



Kjeldahlsche  
Stickstoffbestimmung

PanReac   
AppliChem  
ITW Reagents

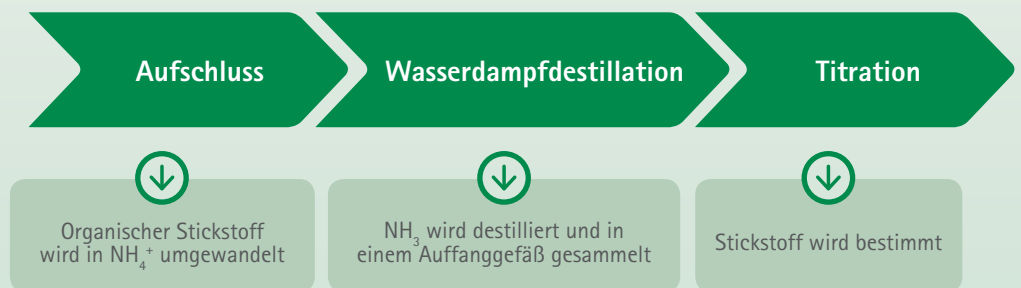
# Kjeldahlsche Stickstoffbestimmung

Mit der Kjeldahl-Methode wird der Stickstoffgehalt in organischen und anorganischen Proben bestimmt.

Seit mehr als 100 Jahren wird die Kjeldahl-Methode zur Stickstoffbestimmung in einer Vielzahl von Proben angewendet. Die Kjeldahlsche Stickstoffbestimmung erfolgt in Lebensmitteln und Getränken, Fleisch, Getreide und Futtermitteln zur Berechnung des Proteingehalts. Die Kjeldahl-Methode wird auch zur Stickstoffbestimmung in Abwässern, Böden und anderen Proben eingesetzt.

Es ist ein offizielles Verfahren und wird in verschiedenen Normen wie AOAC, US EPA, ISO, DIN, Pharmakopöen und verschiedenen europäischen Richtlinien beschrieben.

Die Kjeldahlsche Stickstoffbestimmung umfasst drei Hauptschritte:



## 1. Aufschluss

Das Ziel des Aufschlussverfahrens ist es, alle Stickstoffbindungen in der Probe aufzubrechen und den gesamten organisch gebundenen Stickstoff in Ammoniumionen ( $\text{NH}_4^+$ ) umzuwandeln. Organischer Kohlenstoff und Wasserstoff werden als Kohlendioxid und Wasser freigesetzt. In diesem Prozess verkohlt das organische Material der Probe durch die Schwefelsäure unter Bildung eines schwarzen Schaumes. Die Zersetzung der Probe ist komplett, wenn das schwarze Medium klar und farblos geworden ist. Zu diesem Zweck wird die Probe bei Temperaturen zwischen 350 und 380 °C mit Schwefelsäure vermischt. Je höher die verwendete Temperatur, desto schneller kann der Aufschluss erfolgen. Die Geschwindigkeit des Aufchlusses kann durch die Zugabe von Sulfatsalz und Katalysatoren stark verbessert werden. Kaliumsulfat wird zugegeben, um den Siedepunkt der Schwefelsäure zu erhöhen und Katalysatoren werden zugegeben, um die Geschwindigkeit und Effizienz des Aufschlussverfahrens zu erhöhen. Oxidationsmittel können hinzugefügt werden, um die Geschwindigkeit weiter zu verbessern.



Nach Beendigung des Aufchlusses wird die Probe auf Raumtemperatur heruntergekühlt, dann mit Wasser verdünnt und in die Destillationseinheit überführt.

## 2. Wasserdampfdestillation

Während der Destillation werden die Ammoniumionen ( $\text{NH}_4^+$ ) durch Zugabe einer starken Base (NaOH) in Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) umgewandelt. Der Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) wird mittels Wasserdampfdestillation in das Auffanggefäß überführt.



Das Auffanggefäß für das Destillat wird mit einer Absorptionslösung gefüllt, um das gelöste Ammoniakgas einzufangen.

- Übliche absorbierende Lösungen umfassen wässrige Borsäure [ $\text{B}(\text{OH})_3$ ] mit einer Konzentration von 2 bis 4 %. Der Ammoniak wird quantitativ durch die Borsäurelösung aufgefangen, die solvatisierte Ammoniumionen bildet.



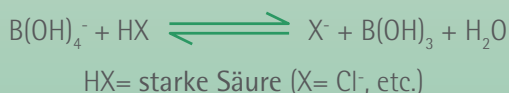
- Auch Maßlösungen anderer Säuren können für das Auffangen des Ammoniaks und der Bildung der Ammoniumionen verwendet werden.



## 3. Titration

Die Konzentration der aufgefangenen Ammoniumionen kann durch zwei Arten von Titrationen bestimmt werden:

- Wenn Borsäurelösung als Absorptionslösung verwendet wird, wird eine Säure-Base-Titration unter Verwendung von Schwefelsäure- oder Salzsäure-Maßlösung und Indikator Mischung durchgeführt. Abhängig von der Menge der vorhandenen Ammoniumionen werden Maßlösungen mit Konzentrationen im Bereich von 0,01 N bis 0,5 N verwendet. Alternativ kann der Endpunkt mit einer pH-Elektrode potentiometrisch bestimmt werden. Diese Titration wird als direkte Titration bezeichnet.



- Bei Verwendung von Schwefelsäure-Maßlösung als Absorptionslösung wird die Restschwefelsäure (der Überschuss, der nicht mit  $\text{NH}_3$  reagiert hat) mit Natriumhydroxid-Maßlösung titriert und über die Differenz die Menge an Ammoniak berechnet. Diese Titration wird als Rücktitration bezeichnet.



## Prozessschema

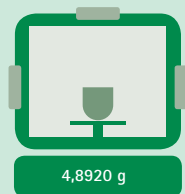
Die optimalen Probenmengen (0,01 bis 5 g) hängen von den erwarteten Stickstoffgehalten ab, beeinflussen aber auch die Wahl der Titriermittelkonzentration. Die Grenze der Probenmengen muss normalerweise experimentell ermittelt werden. Sie sollten 30 - 140 mg Stickstoff (N). Idealerweise sollte die Partikelgröße < 1 mm sein. Die Probe muss homogen sein und sollte bei Bedarf gemahlen werden.

Das verwendete Volumen von Schwefelsäure 98% ist abhängig vom erwarteten Verbrauch an Schwefelsäure in der Redoxreaktion, in der Schwefelsäure zu Schwefeldioxid reduziert wird. Am Ende des Aufschlusses muss ein Überschuss an Säure in ausreichender Menge vorhanden sein, um die nichtflüchtigen Ammoniumionen in Lösung zu halten und den Verlust von flüchtigem Ammoniak zu verhindern. Üblicherweise werden für eine Probe von 1 g zwei 5 g-Kjeldahl-Tabletten mit 20 ml 98 %iger Schwefelsäure verwendet und Aufschlusszeiten von 90 Minuten angewendet. Ein gutes Verhältnis ist 1 g Kjeldahl-Katalysatormischung zu 2 ml 98 %iger Schwefelsäure.

Die Aufschlusszeit hängt von der chemischen Struktur der Probe, der Temperatur, der Menge an Sulfatsalz und dem Katalysator ab.

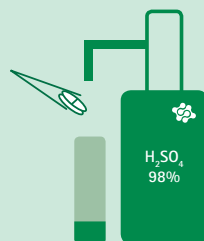
Als Beispiel zeigen wir in den folgenden Abbildungen den Ablauf des Aufschlusses, der Destillation und der Titration einer Milchprobe.

### 1. AUFSCHLUSS

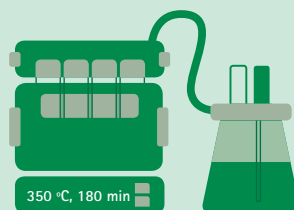


Waage

- Schütteln Sie die Milchprobe vorsichtig, damit sie nicht schäumt.
- Wiegen Sie ca. 5 g der homogenen Probe ab.



- Legen Sie die Probe in ein Aufschlussfläschchen.
- Fügen Sie zwei 5 g-Kjeldahl-Tabletten des Missouri-Katalysators hinzu.
- Geben Sie 20 ml 98 %ige Schwefelsäure hinzu.
- Suspendieren Sie die Probe vorsichtig, indem Sie sie vorsichtig schütteln.



Heizblock Gaswascher

- Stellen Sie das Aufschlussrohr/Aufschlussfläschchen und die Mischung in die Aufschlusseinheit und in einen Heizblock.
- Erhitzen Sie die Mischung (350 - 380 °C), bis weiße Dämpfe zu sehen sind.
- Heizen Sie für weitere 180 Minuten.
- Die Wasser- und Schwefelsäuredämpfe werden durch eine Natriumhydroxidlösung (Gaswascher) geleitet, um sie zu neutralisieren.
- Der Aufschluss ist beendet, wenn die Probe vollständig transparent ist und aufgrund des Cu aus dem Katalysator eine leicht blaue Farbe aufweist.
- Lassen Sie die Probe auf Raumtemperatur abkühlen. Geben Sie vorsichtig ca. 100 ml Wasser hinzu.
- Dann wird der Inhalt des Glasrohrs in die Destillationseinheit überführt.

## 2. WASSERDAMPFDESTILLATION

2

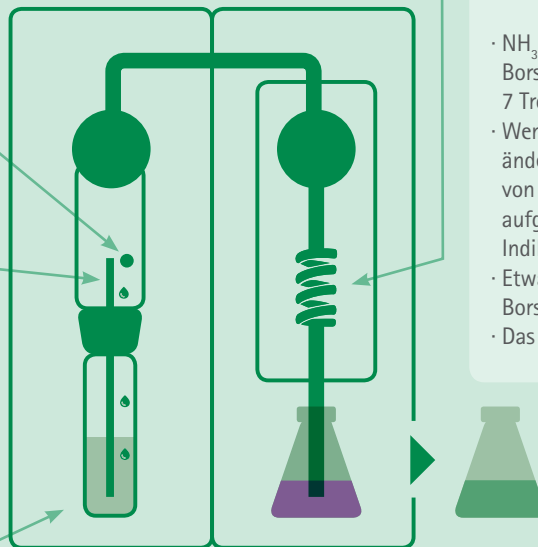
50 ml einer 50 %igen Natriumhydroxidlösung werden zu der Probe gegeben, um den pH-Wert zu neutralisieren und  $\text{NH}_4^+$  in  $\text{NH}_3$  umzuwandeln.

3

Ein Wasserdampfstrom wird in die Probe eingeblasen, um das gebildete  $\text{NH}_3$  mitzureißen.

1

Die Probe ist bereits mit 98%iger Schwefelsäure aufgeschlossen.



Destillationseinheit

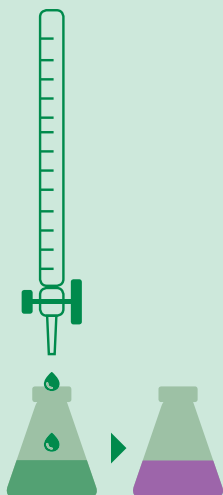
4

$\text{NH}_3$  wird kondensiert.

5

- $\text{NH}_3$  wird in 50 ml einer 4 %igen Borsäurelösung aufgefangen, die 6 bis 7 Tropfen Tashiro-Indikator enthält.
- Wenn  $\text{NH}_3$  mit Borsäure reagiert, ändert sich die Farbe der Lösung von Rotviolett zu Grün (pH 4,4-5,8) aufgrund des Farbumschlags des Indikators.
- Etwa 150 ml Kondensat werden in der Borsäurelösung aufgefangen.
- Das kann ca. 5 Minuten dauern.

## 3. TITRATION



- Titrieren Sie mit  $\text{HCl}$  0,25 mol/l, bis die Lösung eine leicht violette Farbe hat.
- Mit dem verbrauchten Volumen und der Konzentration der verwendeten  $\text{HCl}$  kann die Molzahl an Stickstoffatomen in der Probe und daraus der Prozentsatz Protein in der Milchprobe berechnet werden.

# Reagenzien für die Kjeldahl-Analyse

## 1. Aufschluss

### 1.1. Kjeldahl-Katalysatoren

Die Katalysatoren bestehen zu mehr als 97 % aus einem Salz, das die Siedetemperatur der Schwefelsäure erhöht sowie aus 1 bis 3 % eines Katalysortyps oder einer Mischung von Katalysatoren, um die Geschwindigkeit und Effizienz des Aufschlussverfahrens zu erhöhen. Typische Katalysatoren sind Selen oder Metallsalze von Kupfer oder Titan.

Die Auswahl eines bestimmten Katalysators hängt von ökologischen und toxischen Aspekten oder praktischen Gründen wie der Reaktionszeit oder dem Schäumen und Sputtern ab. So reagiert ein selenhaltiger Katalysator am schnellsten, ist jedoch toxisch. Ein kupferhaltiger Katalysator ist sowohl für Menschen als auch für die Umwelt viel sicherer, hat aber einen langsameren Aufschlussprozess zur Folge. Ein idealer Kompromiss ist der Mischkatalysator aus Kupfer und Titansulfat.

In wasserhaltigen Proben, z.B. in Total Kjeldahl Nitrogen- (Gesamter Kjeldahl-Stickstoff, TKN) Bestimmungen, werden starke Schaumbildung und Sputtern oft durch Kjeldahl-Tabletten verursacht. In einer solchen Situation ist eine Katalysatormischung in Pulverform und die Verwendung von Siedestäben geeignet. Außerdem hängen die Aufschlusszeiten von der Art der Probe, dem Volumen der Schwefelsäure, dem Verhältnis von Säure zu Salz und der Art des Katalysators ab. Zum Beispiel werden Fett, Öl und heterozyklische aromatische Verbindungen leichter aufgeschlossen, wenn der Katalysator Selen enthält.

Die Verwendung von Kupfer als Katalysator wird immer üblicher, da es als umweltfreundlicher gilt. Heute werden Selen oder Kupfer als Katalysatoren in mehr als 90 % der weltweit durchgeführten Kjeldahl-Aufschlüsse eingesetzt.



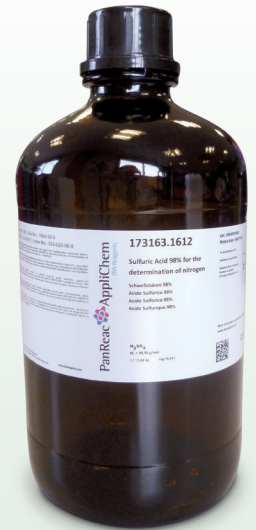
Produkt	Bestell-Nr.	Tabletten-gewicht	Verpackung	Zusammensetzung					Empfehlung
				Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O	Se	TiO <sub>2</sub>	
Kjeldahl Katalysator (Cu) (0,3% CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O) Tabletten	173350.1213	3,5 g	3,5 kg		3,489 g	0,010 g			Missouri-Katalysator. Umweltverträglichkeit durch geringen Kupfergehalt, aber erhöhte Aufschlussdauer.
	173350.1214	5 g	5 kg		4,985 g	0,015 g			
Kjeldahl Katalysator (Cu) (1,96% CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O) Tabletten	177033.1214	5 g	5 kg		4,902 g	0,098 g			
Kjeldahl Katalysator (Cu) (6,25% CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O) Tabletten	174428.1211	1 g	1000 g		0,938 g	0,0625 g			
	174428.1246	4 g	4 kg		3,75 g	0,25 g			
Kjeldahl Katalysator (Cu) (9% CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O) Tabletten	175639.12111	1,65 g	1650 g		1,501 g	0,148 g			Universaltablette. 1,5 g Tablette (ca.) wird für Mikro-Kjeldahl-Anwendungen empfohlen. Gutes Ergebnis und geringe Auswirkungen auf die Umwelt.
	175639.1214	5 g	5 kg		4,55 g	0,45 g			
Kjeldahl Katalysator (Cu) (10,26% CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O) Tabletten	177040.1246	4 g	4 kg		3,589 g	0,410 g			
Kjeldahl Katalysator (Cu-Se) (1,5% CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O + 2% Se) Pulver	172429.1211	-	1000 g		0,965 g	0,015 g	0,02 g		Wieninger-Katalysator. Geeignet für wasserhaltige Proben.
Kjeldahl Katalysator (Cu-Se) (1,5% CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O + 2% Se) Tabletten	172926.1211	1 g	1000 g		0,965 g	0,015 g	0,02 g		Wieninger-Katalysator.
	172926.1213	3,5 g	3,5 kg		3,377 g	0,052 g	0,07 g		
	172926.1214	5 g	5 kg		4,825 g	0,075 g	0,1 g		
Kjeldahl Katalysator (Cu-Se) (9% CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O + 0,9% Se) Tabletten	175570.1246	4 g	4 kg		3,60 g	0,36 g	0,036 g		
Kjeldahl Katalysator (Cu-TiO <sub>2</sub> ) Tabletten	173349.1296	3,71 g	3,71 kg	1,75 g	1,75 g	0,104 g		0,104 g	Perfekte Ausgewogenheit zwischen Umweltfreundlichkeit und schnellem Aufschluss.
	173349.1214	5 g	5 kg	2,358 g	2,358 g	0,1415 g		0,1415 g	
Kjeldahl Katalysator (Se) Tabletten	173348.1213	3,5 g	3,5 kg		3,49 g		0,003 g		Schneller Aufschluss, aber nicht optimal bezüglich Umweltverträglichkeit.
	173348.1214	5 g	5 kg		4,99 g		0,005 g		

# Reagenzien für die Kjeldahl-Analyse

## 1. Aufschluss

### 1.2. Säure und Oxidationsmittel für den Aufschluss

In Analysen von Nahrungs- und Futtermitteln wird 98 %ige Schwefelsäure für den Aufschluss verwendet. Für spezielle Anwendungen können jedoch Änderungen der Konzentration von Schwefelsäure oder Mischungen von Säuren erwogen werden. Zum Beispiel werden Proteinbestimmungen von Milch und Sahne häufig unter Verwendung einer 69 %igen Schwefelsäure durchgeführt, um die Gefahr des Schäumens zu verringern.



Oxidationsmittel können hinzugefügt werden, um die Geschwindigkeit weiter zu verbessern. Wasserstoffperoxid hat die breiteste Verwendung, da es die Zersetzung von organischem Material beschleunigt und eine schaumverhindernde Wirkung während des Aufschlusses hat. Jedoch ist es äußerst reaktiv und das Risiko von Stickstoffverlusten ist hoch. Wenn das Schäumen das einzige Problem ist, ist es besser, 1 bis 3 Tropfen einer eigenen Antischaumemulsion zu verwenden.

Nach dem Aufschluss und vor der Neutralisation der Schwefelsäure durch Zugabe von konzentrierter Natriumhydroxid-Lösung wird die Probe auf Raumtemperatur heruntergekühlt und mit destilliertem Wasser verdünnt. Dies wird durchgeführt, um ein Spritzen des Aufschlusses durch die exotherme Reaktion beim Mischen von konzentrierter Säure und Base zu verhindern. Wenn die Proben unmittelbar nach dem Abkühlen mit 10 bis 20 ml Wasser verdünnt werden, kann eine Kristallisation vermieden werden.

Produkt	Bestell-Nr.	Verpackung
Schwefelsäure 98% für die Stickstoffbestimmung	173163.1611	1000 ml
	173163.1612	2,5 L
	173163.0716	25 L
Wasserstoffperoxid 30% G/V (100 vol.) zur Analyse	121076.1211	1000 ml
	121076.1214	5 L
Silicon-Entschäumer, flüssig (ORG) technisch	211628.1208	100 ml
	211628.1209	250 ml
	211628.1210	500 ml
Wasser zur Analyse, ACS	131074.1211	1000 ml
	131074.1212	2,5 L
	131074.1214	5 L
	131074.1315	10 L



## 2. Wasserdampfdestillation

### 2.1 Alkalien zur Neutralisation und Freisetzung von Ammoniak

Die saure Probe wird mit konzentrierter Natronlauge neutralisiert. Üblicherweise wird langsam 50 %iges NaOH am Hals der Flasche hinzugesetzt. Da es schwerer ist, bildet es eine Schicht unter dem verdünnten Säureaufschlussgemisch. Im allgemeinen sind für jeweils 5 ml konzentrierte Schwefelsäure, die beim Aufschluss verwendet wurde, 20 ml 50 %iges Natriumhydroxid erforderlich, um den Aufschluss stark alkalisch zu machen (pH-Wert > 11). Die Ammoniumionen werden in Ammoniak umgewandelt, das mittels Wasserdampfdestillation in das Auffanggefäß überführt wird.



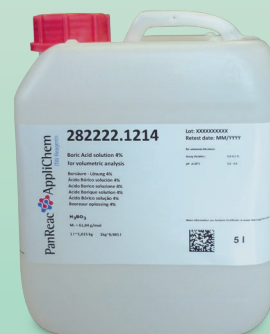
Produkt	Konzentration	Bestell-Nr.	Verpackung
Natriumhydroxid	Plätzchen	131687.1210	500 g
		131687.1211	1000 g
		131687.1214	5 kg
		131687.0416	25 kg
	50 % G/V	141571.1214	5 L
	40 % G/G	171220.1211	1000 ml
		171220.1214	5 L
		171220.1315	10 L
		171220.0715	10 L
		171220.0716	25 L
32 % G/V	122666.1211	1000 ml	
	122666.1214	5 L	

Eine Destillation sollte lange genug dauern, so dass mehr als 99,5 % des Ammoniaks im Auffanggefäß gesammelt werden. Eine typische Destillationszeit beträgt 4 Minuten bei einer Dampfleistung von 100 %.

### 2.2 Lösungen zum Auffangen des Ammoniaks

Das Auffanggefäß für das Destillat ist mit einer Absorptionslösung gefüllt, um das gelöste Ammoniakgas aufzufangen. Je nach Volumen der Aufschlussmischung und der befolgten Methode sollten 15 bis 150 ml Kondensat in der Vorlage gesammelt werden, um eine vollständige Rückgewinnung von Stickstoff zu gewährleisten. Die Auffanglösungen können Borsäure, Schwefelsäure oder Salzsäure sein. Die Borsäure ist die Methode der Wahl, weil sie eine Automatisierung erlaubt.

Produkt	Konzentration	Bestell-Nr.	Verpackung
Borsäure	1 %. Enthält 0,00075 % Methylrot und 0,001 % Bromkresolgrün als Indikatoren. Für die automatische Analyse.	283334.1214	5 L
		283334.0716	25 L
	2 %	287096.1214	5 L
		287096.0716	25 L
	3 %	282928.1211	1000 ml
	4 %	282222.1211	1000 ml
282222.1214		5 L	
Salzsäure	0,1 mol/l	181023.1211	1000 ml
		181023.1212	2,5 L
		181023.1214	5 L
		181023.0715	10 L
	0,5 mol/l	181023.1315	10 L
		181022.1211	1000 ml
		181022.1214	5 L
		181022.1315	10 L
Schwefelsäure	0,05 mol/l	181061.1211	1000 ml
		181061.1214	5 L
		181061.1315	10 L
	0,1 mol/l	182011.1211	1000 ml
		181060.1211	1000 ml
		181060.1212	2,5 L
0,25 mol/l	181060.1315	10 L	



Sie finden eine Vielzahl an Maßlösungen auf unserer Website [www.itwreagents.com](http://www.itwreagents.com).

## 3. Titration

### 3.1 Maßlösungen und Indikatoren

Wenn Borsäure als Auffanglösung verwendet wird, werden die gebildeten Tetrahydroxyboratanionen mit einer Maßlösung einer starken Säure titriert. Diese Titration wird als direkte Titration bezeichnet.

- Die Erfassung des Endpunkts kann manuell oder mit einer kolorimetrischen Titration unter Verwendung eines Indikatorgemisches durchgeführt werden. Die Kombination von Methylrot und Methylenblau (Tashiro-Indikator) wird häufig verwendet.
- Alternativ kann der Endpunkt potentiometrisch mit einer pH-Elektrode bestimmt werden. Hierbei sollte vorzugsweise der pH-Wert der Borsäure vor der Destillation auf 4,65 eingestellt werden sowie ein Endpunkt von pH 4,65 für die Titration verwendet werden.

Wenn die Auffanglösung eine Salzsäure- oder Schwefelsäure-Maßlösung ist, wird der Überschuss an Säure durch eine genau abgemessene Basen-Maßlösung wie Natriumhydroxid neutralisiert. Der Endpunkt der Titration wird am Farbumschlag eines Indikators erkannt. Methylorange ist normalerweise der bevorzugte Indikator. Diese Titration wird als Rücktitration bezeichnet.

Produkt	Konzentration	Bestell-Nr.	Verpackung
<b>Direkte Titration</b>			
Salzsäure	0,1 mol/l	181023.1211	1000 ml
		181023.1212	2,5 L
		181023.1214	5 L
		181023.0715	10 L
		181023.1315	10 L
Schwefelsäure	0,05 mol/l	181061.1211	1000 ml
		181061.1214	5 L
		181061.1315	10 L
Mischindikator 4,8 (Methylrot-Bromcresolgrün) Farbwechsel: von Pinkviolett zu Smaragdgrün (pH 4,8-5,5)		283303.1609	250 ml
Mischindikator pH 4,4 (Methylrot-Methylenblau) (Tashiro-Indikator). Farbwechsel: von Rotviolett zu Grün (pH 4,4-5,8)		282430.1609	250 ml
<b>Rücktitration</b>			
Natriumhydroxid	0,1 mol/l	181693.1211	1000 ml
		181693.1214	5 L
		181693.1315	10 L
Methylrot - Lösung 0,1% Farbwechsel: von Rot nach Gelb (pH 4,2-6,2)		281618.1208	100 ml

Sie finden eine Vielzahl an Maßlösungen auf unserer Website [www.itwreagents.com](http://www.itwreagents.com).



# BERECHNUNGEN

Die Berechnungen für % Stickstoff oder % Protein müssen berücksichtigen, welche Art von Auffanglösung und welche Verdünnungsfaktoren während des Destillationsprozesses verwendet wurden. In den folgenden Gleichungen steht „N“ für Normalität. „ml Blindwert“ bezieht sich auf die Milliliter der Base, die benötigt werden, um einen Reagenzienbindwert zurückzutitrieren, wenn Standardsäure die Auffanglösung ist oder auf die Milliliter der Standardsäure, die benötigt werden, um einen Reagenzienbindwert zu titrieren, wenn Borsäure die Auffanglösung ist.

- Wenn Borsäure als Auffanglösung verwendet wird, lautet die Gleichung:

$$\% \text{ Stickstoff} = \frac{(\text{ml Standardsäure} - \text{ml Blindwert}) \times N \text{ Säure} \times 1,4007}{\text{Gewicht der Probe in Gramm}}$$

- Wenn Standardsäure als Auffanglösung verwendet wird, lautet die Gleichung:

$$\% \text{ Stickstoff} = \frac{[(\text{ml Standardsäure} \times N \text{ Säure}) - (\text{ml Blindwert} \times N \text{ Base})] - (\text{ml Standardbase} \times N \text{ Base}) \times 1,4007}{\text{Gewicht der Probe in Gramm}}$$

Wenn es gewünscht wird, % Protein anstelle von % Stickstoff zu bestimmen, wird der berechnete % N mit einem Faktor multipliziert, wobei die Größenordnung des Faktors von der Probenmatrix abhängt. Viele Proteinfaktoren wurden für die Verwendung mit verschiedenen Arten von Proben entwickelt.

Hier sind % Stickstoff, der Proteinfaktor und % Protein für verschiedene Arten von Lebensmitteln aufgeführt:

Lebensmittel		% Stickstoff	Faktor	% Protein
Getreide, Nudeln				
	Brauner Reis	1,3	6,25	7,9
	Weizenmehl, Vollkorn	2,4	5,7	13,7
	Makkaroni, Spaghetti	1,9	5,7	11,0
Hülsenfrüchte, Nüsse und Samen				
	Rote Bohnen	3,4	6,25	21,2
	Soja und Sojaprodukte	6,3	5,71	36,0
	Mandeln	4,9	5,18	25,3
	Erdnüsse	4,8	5,46	26,0
	Walnüsse	2,9	5,3	15,2
	Sonnenblumenkerne	3,2	5,3	17,2
Milchprodukte				
	Vollmilch	0,5	6,38	3,3
	Käse (z. B. Cheddar)	3,9	6,38	24,9
	Butter	0,3	6,38	2,0
	Joghurt	0,8	6,38	5,3
Fleisch, Geflügel, Fisch				
	Rindfleisch	3,0	6,25	18,5
	Huhn, Brustfleisch	3,7	6,25	23,1
	Schinken	2,8	6,25	17,6
	Vollei	2,0	6,25	12,5
	Fisch	2,6	6,25	16,0



A173,DE;201710

**PanReac**   
**AppliChem**  
ITW Reagents

**PanReac Química SLU**

C/ Garraf 2, Poligono Pla de la Bruguera  
E-08211 Castellar del Vallès  
(Barcelona) Spain  
Phone +34 937 489 400  
Fax +34 937 489 401  
[info.es@itwreagents.com](mailto:info.es@itwreagents.com)

**AppliChem GmbH**

Ottoweg 4  
DE-64291 Darmstadt  
Germany  
Phone +49 6151 9357 0  
Fax +49 6151 9357 11  
[info.de@itwreagents.com](mailto:info.de@itwreagents.com)

**Nova Chimica Srl**

Via G. Galilei, 47  
I-20092 Cinisello Balsamo  
(Milano) Italy  
Phone +39 02 66045392  
Fax +39 02 66045394  
[info.it@itwreagents.com](mailto:info.it@itwreagents.com)

[www.itwreagents.com](http://www.itwreagents.com)