

**Schulchemiezentrum**  
**Dipl. Ing (FH) Wolfgang Proske**  
**Bahnhofstr. 18, 06895 Zahna - Elster**  
**Tel: 034924 / 20648,**  
**Fax: 034924 / 20011**  
**www.schulchemiezentrum.de,**  
**wolfgang\_proske@web.de**  
**wolfgang.proske@schulchemiezentrum.de**

## **Düngemittelanalytik auf der Tüpfelplatte**

### **Was ist in der Schule machbar? Fachwissenschaftliche Kontexte und didaktische Umsetzung**

Wolfgang Proske und Martin Schwab

- A 1. Einleitung**
- B 2. Fachliche Grundlagen**
  - B 2.1. Notwendigkeit und Bedeutung der Düngung**
  - B 2.2. Nährstoffe, Bedeutung und Anzeichen bei Überschuss und Mangel**
  - B 2.3. Stickstoffdüngung**
  - B 2.4. Professionelle Düngung in Landwirtschaft und Erwerbsgartenbau**
  - B 2.5. Düngung im privaten Haushalt und im Kleingarten**
  - B 2.6. Nachweis-Reaktionen (Chemismus) für Nährstoffe**
  - B 2.7. Mögliche Schwierigkeiten bei der Analytik**
  - B 2.8. Methoden der Probevorbereitung**
- C 3. Experimenteller Teil**
  - C 3.1. Tüpfeltechnik, eine Möglichkeit für Schülerexperimente**
  - C 3.2. Ausstattung des Arbeitsplatzes**
  - C 3.3. Experimentieranleitungen**
    - C 3.3.1. Herstellung der Probelösungen**
    - C 3.3.2. Filtration der Probelösung**
    - C 3.3.3. Nachweisreaktion für einzelne Parameter**
  - C 3.4. Herstellungsvorschriften für die Reagenzien**
- D 4. Literaturverzeichnis**
- C 5. Didaktische Umsetzung (Martin Schwab)**

## **A 1. Einleitung**

Eine wichtige Grundlage für einen interessanten naturwissenschaftlichen Unterricht besteht darin, Phänomene aus den täglichen Leben zu thematisieren. Die Pflege von Zierpflanzen im Haushalt, aber auch die Bewirtschaftung eines Kleingartens wäre ein solches Beispiel. Die Betreuung des Schulgartens wäre auch ein interessantes Projekt für einen fächerverbindenden naturwissenschaftlichen Unterricht. Das Thema Düngung wäre ein Mosaikstein. Für den Unterricht im Fach Chemie bietet sich hier die qualitative Untersuchung von Düngemitteln an. Dabei lassen sich auch Aspekte der analytischen Chemie praxisnah integrieren. Bei der Entwicklung dieses Konzeptes wurde darauf geachtet, dass die Untersuchung als Schüler-Experiment mit überschaubarem zeitlichem und materiellem Aufwand realisierbar ist. Die Minimierung von Gefährdungspotenzialen war ein wichtiger Punkt bei der Konzeption.

## **B 2. Fachliche Grundlagen**

### **B 2.1. Notwendigkeit und Bedeutung der Düngung**

- Durch die Ernte werden dem Boden Nährstoffe entzogen
- durch eine Untersuchung des Bodens nach der Ernte oder im Frühjahr kann ermittelt werden, ob im Boden noch genügend Nährstoffe vorhanden sind
- Klärung der Frage, ob und in welchem Mengen gedüngt werden muss
- Ziel der Düngung ist die Vermeidung von Misserfolgen, deren Ursache Mangel und / oder Überschuss von Nährstoffen ist

#### **Zusammenhang zwischen Düngung und Ertrag:**

- *J. Liebig: „Gesetz des Minimums“*
- *E. Mitscherlich: „Gesetz des abnehmenden Ertragszuwachses“*

**Man unterscheidet Mineraldünger und organische Dünger. Bei den Mineraldüngern handelt es sich um synthetisch hergestellte anorganische Salze. Organische Dünger sind natürlichen Ursprungs, Beispiele wären Kompost und Hornspäne.**

## **B 2.2. Nährstoffe, Bedeutung und Anzeichen bei Überschuss und Mangel**

### **Stickstoff**

- Hauptnährstoff, verantwortlich für Eiweißaufbau,
- kräftige, sattgrüne Blätter

#### ***Mangelscheinungen:***

- kleine, helle Blätter, leicht vertrocknetes Aussehen

#### ***Überschuss:***

- übermäßiges Wachstum, hoher Wassergehalt, mangelnde Zellstabilität, Luxuskonsum Folge Qualitätsminderung
- Umweltbelastung (Trinkwasser)

### **Phosphat**

- verantwortlich für die Bildung von Blüten, Früchten und Samen

#### ***Mangelscheinungen:***

- kümmerliches Wachstum, sehr dünne Stängel,
- graugrüne bis rötliche Verfärbung der Blätter

#### ***Überschuss:***

- Aufnahme von Spurenelementen erschwert,
- Umweltbelastung (Eutrophie)

### **Kali**

- verantwortlich für Photosynthese, Wasserhaushalt, erhöht Widerstandsfähigkeit gegen Frost, Schädlinge und Wassermangel

#### ***Mangelscheinungen:***

- Chlorose (Blätter werden gelb),
- Blätter sterben vom Rande her ab, geringe Standfestigkeit

### **Magnesium**

- Bestandteil Chlorophyll (Fotosynthese)

#### ***Mangelscheinungen:***

- Chlorose (gelbe bis braune Verfärbung der Blätter)

### **Calcium**

- Regulierung des pH-Wertes im Boden
- Regulierung der Nährstoffaufnahme aus den Boden
- Entquellung des Zellplasmas, Gegenspieler um Kalium

#### ***Mangelscheinungen:***

- Wurzeln werden schleimig
- Chlorose der Blätter

### **Schwefel (als Sulfat für Pflanzen verfügbar)**

- Bestandteil von Eiweißen und Enzymen
- Pflanzeninhaltsstoff (Senföle)

#### ***Mangelscheinungen:***

- stagnierende Eiweißsynthese, verkümmertes Aussehen,
- kleine ausgebleichte Blätter

## Chlorid

- verändert die Nährstoffaufnahme

## *Überschuss*

- dunkle Blätter, nach innen eingerollt
- bei hohen Chlorid-Konzentrationen Behinderung des Wachstums

## **B 2.3. Stickstoffdüngung**

Stickstoff wird von den meisten Pflanzen nur in Form von Nitrat-Stickstoff aufgenommen, sieht man von den Leguminosen ab, welche den elementaren Stickstoff aus der Luft aufnehmen und verwerten können. Nitrat-haltige Düngemittel wirken als Sofort-Dünger. Ammoniumhaltige Düngemittel werden durch Mikroorganismen im Boden zu Nitrat umgewandelt, diesen Vorgang nennt man Nitrifikation. Harnstoff und Harnstoff-Formaldehyd-Kondensate wirken als Langzeitdünger. Durch Urease-abspaltende Mikroorganismen wird Harnstoff zum Ammoniak hydrolysiert, welches mit Hydronium-Ionen Ammonium bildet.

## **B 2.4. Professionelle Düngung in Landwirtschaft und Erwerbsgartenbau**

In der professionellen Landwirtschaft erfolgt die Düngung anhand der Ergebnisse einer Bodenuntersuchung. Nach der Ernte werden Bodenproben in spezialisierten Laboratorien analysiert. Es erfolgt zunächst eine Bestimmung des pH-Wertes, der pflanzenverfügbaren Gehalte an Phosphat und Kalium. Gegebenenfalls sind weitere Untersuchungen erforderlich. Aus den ermittelten Analysenwerten wird eine Düngempfehlung erarbeitet. Dabei spielt es eine ganz wichtige Rolle, welche Kulturen angebaut werden sollen, denn der Nährstoffbedarf ist für jede Kultur anders. Gerade in der professionellen Landwirtschaft ist die Düngung nach den Ergebnissen der Bodenuntersuchung eine Notwendigkeit, um Ertragsausfälle zu verhindern. Hier ist es üblich, mit konzentrierten anorganischen Mineraldüngern zu arbeiten. Natürlich ist auch hier die Düngung mit organischen Düngemitteln (Torf, Kompost, Hornspäne, Gülle u.a.) erforderlich.

## **B 2.5. Düngung im privaten Haushalt und im Kleingarten**

Im privaten Haushalt werden zur Düngung von Zimmerpflanzen flüssige Dünger oder auch Düngestäbchen eingesetzt. Da jede Kultur einen anderen Bedarf an Nährstoffen hat, sind unterschiedliche Düngemittel verfügbar, welche in Blumenfachgeschäften, Gärtnereien und Baumärkten erhältlich sind. Flüssige Dünger sind hochkonzentrierte Zubereitungen. Es ist deshalb sehr wichtig, diesen exakt zu dosieren. Aus diesem Grunde enthalten die Gebinde Dosier – Einrichtungen. Gerade Topfpflanzen sind sehr empfindlich auf Überdüngung. Bei den Düngestäbchen ist der Wirkstoff in eine Matrix eingebracht, welche dem Wirkstoff nur verzögert (retardiert) abgibt. Dadurch werden Überdüngungen ausgeschlossen. Für die Düngung im Kleingarten gibt es in Baumärkten heute auf entsprechende Kulturen abgestimmte Dünger - Mischungen. Sie enthalten anorganische Mineraldünger aber auch organische Dünger z. B. Hornspäne. Diese Mischungen haben einen geringeren Nährstoffgehalt als Mineraldünger, somit ist die Gefahr einer Überdüngung minimiert. Auch sind sie in der Anwendung einfacher, allerdings sind diese nicht ganz billig. Auch im Kleingarten ist es durchaus empfehlenswert, sich über eine Bodenuntersuchung Klarheit über die Nährstoffverhältnisse zu verschaffen.

## B 2.6. Nachweis-Reaktionen (Chemismus) für Nährstoffe

In der folgenden Übersicht sind die zugrunde liegenden chemischen Nachweisreaktionen beschrieben, welche auf der Tüpfelplatte möglich sind, bzw. von uns erprobt wurden. Es empfiehlt sich, die Methoden zunächst mit reinen Substanzen (Positiv-Kontrolle) zu erproben. Zu diesem Zweck werden Lösungen mit einer Konzentration von 0,1 mol/l eingesetzt.

*In Düngemittelproben können folgende Parameter nachgewiesen werden:.*

### Ammonium

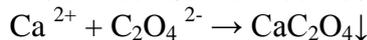
Ammoniumionen reagieren mit Formaldehyd (Methanal) es entsteht Hexamethylentetramin, dabei werden Hydronium-Ionen freigesetzt. Die Absenkung des pH-Wertes wird an der Entfärbung des Phenolphthaleins sichtbar.



### Calcium

Calcium-Ionen reagieren mit Calconcarbonsäure in alkalischer Lösung, es entsteht ein violetter Farbkomplex. Calconcarbonsäure ist in alkalischer Lösung tintenblau gefärbt. Nach Zusatz eines Tropfen Probelösung tritt ein Farbumschlag nach rotviolett ein.

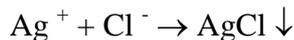
Calcium-Ionen lassen sich auch mit Oxalat-Ionen nachweisen, es entsteht Calciumoxalat, welches als weißer Niederschlag ausfällt. Dieser Niederschlag ist in Essigsäure schwerlöslich, in stärkeren Säuren aber löslich.



Das letztgenannte Verfahren erfordert ganz klare Lösungen, welche gerade bei Düngemischungen aus dem Baumarkt nicht immer zu erhalten sind. Deshalb wurde hier das Verfahren mit Calconcarbonsäure favorisiert.

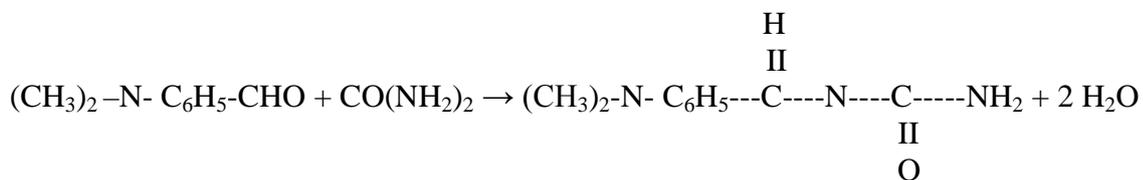
### Chlorid

Chlorid-Ionen bilden mit Silberionen einen weißen, käsigen Niederschlag von Silberchlorid.



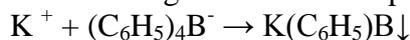
### Harnstoff

Harnstoff reagiert in stark saure Lösung mit 4- Dimethylaminobenzaldehyd. Es entsteht ein gelber Farbkomplex



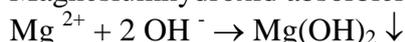
### Kalium

Kaliumionen reagieren mit Kalignost (Natriumtetraphenylborat), es entsteht ein weißer Niederschlag von Kaliumtetraphenylborat.



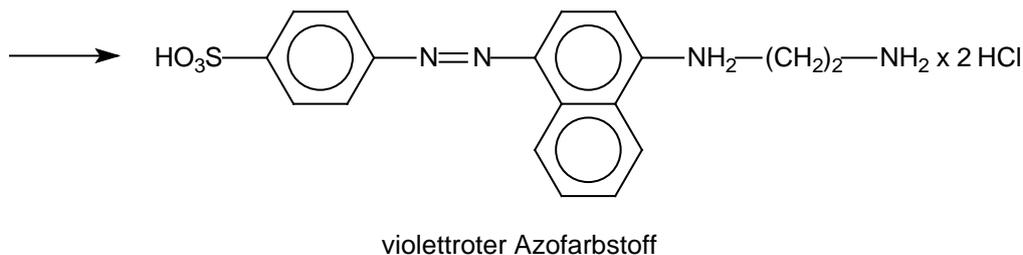
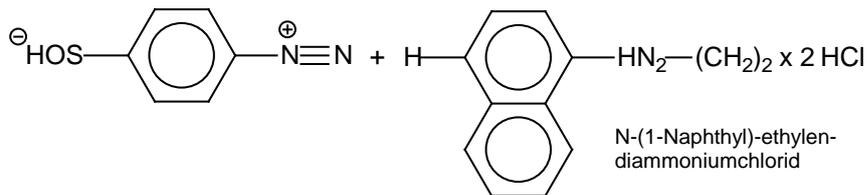
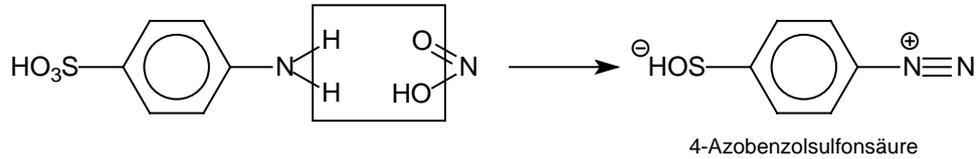
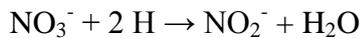
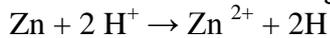
### Magnesium

Die Probelösung wird mit Natronlauge und Titangelblösung versetzt. Das frisch gefällte Magnesiumhydroxid absorbiert den Farbstoff und es entsteht ein roter Farblack.



## Nitrat

Nitrat wird durch naszierenden Wasserstoff, welcher aus Zink und Essigsäure entsteht, zu Nitrit reduziert. Dies reagiert mit Griess-Reagenz, es entsteht ein rotvioletter Azofarbstoff



## Organische Stoffe

Organische Stoffe werden durch schwefelsaure Kaliumpermanganat-Lösung reduziert. Dies ist an einer Entfärbung der violetten Kaliumpermanganat-Lösung erkennbar

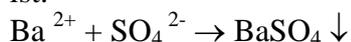
## Phosphat

Phosphat bildet mit Ammoniummolybdat in saurer Lösung bei hohen Konzentrationen an Phosphat einen gelben Niederschlag. Bei geringen Konzentrationen ist keine Farbveränderung feststellbar. Durch Reduktionsmittel lässt sich der gebildete Komplex reduzieren, es entsteht Molybdänblau. Es ist ein Gemisch aus verschiedenen Oxidationsstufen des Molybdäns.

## Sulfat

Sulfat-Ionen reagieren mit Barium-Ionen unter Bildung eines weißen Niederschlages von Bariumsulfat.

Die Probelösung wird mit Salzsäure angesäuert, da Bariumsulfat in saurer Lösung unlöslich ist.



## **B 2.7. Mögliche Schwierigkeiten bei der Analytik**

Prinzipiell ist immer mit Störungen zu rechnen. Gerade Dünger Mischungen aus dem Baumarkt enthalten organische Bestandteile. Diese können auf verschiedenartige Weise eine Reaktion beeinflussen. Meist wirken diese als Komplexbildner, oder sie verändern den pH-Wert. Sie sind oft wasserunlöslich, eine Filtration ist unumgänglich. Manchmal sind die Filtrate auch nach Filtration noch trüb. Dünge-Stäbchen lässt man einige Tage in Wasser liegen, danach wird filtriert oder zentrifugiert. Jedes Produkt zeigt ein anderes Verhalten. Unbedingt sollten Positiv-Kontrollen mit reinen Stoffen durchgeführt werden, um abzusichern, dass die Reagenzien in Ordnung sind. Der Nachweis von Spurenelementen mit schulischen Mitteln ist kaum möglich, da aufgrund des Matrixeffektes mindestens ein Aufschluss und spezielle organische Nachweisreagenzien erforderlich sind. Es kann durchaus möglich sein, bei einzelnen Mischungen nichts nachweisen zu können.

## **B 2. 8. Methoden der Probevorbereitung**

Unter Probevorbereitung versteht man alle Schritte, um den zu untersuchenden Stoff in eine analysierbare Form zu bringen. Im konkreten Fall heißt dieses, die Probe in Wasser zu lösen und den ungelösten Anteil durch Filtration zu entfernen. Dies kann mit einem Trichter mit eingelegtem Rundfilter oder auch durch eine Schnell-Filtrationsapparatur aus Medizintechnik-Bauteilen erfolgen.

## **C 3. Experimenteller Teil**

### **C 3.1. Tüpfeltechnik, eine Möglichkeit für Schülerexperimente**

Die Tüpfeltechnik ist für Schülerexperimente für viele Anwendungen ideal, auch wenn in bestimmten Fällen Einschränkungen bestehen

#### **Vorteile:**

- möglich: Farbreaktionen, Auflösung und Bildung von Niederschlägen
- geringster Chemikalienverbrauch
- Minimierung des Gefährdungspotentials
- Erziehung zum sparsamen Umgang mit Chemikalien
- geringer Zeitbedarf
- Laborausstattung und Abzug in der Regel nicht erforderlich
- ideal für Schülerübungen, pflegeleicht
- Erziehung zum exakten Arbeiten
- geringe Anschaffungskosten

#### **Nachteile:**

- Gasentwicklungen teilweise schwer erkennbar
- Reaktionen nur bei Raumtemperatur auf der Tüpfelplatte möglich  
Alternative wäre das Erwärmen im Glühröhrchen (Mikro-Reagenzglas.)
- Beständigkeitsprobleme bei Plaste und org. Lösungsmitteln
- Einarbeitung notwendig
- zweckmäßig nur für schnell ablaufende Reaktionen

## **C 3.2. Ausstattung des Arbeitsplatzes**

**Zur Ausstattung des Arbeitsplatzes sind erforderlich:**

- Tüpfelplatten
- Reagenzien-Flaschen, ideal Augentropfen-Flaschen aus Kunststoff
- Tropfpipetten
- Ständer
- Reagenzien

## **C 3.3. Experimentieranleitungen**

### **C 3.3.1. Herstellung der Probelösungen**

Zur Herstellung der Probelösung werden etwa 0,5 g (ein gehäufte Spatel) mit 5 ml destilliertem Wasser kräftig durchgeschüttelt und filtriert. Dieser Vorgang kann in einem Reagenzglas mit Stopfen oder auch in einem Schnappdeckelglas erfolgen

### **C 3.3.2. Filtration der Probelösung**

Die Filtration kann über ein Rund- oder Faltenfilter, welches in einen passenden Trichter eingelegt ist, erfolgen. Eine Alternative wäre eine Apparatur zur Schnellfiltration aus Medizintechnik- Bauteilen.

#### **Apparatur zur Schnellfiltration aus Medizintechnik-Bauteilen**

Aus Medizintechnik-Bauteilen lässt sich eine einfache Apparatur zur Vakuumfiltration herstellen. Sie besteht aus einem Zentrifugenglas, welches mit einem Stopfen verschlossen wird. Dieser ist mit zwei Kanülen durchbohrt. In der einen Kanüle wird der Zylinder einer 20 ml Spritze fixiert, indem ein Filterblättchen eingelegt ist. Die zweite Kanüle wird mit einer Heidelberger Verlängerung verbunden, die auf der anderen Seite eine 50 ml Perfusor-Spritze enthält.

#### ***Anfertigung der Filterblättchen:***

- von der 20 ml Spritze den Kolben herausziehen
- mehrere Lagen Filterpapier übereinander legen
- Kolben auf das Filterpapier stellen und mit Bleistift Umrisse des Kolbens nachzeichnen
- entstehende Kreise ausschneiden

#### ***Bau der Apparatur:***

- in den Gummistopfen zwei Kanülen (1,2 x 40 mm) einführen, Konus der Kanüle an der breiten Seite des Stopfens
- Kanülen auf Durchgängigkeit prüfen
- 1. Kanüle mit Zylinder einer 20 ml Spritze verbinden
- in den Spritzenzylinder ein Filterblättchen geben
- 2. Kanüle über Heidelberger Verlängerung mit Perfusor-Spritze verbinden

#### ***Inbetriebnahme der Apparatur:***

- Zentrifugenglas in ein Stativ einspannen
- mit vorbereiteten Stopfen verschließen
- Kolben der Perfusor-Spritze auf Nullstellung
- zu filtrierende Probe in den Spritzenzylinder einfüllen
- Kolben der Perfusor-Spritze herausziehen und in dieser Stellung halten

### C 3.3.3. Nachweisreaktion für einzelne Parameter

x

#### Ammonium

*Unterlage:* weiß

*Durchführung:* 1 Tropfen Ammonium-Reagenz  
1 Tropfen Probe-Lösung

*Ergebnis:* Farbumschlag rotviolett nach farblos, sofort

#### *Ammonium – Reagenz:*

1 ml (20 Tropfen) 4 %ige Formaldehyd-Lösung mit einigen Tropfen Cresolphthalein oder Phenolphthalein-Lösung versetzen, tropfenweise unter Umschütteln Natriumcarbonat-Lösung bis zur kräftig violetten Färbung zugeben, Überschuss vermeiden, frisch bereiten

#### Calcium

##### **Verfahren mit Calconcarbonsäure**

*Unterlage:* weiß

*Durchführung:* 1 Tropfen Calcium-Reagenz  
1 Tropfen Probe-Lösung

*Ergebnis:* Farbumschlag blau nach rotviolett

#### *Calcium – Reagenz:*

1 ml (20 Tropfen) 1 mol/l Natronlauge bis zur tintenblauen Färbung mit Calconcarbonsäure-Verreibung versetzen, frisch bereiten

##### **Verfahren mit Ammoniumoxalat nur für völlig klare Probelösungen**

*Unterlage:* schwarz

*Durchführung:* 1 Tropfen Probelösung  
1 Ammoniumoxalat-Lösung

*Ergebnis:* weißer Niederschlag nach einigen Minuten

#### Chlorid

*Unterlage:* schwarz

*Durchführung:* 1 Tropfen Probelösung  
1 Tropfen Salpetersäure  
1 Tropfen Silbernitrat-Lösung

*Ergebnis:* weißer Niederschlag

#### Harnstoff

*Unterlage:* weiß

*Durchführung:* 1 Tropfen Probelösung  
1 Tropfen Harnstoff-Reagenz

*Ergebnis:* Farbumschlag farblos nach gelb in wenigen Minuten

#### *Harnstoff – Reagenz:*

Gesättigte Lösung von 4-Dimethylaminobenzaldehyd in 10 %iger Salzsäure frisch bereiten

#### Kalium

*Unterlage:* schwarz

*Durchführung:* 1 Tropfen Probelösung  
1 Tropfen Kalignost

*Ergebnis:* weißer Niederschlag, sofort

### Magnesium

**Unterlage:** weiß  
**Durchführung:** 1 Tropfen Probelösung  
1 Tropfen Natronlauge  
1 Tropfen Titangelb  
**Ergebnis:** Farbumschlag farblos nach orangerot

### Nitrat

**Unterlage:** weiß  
**Durchführung:** 1 Tropfen Probelösung  
1 Tropfen Essigsäure  
1 Krümel Zink – oder Magnesium-Pulver  
3 Minuten einwirken lassen  
1 Mikrospatel Nitrit-Reagenz  
**Ergebnis:** Farbumschlag nach rotviolett nach einigen Minuten

### Organische Stoffe

**Unterlage:** weiß  
**Durchführung:** 1 Tropfen Probelösung  
1 Tropfen Permanganat-Gebrauchs-Lösung  
**Ergebnis:** Farbumschlag rotviolett nach farblos

#### ***Permanganat-Gebrauchs-Lösung:***

1 ml (20 Tropfen) Permanganat-Stamm-Lösung und 9 ml Wasser werden gemischt.  
frisch bereiten

### Phosphat

**Unterlage:** weiß  
**Durchführung:** 1 Tropfen Probelösung  
1 Tropfen Phosphat-Reagenz I  
1 Tropfen Phosphat-Reagenz II  
**Ergebnis:** Farbumschlag farblos nach blau in wenigen Augenblicken

### Sulfat

**Unterlage:** schwarz  
**Durchführung:** 1 Tropfen Probelösung  
1 Tropfen Salzsäure 10 %  
1 Tropfen Bariumchlorid-Lösung  
**Ergebnis:** weißer Niederschlag nach wenigen Augenblicken

### **C 3.4. Herstellungsvorschriften für die Reagenzien**

In dieser Übersicht sind alle haltbaren Reagenzien aufgeführt.

Die Herstellung frisch zubereitender Reagenzien findet sich bei den Arbeitsvorschriften.

#### **Ammoniumoxalat – Lösung :**

4 g Ammoniumoxalat ( $((\text{COONH}_4)_2 \times \text{H}_2\text{O})$ ) werden in Wasser gelöst und mit Wasser zu 100 ml aufgefüllt.

#### **Bariumchlorid – Lösung 0,05 mol/l:**

1,22 g Bariumchlorid ( $\text{BaCl}_2 \times 2 \text{H}_2\text{O}$ ) werden in Wasser gelöst und mit Wasser zu 100 ml aufgefüllt.

#### **Calconcarbonsäure- Verreibung:**

1 g Calconcarbonsäure wird mit 100g wasserfreien Natriumsulfat oder Natriumchlorid gründlich miteinander in einer Reibschale verrieben.

#### **Cresolphthalein-Lösung zum Ammoniumnachweis:**

0,1 g Cresolphthalein werden in 80 ml Ethanol 96 % gelöst. Die Lösung wird mit Wasser zu 100 ml verdünnt.

#### **Essigsäure 25 % :**

25 ml Essigsäure 99 % werden mit Wasser zu 100 ml verdünnt

#### **4 %ige Formaldehyd zum Ammoniumnachweis:**

8,4 g Natriumhydrogencarbonat werden in 80 ml Wasser gelöst, mit 10 ml Formaldehyd-Lösung versetzt und mit Wasser zu 100 ml aufgefüllt.

#### **Kalignost (Natriumtetraphenylborat-Lösung:**

1g Kalignost (Natriumtetraphenylborat) werden in Wasser gelöst und mit Wasser zu 100 ml aufgefüllt.

#### **Natriumcarbonat-Lösung 1% zum Ammoniumnachweis:**

1 g Natriumcarbonat-Decahydrat wird in Wasser gelöst und zu 100 ml aufgefüllt

#### **Natriumhydroxid – Lösung ( $1 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$ ):**

42 g Natriumhydroxid R werden in kohlendioxidfreiem Wasser R zu 1000 ml gelöst.

#### **Nitrit-Reagenz:**

0,3 g Naphthylethylendiammoniumdichlorid, 1,5 g Sulfanilsäure und 100 g Natriumchlorid sorgfältig miteinander in einer Reibschale verreiben.

#### **Permanganat-Stammlösung:**

3,2 g Kaliumpermanganat R werden in 50 ml Wasser gelöst, mit 5,6 ml konzentrierter Schwefelsäure versetzt und mit Wasser zu 100 ml aufgefüllt

#### **Phenolphthalein – Lösung R:**

0,1 g Phenolphthalein R werden in 80 ml Ethanol 96 % R gelöst. Die Lösung wird mit Wasser R zu 100 ml verdünnt.

#### **Phosphatreagenz I:**

2,5 g Ammoniummolybdat wird in 100 ml dest. Wasser gelöst, mit 16,5 ml konzentrierter Schwefelsäure versetzt Wasser zu 250 ml aufgefüllt

**Phosphatreagenz II:**

2,5 g Zinn (II)chlorid – dihydrat werden in 100 ml Glycerin gelöst

**Salpetersäure 1 mol/l:**

7,0 ml Salpetersäure (65 %) werden mit Wasser zu 100 ml verdünnt.

**Salzsäure 10 %:**

25 ml Salzsäure (37 %) werden mit Wasser R zu 100 ml verdünnt.

**Schwefelsäure 1 mol/l:**

60 ml Wasser werden mit 5,5 ml Schwefelsäure (96%) versetzt und nach dem Erkalten mit Wasser R zu 100 ml verdünnt.

**Silbernitrat – Lösung 0,05 mol/l:**

0,85 g Silbernitrat werden in Wasser gelöst und mit Wasser zu 100 ml aufgefüllt.  
Vor Licht geschützt zu lagern

**Titangelb – Lösung:**

100 mg Titangelb werden in Wasser gelöst und mit Wasser zu 100 ml aufgefüllt.

## D 4. Literaturverzeichnis

Asmus, F.

Die Düngemittel und ihre Anwendung  
o. J. Berlin (Ost), VEB Chemiehandel-Düngemittel

Bergmeier, M.

Bodenuntersuchung  
1987, Offenbach, VDSF Verlags- und Vertriebs GmbH

Checcin, A., Kohlsdorf, i., Stahl, E, Weiss,I.

Pflanzenernährung, eine Handreichung für Lehrer  
1984, Kassel, Vertriebsgesellschaft für Ackerbau

Elemente Chemie 9/10 Niedersachsen G8, Seite 95

2009, Stuttgart, Leipzig, Klett-Verlag

Fiedler, H.J.

Die Untersuchung der Böden Band I und II  
1964, 1965, Dresden und Leipzig Verlag Theodor Steinkopff

Fiedler, H.J.

Methoden der Bodenanalyse  
Band I Feldmethoden  
Band II Mikrobiologische Methoden  
1973, Dresden Verlag Theodor Steinkopff

Geißler, M.

Persönliche Mitteilung

Göhler, F, Drews, M.

Chemische Betriebslaboratorien in Gewächshausanlagen  
1978, Erfurt, Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR

Grundlagen der Düngung

o. J. Bundesarbeitskreis Düngung

Hönemann, E.

Chemie der Scholle  
1937, Osterwieck, Zickfeld Verlag

Lieberoth, I.

Bodenkunde, Bodenfruchtbarkeit  
1969, Berlin (Ost) VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag

Mitscherlich, E.

Bodenkunde für Landwirte, Forstwirte u. Gärtner  
1950, Halle (Saale), Max Niemeyer Verlag

Pagel. H., Enzmann,J., Mutscher, H.

Pflanzennährstoffe in tropischen Böden- ihre Bestimmung und Bewertung

1982, Berlin (Ost) VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag

Pannikow, W.D. Minejew, W.G.  
Boden, Klima, Düngung und Ertrag  
1980, Berlin (Ost) VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag

Praxis der Naturwissenschaften Chemie  
Heft 2 / 38 vom 0 1.0 3. 1989 Thema: Düngemittel  
1989, Köln, Aulis-Verlag

Proske, W., Franke, A., Haubold, P.  
Ausgewählte Methoden für die Umweltanalytik  
2005, Clausthal-Zellerfeld, Windaus Labortechnik

Sahm, Elke  
Persönliche Mitteilung

Schmidt, L.  
Methodenbuch Band II Die Untersuchung von Düngemitteln  
1954, Radebeul und Berlin Neumann Verlag

Zabel, E., Neitzel, H., Zibell, E.  
Bodenfruchtbarkeit  
1985, Berlin (Ost), Volk und Wissen Volkseigener Verlag

Zorn, W., Marks, G., Heß, H., Bergmann, W.  
Handbuch zur Visuellen Diagnose von Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen  
2007, München, Elsevier

## **E 5. Didaktische Umsetzung (Martin Schwab)**

x