

Name:

Datum:

## Untersuchung von Bodenproben

### Versuch 1: Formversuche

**Material:** verschiedene feuchte Bodenproben, Wasser

---

Nimm von der Bodenprobe ein etwa Haselnuss großes Stückchen ab. Wenn es sehr trocken ist, feuchte es mit etwas Wasser in deiner Hand an und knete es durch. Versuche nun die Bodenart mit Hilfe der folgenden Schritte zu bestimmen.

1. Versuche die Probe zwischen den Handtellern schnell zu einer bleistiftdicken Wurst auszurollen.
  - a) nicht ausrollbar, zerfällt: Gruppe der Sande → **weiter bei 2**
  - b) ausrollbar: Gruppe der sandigen Lehme, Lehme und Tone → **weiter bei 4**
2. Prüfe die Bindigkeit (ist die Probe krümelig?) der Probe zwischen Daumen und Zeigefinger.
  - a) nicht bindig (krümelig): Sand → **weiter bei 3**
  - b) bindig (nicht krümelig): **stark lehmiger Sand**
3. Zerreiße die Probe auf der Handfläche
  - a) in den Handlinien ist kein toniges Material sichtbar: **Sand**
  - b) in den Handlinien ist toniges Material sichtbar: **schwach lehmiger Sand**
4. Versuche, die Probe zu einer Wurst von halber Bleistiftstärke auszurollen.
  - a) nicht ausrollbar: **stark sandiger Lehm**
  - b) ausrollbar: sandiger Lehm, Lehm oder Ton → **weiter bei 5**
5. Quetsche die Probe zwischen Daumen und Zeigefinger in Ohrnähe. Hörst du
  - a) starkes Knirschen: **sandiger Lehm**
  - b) kein oder schwaches Knirschen: Lehm oder Tone → **weiter bei 6**
6. Beurteile die Gleitfläche beim Quetschen
  - a) Gleitfläche stumpf: **Lehm**
  - b) Gleitfläche glänzend: **Tone**

### Zu welchen Bodentypen gehören die Proben?

Probe vom Tatort:

Probe Nr.:

**Könnte die Probe vom Tatort stammen?** \_\_\_\_\_

## Versuch 2: Sedimentationsanalyse

**Material:** verschiedene getrocknete Bodenproben, Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Spatel, Na<sub>4</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub>-Lösung (Natriumdiphosphatlösung), Stopfen, Stoppuhr oder Uhr mit Sekundenzeiger, Lineal, Einmalhandschuhe

1. Fülle etwas Boden etwa 2 cm hoch in das Reagenzglas.
2. Gib erst ein wenig Natriumdiphosphatlösung hinzu und schüttele den Boden auf.
3. Fülle dann das Reagensglas mit der Natriumdiphosphatlösung bis etwa 2 cm unter den Rand auf.
4. Verschließe das Reagenzglas mit deinem Daumen (Handschuhe) oder dem Stopfen (Vorsicht: das Reagenzglas könnte zerbrechen!) und schüttele den Boden intensiv auf. Öffne den Stopfen dabei ab und zu.
5. Miss die Höhe des abgesetzten Bodens mit dem Lineal nach 25 s, 3 min 40 s, 38 min und nach einem Tag ab.

### Notiere:

Bodenprobe	nach 25 s (Zone 1) Sand	nach 3 min 40 s (Zone 2) Grobschluff	nach 38 min (Zone 3) Mittelschluff	nach 1 Tag (Zone 4) Feinschluff, Ton
vom Tatort	mm	mm	mm	mm
Probe Nr.	mm	mm	mm	mm

**Vergleiche die Ergebnisse:  
Könnte die untersuchte Probe vom Tatort stammen?**

---



---



---

## Versuch 3a: Carbonatnachweis

**Material:** 1 Stückchen Kalkstein, Petrischale, 10%ige Salzsäure,  
Einmal-Handschuhe, Schutzbrille

---

<p><b>Falls du trotz aller Vorsicht Salzsäure auf die Hände bekommst, wasche sie mit viel Wasser sofort ab!</b></p>
---

1. Lege das Stückchen Kalkstein in die Petrischale.
2. Füge **vorsichtig** einen Tropfen Salzsäure hinzu.

**Was passiert?**

---

---

---

### Versuch 3b: Kalkgehalt des Bodens mit Hilfe des Carbonatnachweises (Versuch 3a)

**Material:** verschiedene Bodenproben (feucht), Petrischale, 10%ige Salzsäure, Schutzbrille, Einmal-Handschuhe

**Falls Du trotz aller Vorsicht Salzsäure auf die Hände bekommst, wasche sie mit viel Wasser sofort ab!**

3. Gib ein wenig von deiner Bodenprobe in die Petrischale.
4. Füge **vorsichtig** einen Tropfen Salzsäure hinzu.

#### Was passiert? Kannst Du etwas riechen?

Bodenprobe	Beobachtungen	Kalkgehalt
vom Tatort		
Probe Nr.		

#### Versuche mit folgender Einteilung den Kalkgehalt zu beschreiben:

keinerlei Aufsprudeln:	<b>kein Kalk</b>
schwaches, nicht anhaltendes Aufsprudeln:	<b>kalkarm</b>
deutliches, aber nicht anhaltendes Aufsprudeln:	<b>kalkhaltig</b>
starkes, langanhaltendes Aufsprudeln:	<b>kalkreich</b>

#### Könnte die Bodenprobe vom Tatort stammen?

---



---



---

## Versuch 4a: Nachweisreaktion für Eisen(III)- und Chloridionen

### A: Nachweis von Eisenionen

**Material:** 1 Eisennagel, Schwefelsäure (0,5 M  $\text{H}_2\text{SO}_4$ )  
Kaliumthiocyanat-Lösung (1 g/100 ml),  
Wasserstoffperoxid-Lösung (3%), 2 Reagenzgläser,  
Reagenzglasständer, Einmal-Handschuhe,  
Schutzbrille

---

**Falls du trotz aller Vorsicht Schwefelsäure auf die Hände bekommst, wasche sie mit viel Wasser sofort ab!**

1. Gib den Eisennagel in ein Reagenzglas.
2. Tropfe etwas Schwefelsäure darauf, so dass der untere Teil des Nagels in der Schwefelsäure ist.
3. Warte etwa 5 Minuten.
4. Gib die Flüssigkeit (schwefelsaure Lösung!) in das zweite Reagenzglas.
5. Gib zunächst 1-2 Tropfen Wasserstoffperoxid hinzu.
6. Füge dann tropfenweise Kaliumthiocyanat-Lösung hinzu.

**Was passiert?**

---

---

---

---

## Versuch 4a: Nachweisreaktion für Eisen(III)- und Chloridionen

### B: Nachweis von Chloridionen

**Material:** eine Spatelspitze Kochsalz (Natriumchlorid),  
Silbernitratlösung, 1 Reagenzglas,  
Reagenzglasständer, Einmal-Handschuhe,  
Schutzbrille

---

1. Gib ein wenig Kochsalz in ein Reagenzglas und löse es in Wasser auf.
2. Füge 1-2 Tropfen Silbernitrat-Lösung dazu.

**Was kannst du beobachten?**

---

---

---

---

## Versuch 4b: Nachweis von Eisen<sup>III</sup>- und Chloridionen in Bodenproben

### Probenvorbereitung:

#### Lösen der Eisen- und Chloridionen aus den Bodenproben

**Material:** verschiedene Bodenproben (feucht), 6 ml Spritzen ohne Spitze, Watte, Spatel, Reagenzgläser, Schwefelsäure (0,5 M), Einmal-Handschuhe, Schutzbrille

---

**Falls du trotz aller Vorsicht Schwefelsäure auf die Hände bekommst, wasche sie mit viel Wasser sofort ab!**

1. Drücke mit dem Spatel etwas Watte auf den Boden der Spritze.
2. Gib mit Hilfe des Spatels bis zur 2 ml-Markierung Boden in die Spritze. Drücke den Boden dabei nicht zu fest.
3. Hänge die Spritze in ein Reagenzglas und stelle es in den Reagenzglasständer.
4. Gib **vorsichtig** aus einer Tropfflasche etwa 4 ml Schwefelsäure dazu. Falls es dabei stark sprudelt, gib die Schwefelsäure in kleinen Portionen hinzu, damit die Lösung nicht überläuft.
5. Fange die durchtropfende Lösung mit dem Reagenzglas auf und warte bis alles durchgetropft ist.

### Was kannst Du beobachten?

---

---

---

**Nachweis der Eisen- und Chloridionen in der Lösung der Bodenproben (siehe Probenvorbereitung)**

**Material:** Reagenzgläser, Silbernitrat-Lösung (1g/100ml), Kaliumthiocyanat-Lösung (1 g/100ml), Einmal-Handschuhe, Schutzbrille

**Falls Du trotz aller Vorsicht Schwefelsäure auf die Hände bekommst, wasche sie mit viel Wasser sofort ab!**

6. Teile die bei der Probenvorbereitung erhaltene Lösung (schwefelsaure Lösung!) auf zwei Reagenzgläser A und B auf.
7. Um Eisenionen nachzuweisen, gib in das Reagenzglas A tropfenweise Kaliumthiocyanat-Lösung.
8. Um Chlorid nachzuweisen, gib in das Reagenzglas B tropfenweise Silbernitrat-Lösung.

**Notiere in der Tabelle, was passiert!**

Bodenprobe	mit Silbernitrat-Lösung	mit Kaliumthiocyanat-Lösung
Boden vom Tatort		
Probe Nr.		

**Welche Ionen sind in den Bodenproben nachzuweisen?  
Könnte die Bodenprobe vom Tatort stammen?**

---



---

## Tipps zur Unterrichtsgestaltung

Für die Grundschule geeignet sind aus dieser Versuchsreihe die *Formversuche* (Versuch 1), der *Carbonatnachweis* (Versuch 3a) und *Der Kalkgehalt des Bodens mit Hilfe des Carbonatnachweises* (Versuch 3b).

Bei den Formversuchen ist unbedingt darauf zu achten, dass die Proben nicht zu trocken sind! In diesem Fall zerbröseln ansonsten auch gut formbare Böden.

Der Versuch 4 „Nachweis von Ionen in Bodenproben“ sollte auf den Nachweis von Eisen beschränkt werden, da sich die parallele Bearbeitung einer Probe auf zwei Ionen für Grundschüler als zu kompliziert erwiesen hat. Schon allein der Nachweis eines Ions mit der entsprechenden Vorprobe ist vergleichsweise anspruchsvoll. Der Nachweis von Eisen ist dem Chloridnachweis vorzuziehen, da in unserer Region das Vorkommen von Salz auf wenige spezielle Böden (Salzquellen) beschränkt ist, der Eisennachweis dagegen häufiger ein positives Ergebnis hervorbringt. Für die Motivation der Schüler ist ein positiver Nachweis jedoch wichtig, daher ist auch in der Tatortprobe Eisen enthalten.

Bei Zugabe der Schwefelsäure werden wie bei Zugabe der Salzsäure Carbonate zersetzt und Kohlendioxid frei, so dass bei hohen Kalkgehalten in der Bodenprobe auch hier ein Aufsprudeln vorkommen kann. In diesem Fall muss die Schwefelsäure portionsweise zugefügt werden.

Wichtig ist bei der Durchführung der Ionennachweise der erneute und ausdrückliche Hinweis an die Schüler, dass sie sorgfältig arbeiten sollen! Bei den Versuchen wird Salzsäure und Schwefelsäure verwendet, die beide ätzend wirken. Falls ein Schüler trotz Schutzmaßnahmen (Handschuhe, Schutzbrille) etwas davon auf die Haut bekommt, muss es sofort mit viel Wasser abgewaschen werden. Bei Spritzern auf die Kleidung besteht die Möglichkeit, dass Löcher entstehen; ein Arbeitskittel (altes Hemd) ist daher anzuraten. Spritzer auf Arbeitsflächen sind sofort mit einem Papiertuch oder einem feuchten Lappen, der anschließend mit Wasser ausgewaschen wird, wegzuwischen.

Bei der Sedimentationsanalyse (Versuch 2) bilden sich beim Absetzen der Fraktionen häufig, allerdings nicht immer, deutlich sichtbare Zonen, so dass bei diesem Versuch ein Ablesen nicht unbedingt nach den angegebenen Zeiten erfolgen muss, sondern auch nach einem Tag die gebildeten Zonen bestimmt werden können.

Ein Problem, das vor allem bei jüngeren Schülern auftreten kann, ist das Schütteln der Reagenzgläser, bei dem u.U. Lösung verschüttet wird. Alternativ können die Reagenzgläser statt mit dem Daumen auch mit Stopfen verschlossen werden (Vorsicht: nicht zu fest drücken! Bruchgefahr!), die aber zwischendurch ab und zu geöffnet werden sollten, damit kein Überdruck entstehen kann. Ein weiteres Problem, insbesondere bei den jüngeren Schülern, sind das Ablesen innerhalb weniger Sekunden und die dabei auftretenden Störungen durch das Bewegen des Reagenzglases, die

sich durch den Ansatz über einen Tag vermeiden lassen. Bei Böden, die noch einen hohen Pflanzenanteil enthalten, z.B. torfhaltigen Böden, setzt sich dieser aufgrund der geringen Dichte oben ab.

Das Experimentieren bietet sich hier in arbeitsteiliger Gruppenarbeit an, d.h. jeweils zwei Schüler untersuchen eine unbekannte Probe und den Tatortboden. Die Ergebnisse können im Anschluss in einer Tabelle gesammelt werden und durch den Vergleich der Analyseergebnisse eine der unbekannt Proben dem Tatort zugeordnet werden. Die Überführung des Täters gelingt auch hier nur der ganzen Gruppe, nicht Wettbewerb ist also angesagt, sondern Kooperation.

Wichtig ist außerdem, für diese Versuchsreihe ausreichend Zeit einzukalkulieren. Während für den Carbonatnachweis und die Formversuche jeweils eine Schulstunde benötigt wird, sollten für den Eisennachweis 2 Schulstunden zur Verfügung stehen.

## Lehrerinformation: Bodenuntersuchung

In der forensischen Analytik werden Bodenuntersuchungen durchgeführt um eventuell an Schuhen oder Werkzeugen von Verdächtigen haftende Bodenrückstände mit dem am Tatort vorliegenden Boden zu vergleichen. Die hier vorgestellten Versuche spiegeln verschiedene Möglichkeiten an dieses Problem heranzugehen. **Versuch 1** und **2** dienen zur Bestimmung der vorliegenden Bodenart, **Versuch 3a/b** und **4a/b** analysieren auf einfache Weise einige Ionen, die häufig in Böden auftreten. **Versuch 4** ist hier stellvertretend für die in der forensischen Chemie durchgeführten instrumentell aufwendigen Untersuchungen auf Metallionen (Atomabsorptionsspektrometrie, Ionenchromatographie) aufgenommen.

### Formversuch und Sedimentationsanalyse:

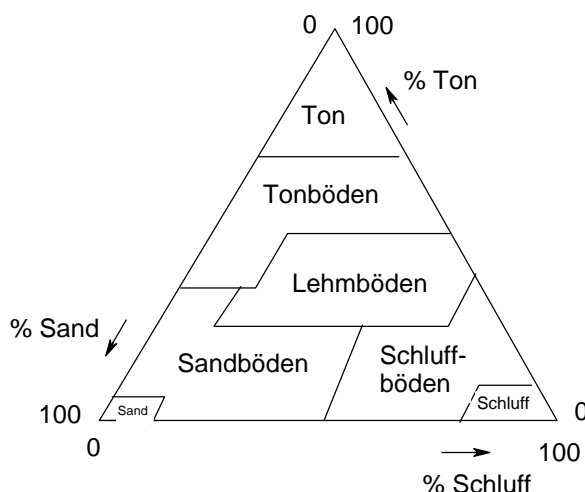
Unter Bodenart versteht man die Zusammensetzung der Böden aus Anteilen verschiedener Korngröße. Man unterscheidet den Grobboden (Bodenskelett) mit einem Korndurchmesser über 2mm und den Feinboden mit kleinerem Korndurchmesser. Dieser wiederum wird differenziert in:

- |            |                        |                  |
|------------|------------------------|------------------|
| a) Sand    | 63 $\mu$ m – 2 mm      | Korndurchmesser  |
| b) Schluff | 2 $\mu$ m – 63 $\mu$ m | Korndurchmesser  |
| c) Ton     | < 2 $\mu$ m            | Korndurchmesser. |

Bei der Bezeichnung Sand, Schluff oder Ton wird somit keine Aussage über ihre chemische Zusammensetzung getroffen.

Durch Formversuche (**Versuch 1**), Sedimentationsanalysen (**Versuch 2**) oder durch Siebanalysen lassen sich die Anteile an diesen drei Fraktionen im Boden bestimmen und daraus die Bodenart ableiten. Z.B. wird ein Gemisch aus etwa gleich großen Anteilen von Sand, Schluff und Ton als Lehm bezeichnet.

Das Mischungsdreieck zeigt schematisch die Bezeichnungen der Bodenarten in Abhängigkeit von den jeweiligen Anteilen an Sand, Schluff und Ton.



Bei den **Formversuchen (Versuch 1)** wird der Tastsinn ausgenutzt, durch den wir in der Lage sind unterschiedliche Korngrößen zu erkennen. Dabei ist jedoch etwas Übung erforderlich; die Verwendung von eindeutigen Bodenproben (reinem Sand oder Ton) als Einstieg ist sinnvoll.

Die **Sedimentationsanalyse (Versuch 2)** basiert auf der unterschiedlichen Sinkgeschwindigkeit verschieden großer Teilchen und führt so zu einer Sortierung nach Korngrößendurchmesser. Nach der Formel

$$v \text{ [m/s]} = \frac{3600000}{[\text{m} \cdot \text{s}]} \cdot r^2 \text{ [m}^2\text{]}$$

(mit:  $v$  = Sinkgeschwindigkeit in [m/s] und  $r$  = Korndurchmesser in [m]), die sich aus dem Gesetz der Reibung von STOKES ergibt, kann die Zeitdauer bis zur Sedimentation von Sand, Schluff und Ton berechnet werden. Die angegebenen Zeiten sind so gewählt, dass bei einer Füllhöhe von 16 cm im Reagenzglas in etwa eine Fraktionierung entsprechend der Einteilung in Sand, Schluff und Ton erhalten wird:

bis 25 s	Sand
bis 3 min 40 s	Grobschluff
bis 38 min	Mittelschluff
bis 6 h 10 min	Feinschluff
danach	Ton.

Beim Absetzen der Fraktionen bilden sich häufig, allerdings nicht immer, deutlich sichtbare Zonen, so dass bei diesem Versuch ein Ablesen nicht unbedingt nach den angegebenen Zeiten erfolgen muss, sondern auch nach einem Tag die gebildeten Zonen bestimmt werden können.

Bei Böden, die noch einen hohen Pflanzenanteil enthalten, z.B. torfhaltigen Böden, setzt sich dieser aufgrund der geringen Dichte oben ab.

Aus der gemessenen Höhe der einzelnen Fraktionen lässt sich ihr prozentualer Anteil bezogen auf die nach einem Tag erhaltenen Gesamtmenge berechnen. Bei manchen Bodenproben ist es allerdings erforderlich, die zu einem bestimmten Zeitpunkt abgelesene Höhe zu korrigieren, weil nach einem Tag eine Verdichtung eingetreten sein kann.

Die eingesetzte  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ -Lösung (Natriumdiphosphat-Lösung) dient dazu eventuelle Aggregate im Boden aufzubrechen, die ansonsten zu einer Verfälschung der Ergebnisse führen würden.

**Anmerkung:** Die Ergebnisse der Formversuche stimmen nicht immer mit denen aus der Sedimentationsanalyse überein (meist ist der Tonanteil zu gering), auch ist die Reproduzierbarkeit der Sedimentationsanalyse stark abhängig von der Probenvorbereitung und auch der Übung bei der Durchführung dieses Experimentes. Um eine befriedigende Übereinstimmung von Doppelbestimmungen zu erhalten, wurde bei der Ausarbeitung dieser Vorschrift getrockneter Boden (48h bei  $120^\circ\text{C}$ )

eingesetzt, bei dem der Anteil des Grobbodens über 2 mm Korndurchmesser durch Sieben abgetrennt wurde.

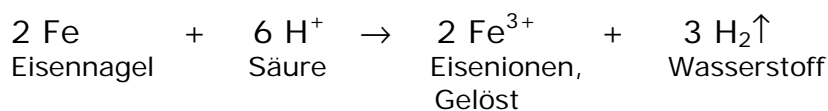
### Ionennachweise:

Zum Nachweis von verschiedenen **Ionen** (= positiv geladene Form von Metallatomen (= Kation), oxidierte Form; negativ geladene Ionen (= Anion), z.B. Chlorid als Gegenstück zum positiven Metallion, bilden zusammen ein **Salz**) im Boden werden zunächst die Methoden anhand der jeweiligen Salzlösungen bzw. Reinsubstanzen geübt (**Versuche 3a und 4a**).

Um für die Schüler einen Bezug zwischen dem **Metall Eisen** und gelösten **Eisenionen** herzustellen, wird für den Nachweis ein Eisennagel verwendet. Der Eisennagel wird mit Schwefelsäure behandelt, wobei ein Teil des Eisens als Eisen(II)ionen in Lösung geht. Nach Oxidation mit Wasserstoffperoxid liegen Eisen(III)ionen vor, die mit der Thiocyanatlösung (s.u.) durch Bildung einer tief rot gefärbten Lösung nachzuweisen sind.

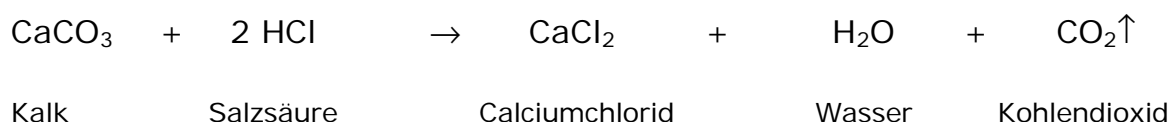
Für den Carbonatnachweis wird ein Stückchen Kalkstein (keine Tafelkreide, sie besteht aus Calciumsulfat!); für den Chloridnachweis Kochsalz (Natriumchlorid, NaCl) verwendet, die beide den Kindern bekannt sind.

Reaktionsgleichungen:



**Versuch 3b** differenziert die Bodenproben nach ihrem Kalkgehalt. Durch Salzsäure wird das Carbonation in Kohlendioxid umgewandelt, das aus dem Boden entweicht und dabei je nach Konzentration durch Aufsprudeln sichtbar wird. Eine halb-quantitative Einschätzung ist durch die Stärke und die Zeitdauer des Aufbrausens möglich.

Reaktionsgleichung:



Da dieser Kalknachweis auf dem Nachweis des Carbonations beruht, sind mögliche Fehlerquellen das Vorliegen anderer Metallcarbonate, z.B. Magnesiumcarbonat, die mit Salzsäure ebenfalls unter Bildung von Kohlendioxid reagieren. Im Allgemeinen sind sie jedoch in Böden nur in geringerer Konzentration vertreten.

Ein weiteres Problem ist das Vorliegen von **Sulfiden**, z.B. Eisensulfid (FeS), das durch Salzsäure Schwefelwasserstoff (H<sub>2</sub>S) bildet, der ebenfalls sprudelnd entweicht. Schwefelwasserstoff ist aber durch seinen Geruch nach fauligen Eiern erkennbar.

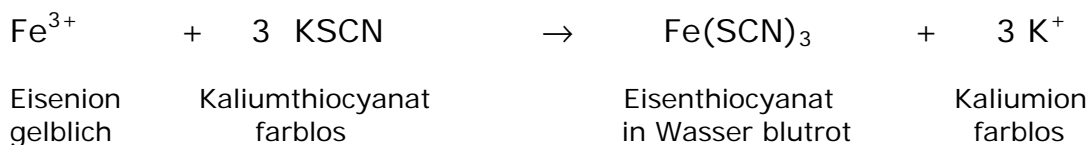
Für den Nachweis weiterer Ionen im Boden (Versuch 4b) ist es erforderlich den Boden mit Säure zu eluieren (auszuwaschen), da viele Ionen stark an die negativ geladenen Silikate, die chemisch gesehen das Grundmaterial eines Bodens darstellen, gebunden sind.

Erst bei einem Säuregrad von pH 3 werden Eisenionen freigesetzt (pH = Maß für die Säurestärke, je kleiner der Wert, desto saurer. pH 4-5 entspricht „essigsauer“). Neben Eisen- wirken auch andere Metallionen (z.B. Aluminiumionen) auf Lebewesen im Boden toxisch. Der saure Regen führt dazu, dass auch in Gewässern diese Ionen vorliegen können. Ihr Vorkommen im Boden kann durch spezifische Nachweisreaktionen gezeigt werden.

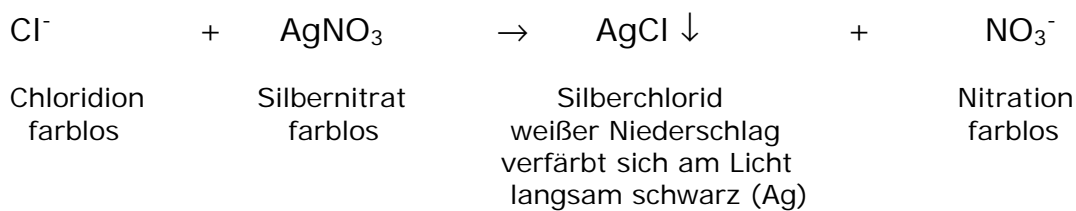
Durch unterschiedlich starke Reaktionen kann der Gehalt an Eisenionen und Chloridionen in den Bodenproben verglichen werden.

Reaktionsgleichungen:

Eisennachweis:



Chloridnachweis:



Für die Durchführung und die erfolgreiche Differenzierung von Böden (Zuordnung einer Bodenprobe als Tatortboden) ist die sorgfältige Auswahl der Proben grundlegend. Bei der Ausarbeitung der Versuche wurden gezielt Böden mit höherem Anteil von Sand, Schluff bzw. Ton ausgewählt, entsprechend Böden mit verschiedenen Kalk- bzw. Eisengehalten. Ein Boden mit hohem Salzgehalt ist in unserer Region eher selten zu finden, so dass der Nachweis von Chlorid als Spezialfall zu sehen ist. In Küstenregionen ist dies sicher anders. Die beigegefügte Tabelle soll Anregungen für die Auswahl von Böden, die natürlich auch aus reinen Anteilen von Sand, Schluff und Ton unter Zusetzung verschiedener Salze zusammengemischt werden

können, und einen Überblick über die in der Vorbereitungsphase erhaltenen Analyseergebnisse geben.

Literatur:

1. Alexa Kreisel, Konzeption für fächerverbindenden Unterricht zum Thema „Boden“ für den Chemie- und Biologieunterricht in der Realschule, Hausarbeit im Rahmen der Ersten Staatsprüfung für das Lehramt an Realschulen, TU Braunschweig, 1999
2. Walther Enßlin, Roland Krahn, Stefan Skupin, Böden untersuchen, Biologische Arbeitsbücher, Quelle und Meyer Verlag, Wiebelsheim, 2000

## Untersuchung der verwendeten Bodenproben (2005) zur Auswahl für die Schülerversuche

Bodenproben 2005	Formversuch	Sedimentation nach 24 h	Carbonat	Eisen	Chlorid
<b>2</b> Lammer Holz, Grabennähe	sandiger Lehm 17-25% Ton	Sand: 55 % Grobschluff: 15 % Mittelschluff: 11 % Feinschluff, Ton: 19 %	neg., < 0,5 % Carbonat	+	-
<b>3</b> Pawelsches Holz	sandiger Lehm 17-25% Ton	Sand: 42 % Grobschluff: 36 % Mittelschluff: 20 % Feinschluff, Ton: 2 %	neg., < 0,5 % Carbonat	+	-
<b>4</b> Ölper Holz, Dolinenzone	Lehm	Sand: 52 % Grobschluff: 25 % Mittelschluff: 10 % Feinschluff, Ton: 13 %	sprudelt mäßig, 0,5-2 % Carbonat	+	-
<b>5</b> Acker, Westpark	sandiger Lehm 17-25% Ton	Sand: 31 % Grobschluff: 28 % Mittelschluff: 38 % Feinschluff, Ton: 3 %	stark sprudelnd, 2-10 % Carbonat	++	-
<b>6</b> Querumer Holz, Waldwiese	sandiger Lehm 17-25% Ton	Sand: 40 % Grobschluff: 43 % Mittelschluff: 13 % Feinschluff, Ton: 4 %	neg, < 0,5 % Carbonat	+	-
<b>7</b> Querumer Holz, Niedermoor	stark sandiger Lehm	Sand: 46 % Grobschluff: 36 % Mittelschluff: 13 % Feinschluff, Ton: 5 %	neg, < 0,5% Carbonat	++	-
<b>8</b> Acker, Niedersicke	toniger Lehm 25-45% Ton	Sand: 23 % Grobschluff: 15 % Mittelschluff: 9 % Feinschluff, Ton: 53 %	neg., < 0,5% Carbonat	(+) schwach	-
<b>9</b> Salzaustritt Salzdaulum	sandiger Lehm 17-25% Ton	Sand: 21 % Grobschluff: 16 % Mittelschluff: 60 % Feinschluff, Ton: 2 %	sehr stark sprudelnd, lang anhaltend, > 10% Carbonat? aber: riecht nach H <sub>2</sub> S!	+	+ *)

\*) Problem: H<sub>2</sub>S könnte zu Ag<sub>2</sub>S reagieren

Der Formversuch und die Ionennachweise wurden mit dem feuchten, unbehandelten Boden durchgeführt, die Sedimentation mit getrocknetem Boden, nach Absieben von Partikeln über 2mm Durchmesser (also dem Bodenskelett) und Mörsern.

## Materialliste Bodenproben

- Versuch 1:** verschiedene Bodenproben
- Versuch 2:** verschiedene Bodenproben (getrocknet, Partikel >2 mm abgesiebt)  
Reagenzgläser mit Stopfen  
Reagenzglasständer  
Spatel  
Natriumdiphosphat-Lösung ( $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ -Lösung, 44,6 g/l)  
Stoppuhr oder Uhr mit Sekundenzeiger  
Lineal  
Schutzbrille  
Einmal-Handschuhe
- Versuch 3:** verschiedene Bodenproben  
Kalkstein  
Petrischale  
10%ige Salzsäure  
Pasteurpipette  
Einmal-Handschuhe  
Schutzbrille
- Versuch 4:** Eisennagel  
Kochsalz  
verschiedene Bodenproben  
6 ml Spritzen ohne Spitze  
Watte  
Spatel  
Reagenzglasständer  
6 Reagenzgläser  
Schwefelsäure ( $c = 0,5 \text{ mol/l}$ )  
Pasteurpipetten  
Silbernitrat-Lösung (1g/100ml)  
Kaliumthiocyanat-Lösung (1g/100ml)  
Einmal-Handschuhe  
Schutzbrille