Epoxid-, Carbonyl-, Ester- oder Thio-Gruppen enthalten, wie z.B. Propylenoxid, Aceton, Ethylacetat und Schwefelkohlenstoff | |
| Anwendung | Zur dynamischen Trocknung von Lösungsmitteln in einer mit Al ₂ O ₃ gefüllten Säule, wobei Peroxide und Säurespuren ebenfalls entfernt werden. | |
| Restwassergehalt in Luft | 0,003 mg H ₂ O / l | |
| Kapazität | ca. 10 % | |
| Regenerierung | bei 170 – 250 °C; Achtung: Aus Sicherheitsgründen darf Aluminiumoxid, das zur Entfernung von Peroxiden eingesetzt wurde, nicht regeneriert werden. | |

Calcium [Ca]

| Artikel | Packungsgröße | Art.-Nr. |
|------------------------------|---------------|--------------|
| Calcium, gekörnt, ~ 2 – 6 mm | 100 g | 1.02053.0100 |
| | 500 g | 1.02053.0500 |

| | |
|-----------------------|--|
| Für die Trocknung von | Alkoholen |
| Anwendung | Während des Trocknungsvorganges bildet sich zuerst unlösliches Metallhydroxid, dann Metallalkoholat, welches sich in Alkohol löst. Daher muss nach der Trocknung destilliert werden. |
| Kapazität | stöchiometrisch |

Calciumchlorid [CaCl₂]

| Artikel | Packungsgröße | Art.-Nr. |
|--|---------------|--------------|
| Calciumchlorid wasserfrei, gepulvert | 500 g | 1.02378.0500 |
| | 2,5 kg | 1.02378.2500 |
| Calciumchlorid wasserfrei, gekörnt, ~ 0,2 – 1 mm | 1 kg | 1.02377.1000 |
| | 25 kg | 1.02377.9025 |
| Calciumchlorid wasserfrei, gekörnt, ~ 1 – 2 mm | 1 kg | 1.02379.1000 |
| | 5 kg | 1.02379.5000 |
| | 25 kg | 1.02379.9025 |
| Calciumchlorid wasserfrei, gekörnt, ~ 2 – 6 mm | 1 kg | 1.02391.1000 |
| | 5 kg | 1.02391.5000 |
| | 25 kg | 1.02391.9025 |
| Calciumchlorid wasserfrei, gekörnt, ~ 6 – 14 mm | 1 kg | 1.02392.1000 |
| | 5 kg | 1.02392.5000 |
| | 25 kg | 1.02392.9025 |

| | |
|----------------------------------|---|
| Für die Trocknung von | Aceton, Ethern, vielen Estern, aliphatischen, olefinischen, aromatischen und halogenierten Kohlenwasserstoffen, neutralen Gasen |
| Ungeeignet für die Trocknung von | Alkoholen, Ammoniak, Aminen, Aldehyden, Phenolen, einigen Estern und Ketonen: diese Verbindungen werden von CaCl ₂ gebunden. |
| Anwendung | Trocknen von Flüssigkeiten, zur Füllung von Trockenrohren; zur Trocknung schnell strömender Gase nicht geeignet, da die Porendiffusion infolge des Zerfließens bei der Wasseraufnahme behindert wird. |
| Restwassergehalt in Luft | 0,14 mg H ₂ O / l bis 16 % H ₂ O-Gehalt 0,7 mg H ₂ O / l bis 32 % H ₂ O-Gehalt 1,4 mg H ₂ O / l bis 65 % H ₂ O-Gehalt |
| Kapazität | 98 % |
| Regenerierung | bei 250 °C im Trockenschrank |



Calciumhydrid [CaH₂]

| Artikel | Packungsgröße | Art.-Nr. |
|---|---------------|--------------|
| Calciumhydrid zur Synthese, ~ 1 – 10 mm | 100 g | 8.02100.0100 |
| | 500 g | 8.02100.0500 |
| Calciumhydrid zur Synthese, ~ 0,4 mm | 100 g | 8.14602.0100 |
| | 500 g | 8.14602.0500 |

| | |
|----------------------------------|--|
| Für die Trocknung von | Gasen, organischen Lösungsmitteln, auch Ketonen und Estern |
| Ungeeignet für die Trocknung von | Verbindungen mit aktivem Wasserstoff, Ammoniak, Alkoholen. Reagiert explosionsartig mit Wasser! |
| Anwendung | Da Calciumhydrid ein sehr wirksames Trocknungsmittel ist, das sehr heftig mit Wasser reagiert, sollten die zu trocknenden Flüssigkeiten nur geringe Mengen Wasser enthalten. Bei der Reaktion mit Wasser bildet sich Wasserstoff (im Abzug arbeiten!) gemäß der Gleichung $\text{CaH}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{H}_2 + \text{CaO}$ Das gleichzeitig entstehende feine, voluminöse Pulver kann u.U. Trockentürme verstopfen. CaH ₂ ist der Trocknung mit Natrium überlegen, da es als feines Pulver eine viel größere Oberfläche hat. Das entstehende CaO haftet nicht auf der CaH ₂ -Oberfläche und wirkt außerdem selbst als Trocknungsmittel. $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2$ |
| Nachteil | Aufgrund der gegenüber Na erhöhten Reaktivität ist CaH ₂ bei unsachgemäßer Lagerung weniger haltbar. Nach Anbruch sind die Packungen deshalb im Exsikkator aufzubewahren. |
| Restwassergehalt in Luft | < 0,00001 mg H ₂ O / l |
| Kapazität | stöchiometrisch |



Calciumoxid [CaO]

| Artikel | Packungsgröße | Art.-Nr. |
|---|---------------|--------------|
| Calciumoxid, aus Marmor gepulvert | 500 g | 1.02106.0500 |
| Calciumoxid, Stücke aus Marmor, 3 – 20 mm | 1 kg | 1.02109.1000 |
| | 25 kg | 1.02109.9025 |
| Calciumoxid, Stücke aus Marmor, 13 – 100 mm | 1 kg | 1.02107.1000 |
| | 25 kg | 1.02107.9025 |

| | |
|----------------------------------|--|
| Für die Trocknung von | neutralen und basischen Gasen, Aminen, Alkoholen, Ethern |
| Ungeeignet für die Trocknung von | Säuren, Säurederivaten, Aldehyden, Ketonen, Estern |
| Restwassergehalt in Luft | 0,003 mg H ₂ O / l |
| Kapazität | begrenzt, da sich die Oberfläche mit einer wenig durchlässigen Schicht überzieht; besonders in Gegenwart von CO ₂ |

Calciumsulfat [CaSO₄]

| Artikel | Packungsgröße | Art.-Nr. |
|---|---------------|--------------|
| Calciumsulfat wasserfrei, gekörnt, ~ 2 – 5 mm | 1 kg | 1.01987.1000 |
| Calciumsulfat-Hemihydrat, reinst | 5 kg | 1.02162.5000 |



| | |
|--------------------------|---|
| Für die Trocknung von | fast allen Flüssigkeiten und Gasen |
| Anwendung | Calciumsulfat eignet sich besonders zum Trocknen von Gasen, in denen geringe Anteile organischer Verbindungen analysiert werden sollen, da diese von CaSO ₄ praktisch nicht adsorbiert werden. Oberhalb von 80 °C praktisch keine Trocknungswirkung. |
| Restwassergehalt in Luft | 0,004 mg H ₂ O / l bis 6,6 % Wassergehalt 0,07 mg H ₂ O / l bei höherem Wassergehalt |
| Kapazität | 18 % |
| Regenerierung | bei 190 – 230 °C im Trockenschrank. Oberhalb von 300 °C wird Calciumsulfat totgebrannt und trocknet dann nicht mehr. |

Kaliumcarbonat [K₂CO₃]

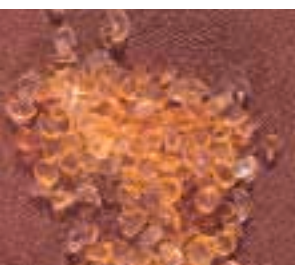
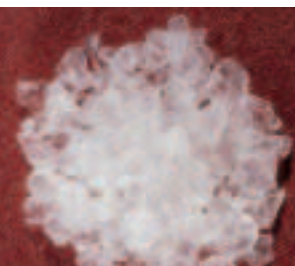
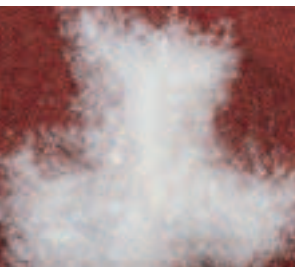
| Artikel | Packungsgröße | Art.-Nr. |
|----------------------------|---------------|--------------|
| Kaliumcarbonat zur Analyse | 500 g | 1.04928.0500 |
| | 1 kg | 1.04928.1000 |

| | |
|----------------------------------|---|
| Für die Trocknung von | Ammoniak, Aminen, Aceton, Nitrilen, chlorierten Kohlenwasserstoffen |
| Ungeeignet für die Trocknung von | Säuren, Substanzen, die unter wasserentziehenden, basischen Bedingungen zu Folgereaktionen neigen |
| Anwendung | Zum Trocknen von Flüssigkeiten |
| Regenerierung | bei 160 °C; fein gepulvert schon ab 100 °C |

Kaliumhydroxid [KOH]

| Artikel | Packungsgröße | Art.-Nr. |
|---------------------------------------|---------------|--------------|
| Kaliumhydroxid zur Analyse, Plätzchen | 500 g | 1.05033.0500 |
| | 1 kg | 1.05033.1000 |
| | 5 kg | 1.05033.5000 |

| | |
|----------------------------------|--|
| Für die Trocknung von | basischen Flüssigkeiten, zum Beispiel Aminen sowie inerten und basischen Gasen |
| Ungeeignet für die Trocknung von | Säuren, Säurederivaten (Chloriden, Anhydriden, Amiden, Nitrilen) |
| Anwendung | Trocknung von Flüssigkeiten. Zur Trocknung von schnell strömenden Gasen nicht geeignet, da die Porendiffusion infolge Zerfließens behindert wird. Einsatz in der Gastrocknung, wenn neben Feuchtigkeit auch saure Gase absorbiert werden sollen. |
| Restwassergehalt in Luft | 0,002 mg H ₂ O / l |



| Kieselgel [SiO ₂] | | |
|---|--|--|
| Artikel | Packungsgröße | Art.-Nr. |
| Kieselgel (Weiß-Gel), Granulat, ~ 0,2 – 1 mm | 1 kg | 1.01905.1000 |
| | 5 kg | 1.01905.5000 |
| | 25 kg | 1.01905.9025 |
| Kieselgel (Weiß-Gel), Granulat, ~ 2 – 5 mm | 1 kg | 0.01907.1000 |
| | 5 kg | 0.01907.5000 |
| | 25 kg | 0.01907.9025 |
| Kieselgel (Weiß-Gel), Perlforn, ~ 2 – 5 mm | 1 kg | 0.07735.1000 |
| | 25 kg | 0.07735.9025 |
| Kieselgel mit Indikator (Blau-Gel), Granulat, ~ 0,2 – 1 mm | 1 kg | 0.01908.1000 |
| | 5 kg | 0.01908.5000 |
| | 25 kg | 0.01908.9025 |
| Kieselgel mit Indikator (Blau-Gel), Granulat, ~ 1 – 3 mm | 1 kg | 0.01925.1000 |
| | 5 kg | 0.01925.5000 |
| | 25 kg | 0.01925.9025 |
| Kieselgel mit Indikator (Blau-Gel), Granulat, ~ 2 – 5 mm | 1 kg | 0.01981.1000 |
| | 5 kg | 0.01981.5000 |
| | 25 kg | 0.01981.9025 |
| Kieselgel mit Indikator (Orange-Gel), Granulat, ~ 0,2 – 1 mm | 1 kg | 0.01967.1000 |
| | 5 kg | 0.01967.5000 |
| | 25 kg | 0.01967.9025 |
| Kieselgel mit Indikator (Orange-Gel), Granulat, ~ 1 – 3 mm | 1 kg | 0.01969.1000 |
| | 5 kg | 0.01969.5000 |
| | 25 kg | 0.01969.9025 |
| Kieselgel mit Indikator (Braun-Gel), Granulat, ~ 1 – 4 mm | 1 kg | 0.01972.1000 |
| | 5 kg | 0.01972.5000 |
| | 25 kg | 0.01972.9025 |
| Für die Trocknung von | praktisch allen Gasen und Flüssigkeiten | |
| Ungeeignet für die Trocknung von | alkalischen Flüssigkeiten (Laugen und Aminen). Orange-Gel: stark sauren sowie stark alkalischen Gasen, organischen Lösungsmitteln | |
| Anwendung | Im Exsikkator, zum Schutz feuchtigkeitsempfindlicher Güter während Lagerung und Transport, zum Trockenhalten absoluter Lösungsmittel, Füllung von Trockentürmen zum Trocknen durchströmender Gase oder durchlaufender Lösungsmittel | |
| Anwendungstemperatur | Bis etwa 65 °C ist die Kapazität nahezu temperaturunabhängig. Bei höheren Temperaturen lässt die Kapazität merklich nach. | |
| Vorteil von Weiß-Gel | Chemisch weitgehend inert, ungiftig, keine Entsorgungsprobleme, einfache Handhabung: Getrocknete Flüssigkeiten können dekantiert werden. | |
| Restwassergehalt in Luft | Minimum 0,02 mg H ₂ O / l entsprechend einem Taupunkt von – 55 °C. Je weniger ein Kieselgel mit H ₂ O beladen ist, desto intensiver trocknet es und desto geringer ist der Restwassergehalt über dem Kieselgel. | |
| | Beladung g H ₂ O / 100 g | Restwassergehalt mg H ₂ O / l |
| | 1 | 0,003 |
| | 1,5 | 0,1 |
| | 3,2 | 0,5 |
| | 5,2 | 1 |
| | 14 | 5 |
| | 23 | 10 |
| | 30 | 13 |
| Kapazität | 20 – 27 % bei 25 °C. Zum Erreichen niedriger Restwassergehalte kann die Kapazität nur zum Teil ausgenutzt werden (vgl. die obige Tabelle): Bei einem gewünschten Restwassergehalt von 1 mg/l darf die Beladung 5,2 g H ₂ O / 100 g Kieselgel nicht übersteigen. | |

| | |
|--|---|
| Indikatorumschlag von Blau-Gel | bei ca. 7 – 10 g adsorbiertem H ₂ O / 100 g Kieselgel von blau nach rosa |
| Indikatorumschlag von Orange-Gel | bei ca. 7 – 10 g adsorbiertem H ₂ O / 100 g Kieselgel von orange nach farblos |
| Indikatorumschlag von Braun-Gel | bei ca. 7 – 10 g adsorbiertem H ₂ O / 100 g Kieselgel von braun nach gelblich |
| Regenerierung | Bei 120 – 175 °C im Trockenschrank. Orange-Gel bei 100 – 130 °C im Trockenschrank. Nach Erhitzen auf 500 °C trocknet Kieselgel nicht mehr. |
| Typische chemische und physikalische Daten | Analyse: 98 % SiO ₂ , Rest: Al ₂ O ₃ , TiO ₂ , Fe ₂ O ₃ Indikator in Blau-Gel: CoCl ₂ Indikator in Orange-Gel: Phenolphthalein Indikator in Braun-Gel: Eisensalz Schüttgewicht: etwa 0,7 kg/l Oberfläche (BET): 700 m ² /g Körnung: 0,2 – 1 mm, 1 – 3 mm, 2 – 5 mm Porengröße: 2 – 2,5 nm Spezifische Wärme: etwa 1 KJ/kg °C Adsorptionswärme pro kg adsorbiertes Wasser: 3.200 KJ |

Trockenmittel-Beutel [SiO₂]

| Artikel | Beutelformat | Packungsgröße | Art.-Nr. |
|--|--------------|---------------|--------------|
| Trockenmittel-Beutel (1 g Kieselgel mit Indikator Blau-Gel) | 1,9 x 3,7 cm | 100 Beutel | 1.02591.0001 |
| | | 1.000 Beutel | 1.02591.0002 |
| Trockenmittel-Beutel (3 g Kieselgel mit Indikator Orange-Gel) | 4 x 7 cm | 100 Beutel | 1.03803.0001 |
| | | 1.000 Beutel | 1.03803.0002 |
| Trockenmittel-Beutel (10 g Kieselgel mit Indikator Orange-Gel) | 7 x 9 cm | 50 Beutel | 1.03804.0001 |
| Trockenmittel-Beutel (100 g Kieselgel mit Indikator Orange-Gel) | 15 x 14 cm | 10 Beutel | 1.03805.0001 |
| Trockenmittel-Beutel (250 g Kieselgel mit Indikator Orange-Gel) | 15 x 20,5 cm | 10 Beutel | 1.03806.0001 |

Weitere Trockenmittel-Beutel wie z.B. 500 g auf Anfrage

| | |
|----------------------------------|---|
| Für die Trocknung von | Luftfeuchtigkeit |
| Anwendung | Beutel mit Kieselgel-Füllung schützen wertvolle und empfindliche Güter vor Feuchtigkeitseinflüssen. Als Verpackungsbeigabe während Lagerung und Transport mindern sie die Korrosionsgefahr bei Maschinenteilen und Werkzeugen. Trockenmittel-Beutel helfen, die Funktionstüchtigkeit von optischen, elektrischen und elektronischen Präzisionsinstrumenten und Geräten aufrechtzuerhalten und bewahren pharmazeutische Produkte, Backwaren und Sämereien vor Verderb. |
| Kapazität | Kieselgel zeichnet sich durch ein sehr hohes Aufnahmevermögen für Feuchtigkeit aus: 20 % des Eigengewichts bei 25 °C und 80 % relativer Luftfeuchtigkeit. |
| Indikatorumschlag von Blau-Gel | bei ca. 7 – 10 g adsorbiertem H ₂ O / 100 g Kieselgel von blau nach rosa |
| Indikatorumschlag von Orange-Gel | bei ca. 7 – 10 g adsorbiertem H ₂ O / 100 g Kieselgel von orange nach farblos |
| Regenerierung | bei 100 – 120 °C im Trockenschrank |



Kupfersulfat [CuSO₄]

| Artikel | Packungsgröße | Art.-Nr. |
|--------------------------|---------------|--------------|
| Kupfersulfat zur Analyse | 250 g | 1.02791.0250 |
| | 1 kg | 1.02791.1000 |

| | |
|----------------------------------|--|
| Für die Trocknung von | niederen Fettsäuren, Alkoholen, Estern |
| Ungeeignet für die Trocknung von | Aminen, Nitrilen, Ammoniak |
| Restwassergehalt in Luft | 1,4 mg H ₂ O / l |
| Regenerierung | Oberhalb 50 °C im Vakuum |
| Vorteil | Verwendung als Indikator möglich. Das farblose wasserfreie Kupfer(II)-sulfat färbt sich unter Wasseraufnahme zum Kupfer(II)-sulfat-5-hydrat blau. |

Lithiumaluminiumhydrid [Li(AlH₄)]

| Artikel | Packungsgröße | Art.-Nr. |
|---|---------------|--------------|
| Lithiumaluminiumhydrid-Pulver zur Synthese | 25 g | 8.18875.0025 |
| Lithiumaluminiumhydrid-Tabletten zur Synthese | 25 g | 8.18877.0025 |

| | |
|----------------------------------|---|
| Für die Trocknung von | Kohlenwasserstoffen, Estern |
| Ungeeignet für die Trocknung von | Säuren, Säurederivaten (Chloriden, Anhydriden, Amiden, Nitrilen), aromatischen Nitroverbindungen |
| Anwendung | Li(AlH ₄) reagiert heftig, unter Umständen explosionsartig mit Wasser unter Abspaltung von Wasserstoff, deshalb sollte der Wassergehalt in den Lösungsmitteln sehr gering sein. |
| Kapazität | stöchiometrisch |

Magnesium [Mg]

| Artikel | Packungsgröße | Art.-Nr. |
|--|---------------|--------------|
| Magnesium-Späne nach Grignard zur Synthese | 250 g | 8.05817.0250 |
| | 1 kg | 8.05817.1000 |
| Magnesium, gepulvert, Korngröße ~ 0,1 – 0,3 mm | 250 g | 1.05815.0250 |
| | 1 kg | 1.05815.1000 |

| | |
|-----------------------|---|
| Für die Trocknung von | Alkoholen |
| Anwendung | Magnesiumspäne müssen vor Gebrauch mit Iod aktiviert werden. Während des Trocknungsvorganges bildet sich zuerst unlösliches Metallhydroxid, dann Metallalkoholat, welches sich in Alkohol löst. Daher muss nach der Trocknung destilliert werden. |
| Kapazität | stöchiometrisch |

Magnesiumoxid [MgO]

| Artikel | Packungsgröße | Art.-Nr. |
|----------------------------------|---------------|---------------------|
| Magnesiumoxid zur Analyse | 100 g | 1.05865.0100 |
| | 500 g | 1.05865.0500 |

Für die Trocknung von Alkoholen, Kohlenwasserstoffen, basischen Flüssigkeiten

Ungeeignet für die Trocknung von sauren Verbindungen

Restwassergehalt in Luft 0,008 mg H₂O / l

Regenerierung bei 800 °C

Magnesiumperchlorat [Mg(ClO₄)₂]

| Artikel | Packungsgröße | Art.-Nr. |
|--|---------------|---------------------|
| Magnesiumperchlorat-Hydrat, gekörnt, ~ 1 – 4 mm | 100 g | 1.05873.0100 |
| | 500 g | 1.05873.0500 |

Für die Trocknung von inerten Gasen, Luft; absorbiert Ammoniak ebenso stark wie Wasser.

Ungeeignet für die Trocknung von zahlreichen Lösungsmitteln, in denen es sich löst, z.B. Aceton, Dimethylformamid, Dimethylsulfoxid, Ethanol, Methanol oder Pyridin, organischen Verbindungen.

Anwendung In Trockentürmen zur Trocknung schnell strömender Gase; mit zunehmender H₂O-Beladung wird die Schüttung lockerer. Mg(ClO₄)₂ lässt sich ohne an der Wandung zu kleben wieder entfernen.

Restwassergehalt in Luft 0,0005 mg H₂O / l bis 10 % H₂O-Gehalt
0,002 mg H₂O / l bis 32 % H₂O-Gehalt

Kapazität 48 % entsprechend 6 mol Kristallwasser

Sicherheitsratschläge Im Kontakt mit einer reduzierenden Atmosphäre, insbesondere bei Gegenwart von Säuren oder Verbindungen, die zu Säuren hydrolysieren können, besteht Explosionsgefahr. Mg(ClO₄)₂ darf nur in Gefäßen aus anorganischem Material erhitzt werden.

Regenerierung bei 240 °C im Vakuum

Magnesiumsulfat [MgSO₄]

| Artikel | Packungsgröße | Art.-Nr. |
|--|---------------|---------------------|
| Magnesiumsulfat, wasserfrei zur Analyse | 1 kg | 1.06067.1000 |

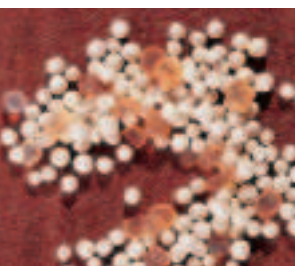
Für die Trocknung von fast allen Verbindungen einschließlich Säuren, Säurederivaten, Aldehyden, Estern, Nitrilen und Ketonen

Restwassergehalt in Luft 1,0 mg H₂O / l

Regenerierung bei 200 °C im Trockenschrank

Molekularsiebe

| Artikel | Packungsgröße | Art.-Nr. |
|--|---------------|--------------|
| Adsorptionsröhrchen für H ₂ O (Molekularsieb 0,3 nm mit Indikator Braun-Gel) Länge 15 cm, Durchmesser 2 cm, Füllmenge etwa 30 g | 3 Röhrchen | 1.06107.0003 |
| Molekularsieb 0,3 nm, Pulver | 250 g | 1.05706.0250 |
| Molekularsieb 0,3 nm, Perlform, ~ 2 mm | 250 g | 1.05704.0250 |
| | 1 kg | 1.05704.1000 |
| | 10 kg | 1.05704.9010 |
| Molekularsieb 0,3 nm, Perlform mit Indikator Braun-Gel, ~ 2 mm | 250 g | 1.05734.0250 |
| | 1 kg | 1.05734.1000 |
| Molekularsieb 0,3 nm, Stäbchen, ~ 3,2 mm | 250 g | 1.05740.0250 |
| | 1 kg | 1.05740.1000 |
| | 10 kg | 1.05740.9010 |
| Molekularsieb 0,3 nm, Stäbchen, ~ 1,6 mm | 250 g | 1.05741.0250 |
| | 1 kg | 1.05741.1000 |
| | 10 kg | 1.05741.9010 |
| Molekularsieb 0,4 nm, Pulver | 250 g | 1.05696.0250 |
| Molekularsieb 0,4 nm, Perlform, ~ 2 mm | 250 g | 1.05708.0250 |
| | 1 kg | 1.05708.1000 |
| | 10 kg | 1.05708.9010 |
| Molekularsieb 0,4 nm, Perlform mit Indikator Braun-Gel, ~ 2 mm | 250 g | 1.05739.0250 |
| | 1 kg | 1.05739.1000 |
| Molekularsieb 0,4 nm, Stäbchen, ~ 3,2 mm | 250 g | 1.05742.0250 |
| | 1 kg | 1.05742.1000 |
| | 10 kg | 1.05742.9010 |
| Molekularsieb 0,4 nm, Stäbchen, ~ 1,6 mm | 250 g | 1.05743.0250 |
| | 1 kg | 1.05743.1000 |
| | 10 kg | 1.05743.9010 |
| Molekularsieb 0,5 nm, Pulver | 250 g | 1.05710.0250 |
| Molekularsieb 0,5 nm, Perlform, ~ 2 mm | 250 g | 1.05705.0250 |
| | 1 kg | 1.05705.1000 |
| | 10 kg | 1.05705.9010 |
| Molekularsieb 0,5 nm, Stäbchen, ~ 3,2 mm | 250 g | 1.05752.0250 |
| | 1 kg | 1.05752.1000 |
| Molekularsieb 0,5 nm, Stäbchen, ~ 1,6 mm | 250 g | 1.05753.0250 |
| | 1 kg | 1.05753.1000 |
| Molekularsieb 1,0 nm, Pulver | 250 g | 1.05698.0250 |
| Molekularsieb 1,0 nm, Perlform, ~ 2 mm | 250 g | 1.05703.0250 |
| | 1 kg | 1.05703.1000 |
| | 10 kg | 1.05703.9010 |
| Molekularsieb 1,0 nm, Stäbchen, ~ 3,2 mm | 250 g | 1.05791.0250 |
| | 1 kg | 1.05791.1000 |
| Molekularsieb 1,0 nm, Stäbchen, ~ 1,6 mm | 250 g | 1.05792.0250 |
| | 1 kg | 1.05792.1000 |



Molekularsiebe eignen sich für die Trocknung von praktisch allen Gasen und Flüssigkeiten. Sie können eingesetzt werden in Exsikkatoren, in Trockenrohren, zum Trockenhalten absoluter Lösungsmittel, Füllen von Säulen zum Trocknen durchströmender Gase oder durchfließender Lösungsmittel, zur selektiven Adsorption (z.B. Phosgen aus Chloroform).

Vorteile

- Einfache Handhabung: Chemisch weitgehend inert, ungiftig, keine Entsorgungsprobleme, getrocknete Flüssigkeiten können dekantiert werden.
- Hohe Adsorptionskapazität bereits bei sehr niedrigen Wasser-Gehalten des zu trocknenden Gutes.
- Hohe Adsorptionskapazität auch bei höheren Temperaturen.
- Hohe Adsorptionsaffinität zu polaren und zu ungesättigten organischen Molekülen; H₂O wird jedoch immer bevorzugt adsorbiert.
- Selektive Adsorption: Nur porengängige Moleküle werden adsorbiert.

Einsatztemperatur

Molekularsiebe adsorbieren H₂O bei nur wenig verringerter Kapazität noch bei Temperaturen, bei denen Aluminiumoxid und Kieselgel Wasser bereits wieder abgeben. Zwischen 0 und 150 °C sinkt die Kapazität allmählich von 23 auf 7 % bei einem Restwassergehalt von 10 mg H₂O / l.

Restwassergehalt in Luft

Minimum unter 0,0001 mg H₂O / l bei 25 °C. Je weniger ein Molekularsieb mit H₂O beladen ist, desto intensiver trocknet es.

| Typische Werte für Molekularsieb 0,4 nm: | |
|---|--|
| Beladung g H ₂ O / 100 g Molekularsieb | Restwassergehalt mg H ₂ O / l |
| 1 | 0,0001 |
| 3 | 0,001 |
| 6 | 0,01 |
| 15 | 0,1 |
| 20 | 0,5 |

Das angelieferte originalverpackte Molekularsieb enthält etwa 1 – 2 % Wasser, das meist nicht stört. Bei höheren Anforderungen muss wie unter Regenerierung beschrieben aktiviert werden.

Kapazität

15 bis 24 % bei 25 °C. Zum Erreichen niedriger Restwassergehalte kann die Kapazität nur zum Teil ausgenutzt werden. Vgl. die obige Tabelle: Bei einem gewünschten Restwassergehalt von 0,01 mg H₂O / l darf die Beladung 6 g H₂O / 100 g Molekularsieb nicht übersteigen.

Indikator

Der Feuchtigkeitsindikator schlägt bei einer H₂O-Aufnahme von etwa 7 – 10 g / 100 g Molekularsieb von braun nach gelb um.

Regenerierung

Beliebig oft; maximale Regenerationstemperatur 450 °C; im Trockenschrank oberhalb 250 °C können Molekularsiebe auf Wassergehalte von 2 – 3 g / 100 g getrocknet werden. Der verbleibende Wassergehalt wird bei 300 – 350 °C im Ölpumpenvakuum (10⁻¹ – 10⁻³ mbar) entfernt, wobei wie üblich eine Kühlfalle mit Kohlendioxid-Kältemischung oder flüssiger Luft vorzuschalten ist. Wasserstrahlpumpen sind wegen ihres hohen Wasserdampfpartialdruckes völlig ungeeignet.

Zur Sicherheit sollten Molekularsiebe, mit denen Lösungsmittel getrocknet wurden, vor der Regenerierung durch Einschütten in Wasser vom anhaftenden Lösungsmittel befreit werden.

Das Molekularsieb mit Feuchtigkeitsindikator sollte nicht über 160 °C erhitzt werden.

Chemische und physikalische Eigenschaften

Molekularsiebe sind kristalline, synthetische Zeolithe, deren Kristallgitter eine Käfigstruktur mit zahlreichen Hohlräumen aufweist. Die Hohlräume sind von allen Seiten durch Poren mit genau eingehaltenen Abmessungen zugänglich; je nach Molekularsieb-Typ entweder 0,3, 0,4, 0,5 oder 1,0 nm Durchmesser. Wird durch Erhitzen das in den Hohlräumen befindliche Wasser entfernt, so erhält man äußerst aktive Adsorbentien. Adsorbiert werden aber nur Moleküle, die durch die Poren hindurchgelangen können (Siebeffekt).

| Porendurchmesser [nm] | Typ | Zusammensetzung | Struktur |
|-----------------------|-------|---------------------------|----------|
| 0,3 | 3A | Kalium-Aluminium-Silicat | Sodalith |
| 0,4 | 4A | Natrium-Aluminium-Silicat | Sodalith |
| 0,5 | 5A | Calcium-Aluminium-Silicat | Sodalith |
| 1,0 | 13A/X | Natrium-Aluminium-Silicat | Faujasit |

Die bei der hydrothermalen Herstellung erhaltenen Molekularsieb-Kristallite werden mit 1 bis 2 % Ton als Bindemittel zu Kugeln oder Stäbchen geformt. Durch die Erschütterungen beim Transport kann es zu Abrieb kommen, der sich bei der dynamischen Trocknung in der ersten Fraktion sammelt.

| | |
|--|--|
| Schüttgewicht: | 0,75 kg/l |
| Oberfläche (BET): | 800 m ² /g |
| Lieferform: | Pulver; Kugeln (~ 2 mm); Stäbchen (~ 1,6 mm, ~ 3,2 mm) |
| Effektiver Porendurchmesser je nach Typ: | 0,3; 0,4; 0,5 oder 1,0 nm |
| Hohlraumvolumen: | 0,3 cm ³ /g |
| Spezifische Wärme: | > 0,8 KJ/kg |
| Adsorptionswärme pro kg adsorbiertes Wasser: | 4.200 KJ |

Natrium [Na]

| Artikel | Packungsgröße | Art.-Nr. |
|--|---------------|---------------------|
| Natrium-Stangen, ø 2,5 cm, Schutzflüssigkeit: Paraffinöl | 250 g | 1.06260.0250 |
| | 1 kg | 1.06260.1000 |
| Natrium-Stangen zur Synthese, Schutzflüssigkeit: Paraffinöl | 250 g | 8.22284.0250 |
| | 1 kg | 8.22284.1000 |

| | |
|----------------------------------|--|
| Für die Trocknung von | Ethern, gesättigten aliphatischen und aromatischen Kohlenwasserstoffen, tertiären Aminen |
| Ungeeignet für die Trocknung von | Säuren, Säurederivaten, Alkoholen, Aldehyden, Ketonen, Alkyl- und Arylhalogeniden, mit denen heftige explosionsartige Reaktionen ablaufen. |
| Anwendung | Einpressen von Natriumdraht mit Hilfe einer Natriumpresse in Flüssigkeiten. Vorsicht! Natrium reagiert explosionsartig mit Wasser. Die Vernichtung von Natriumabfällen wird zweckmäßigerweise mit einem hochsiedenden Alkohol z.B. tert-Butanol vorgenommen. |
| Kapazität | stöchiometrisch |
| Hinweis | Praktisch alle Lösungsmittel, bei denen eine Na-Trocknung vorgeschlagen wird, lassen sich intensiver mit Calciumhydrid trocknen. |

Natriumhydroxid [NaOH]

| Artikel | Packungsgröße | Art.-Nr. |
|---|---------------|---------------------|
| Natriumhydroxid, Plätzchen zur Analyse | 500 g | 1.06498.0500 |
| | 1 kg | 1.06498.1000 |
| | 5 kg | 1.06498.5000 |
| Natriumhydroxid, Plätzchen reinst | 1 kg | 1.06482.1000 |
| | 5 kg | 1.06482.5000 |

| | |
|----------------------------------|--|
| Für die Trocknung von | basischen Flüssigkeiten, zum Beispiel Aminen sowie inerten und basischen Gasen |
| Ungeeignet für die Trocknung von | Säuren, Säurederivaten (Chloriden, Anhydriden, Amiden, Nitrilen) |
| Anwendung | Trocknung von Flüssigkeiten. Zur Trocknung von schnell strömenden Gasen nicht geeignet, da die Porendiffusion infolge Zerfließens behindert wird. Einsatz in der Gastrocknung, wenn neben Feuchtigkeit auch saure Gase absorbiert werden sollen. |
| Restwassergehalt in Luft | 0,002 mg H ₂ O / l |

Natriumsulfat [Na₂SO₄]

| Artikel | Packungsgröße | Art.-Nr. |
|--|---------------|---------------------|
| Natriumsulfat, wasserfrei, gekörnt ~ 0,6 – 2 mm | 1 kg | 1.06637.1000 |
| Natriumsulfat, wasserfrei zur Analyse | 500 g | 1.06649.0500 |
| | 1 kg | 1.06649.1000 |
| | 5 kg | 1.06649.5000 |

| | |
|-----------------------|--|
| Für die Trocknung von | fast allen Verbindungen, u.a. auch empfindlichen Fettsäuren, Aldehyden, Ketonen sowie Alkyl- und Arylhalogeniden |
| Anwendung | Trocknung von Flüssigkeiten; mäßig wirksam. |
| Regenerierung | bei 150 °C im Trockenschrank |



| Phosphorpentoxid [P ₂ O ₅] und SICAPENT® | | |
|---|---------------|--------------|
| Artikel | Packungsgröße | Art.-Nr. |
| di-Phosphorpentoxid reinst | 1 kg | 1.00540.1000 |
| | 25 kg | 1.00540.9025 |
| di-Phosphorpentoxid zur Analyse | 100 g | 1.00570.0100 |
| | 500 g | 1.00570.0500 |
| Sicapent® mit Indikator (Phosphorpentoxid Trocknungsmittel) | 500 ml | 1.00543.0500 |
| | 2,8 l | 1.00543.2800 |

| | |
|----------------------------------|--|
| Für die Trocknung von | neutralen und sauren Gasen, gesättigten aliphatischen und aromatischen Kohlenwasserstoffen, Nitrilen, Alkyl- und Aryl-halogeniden und Schwefelkohlenstoffen |
| Ungeeignet für die Trocknung von | Alkoholen, Aminen, Säuren, Ketonen, Ethern, Chlorwasserstoffen und Fluorwasserstoffen |
| Restwassergehalt in Luft | 0,00002 mg H ₂ O / l bis 25 % Wasseraufnahme bei Sicapent® entsprechend 2 mol H ₂ O pro mol P ₂ O ₅ |
| Kapazität | P ₂ O ₅ : 40 % Sicapent®: 33 % |
| Anwendungshinweis | Phosphorpentoxid überzieht sich bei Wasseraufnahme mit einer Schicht von Polymetaphosphorsäure, die die Diffusion von H ₂ O-Molekülen behindert. Durch die Verwendung von Sicapent® kann man diese Schwierigkeit umgehen, da die aus P ₂ O ₅ und Wasser entstehende Polymetaphosphorsäure sofort vom Trägerstoff aufgesogen wird, so dass das Trockenmittel stets als feines rieselfähiges Granulat vorliegt. |
| Regenerierung: | nicht möglich |

SICAPENT® mit Indikator

| | | |
|-----------------------------|--|--|
| Zusammensetzung | 25 % inertes anorganisches Trägermaterial 75 % Phosphorpentoxid | |
| Trägerkörnung | 0,1 – 1,6 mm | |
| Schüttgewicht | ca. 300 g/l | |
| rieselfähig bis | 100 % Wasseraufnahme | |
| Indikatorgehalt | 0,1 % | |
| Wassergehalt/Indikatorfarbe | H ₂ O-Gehalt [%]: 0 20 27 33 | Farbe des Trockenmittels: farblos grün blaugrün blau |
| Anwendungshinweis | Der Vorteil bei der Anwendung granulierter Trockenmittel liegt in der sehr bequemen Handhabung. Selbst nach erheblicher Wasseraufnahme (etwa 100 % des Eigengewichtes) bleibt die körnige rieselfähige Struktur erhalten. Infolgedessen können die Trockenmittel nach Erschöpfung ihrer Kapazität sehr leicht aus allen Gefäßen wieder entfernt werden. Sicapent® trocknet infolge seiner großen Oberfläche etwa 20 % schneller als einfaches Phosphorpentoxid oder anders ausgedrückt, im gleichen Zeitraum werden 20 % mehr Wasser aufgenommen. | |
| Anwendung | Trocknen von Flüssigkeiten, zur Füllung von Trockenrohren; aufgrund der hohen Intensität und der Granulatform besonders zur Trocknung schnell strömender Gase in Trockenrohren geeignet. | |
| Sicherheitsratschlag | Beim Öffnen der Flasche können feinere Anteile des Trockenmittels aufgewirbelt werden, daher das Etikett beachten: Behälter mit Vorsicht öffnen und handhaben. Schutzbrille tragen. | |

Schwefelsäure [H₂SO₄] und SICACIDE®

| Artikel | Packungsgröße | Art.-Nr. |
|--|---------------|--------------|
| Schwefelsäure 95 – 97 % zur Analyse | 1 l | 1.00731.1000 |
| | 2,5 l | 1.00731.2500 |
| Schwefelsäure 95 – 98 % reinst | 1 l | 1.00713.1000 |
| | 2,5 l | 1.00713.2500 |
| Sicacide® mit Indikator (Schwefelsäure, Trocknungsmittel auf inertem Trägermaterial) | 500 ml | 1.00719.0500 |
| | 2,8 l | 1.00719.2800 |

| | |
|--|--|
| Für die Trocknung von | Luft, Gasen wie Chlorwasserstoff, Chlor, Kohlenmonoxid, Schwefeloxid, Kohlenwasserstoffen und inerten Gasen |
| Ungeeignet für die Trocknung von | oxidierbaren Gasen wie Schwefelwasserstoffen und Iodwasserstoffen sowie ungesättigten und zahlreichen anderen organischen Verbindungen |
| Anwendung | Schwefelsäure wird in Waschflaschen zur Trocknung von Gasen oder in Exsikkatoren in offenen Schalen eingesetzt. Zur Vergrößerung der Oberfläche und zur Vermeidung des Risikos von Verätzungen bietet Merck Schwefelsäure aufgezogen auf ein inertes anorganisches Trägermittel an: Sicacide®. Es ähnelt in seiner Beschaffenheit dem Sicapent®. |
| Restwassergehalt/ Verdünnung der H ₂ SO ₄ | 0,005 mg H ₂ O / l H ₂ SO ₄ 100 % 0,3 mg H ₂ O / l H ₂ SO ₄ 96 % 0,9 mg H ₂ O / l H ₂ SO ₄ 70 % 7,0 mg H ₂ O / l H ₂ SO ₄ 50 % |
| Anwendung von Sicacide® | In Exsikkatoren und in Trockenpistolen; bei der Verwendung in Trockentürmen ist zu berücksichtigen, dass bei größerer Schichtdicke der Strömungswiderstand relativ groß werden kann. |

SICACIDE® mit Indikator

| | |
|-----------------------------|--|
| Zusammensetzung | 25 % inertes anorganisches Trägermaterial 75 % Schwefelsäure |
| Trägerkörnung | 0,1 – 1,6 mm |
| Schüttgewicht | ca. 350 g/l |
| rieselfähig bis | 100 % Wasseraufnahme |
| Indikatorgehalt | 0,1 % |
| Wassergehalt/Indikatorfarbe | H ₂ O-Gehalt [%] Farbe von Sicacide®: 0 rot-violett 20 rot-violett 27 blass-violett 33 blass-gelb bis farblos |

Einsatzbeispiele für Trocknungsmittel

- Trocknen und Reinigen von Luft und Gasen
- Trocknen von Analysenproben
- Trocknen von Lösungsmitteln
- Trocknen von Syntheseprodukten
- Arbeiten unter konstanter Luftfeuchtigkeit
- Probevorbereitung für eine Karl-Fischer-Titration
- Lagerung von feuchtigkeitsempfindlichen Produkten
- Versand von feuchtigkeitsempfindlichen Produkten unter konstant trockener Atmosphäre

Vertrieb Deutschland
VWR International GmbH
Frankfurter Straße 133
D - 64293 Darmstadt
Bundesweiter Bestellservice:

Telefon 0180 - 5702000
Fax 0180 - 5702222
Website www.vwr.com

Vertrieb Schweiz
VWR International AG
Rüchligstraße 20
Postfach 964
CH - 8953 Dietikon

Telefon 0041 - 1 - 7451111
Fax 0041 - 1 - 7451100
Website www.vwr.com

Vertrieb Österreich
VWR International GmbH
Zimbaggasse 5
A - 1147 Wien

Telefon 0043 - 1 - 57600 - 0
Fax 0043 - 1 - 57600 - 600
Website www.vwr.com

Weitere Informationen
zu Merck und unseren Produkten

Website www.merck.de
E-Mail reagents@merck.de

