

14.02.2009 12:13

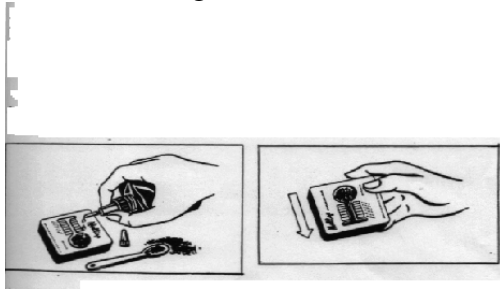
## Wir bestimmen den pH-Wert mit dem pH-Meter

In Mitteleuropa liegen die pH-Werte der Böden in der Regel zwischen pH 3 und pH 8 mit den häufigsten Werten zwischen pH 5 und pH 7. Sie sind also von Natur aus überwiegend leicht bis mäßig sauer.

### Welche Folgen hat die Bodenversauerung?

Zunächst gilt die Einschätzung, dass alle extremen pH-Werte die Bodenfruchtbarkeit, d. h. die Eigenschaft, den Pflanzen als Standort zu dienen, ungünstig beeinflussen. Durch sehr niedrige pH-Werte kann es im Extremfall zur Freisetzung toxischer Konzentrationen von Aluminiumionen im Boden kommen. Durch die Bodenversauerung wird Kalk ausgewaschen und damit die Struktur des Bodens ungünstig beeinflusst.

Im unteren Bodenbereich treten Verdichtungen auf, der obere Horizont verarmt an Nährstoffen. In einem sauren Boden können Bakterien überhaupt nicht oder nur sehr träge arbeiten (z. B. im Moorboden). Es ist für die Erhaltung der Kulturböden und zunehmend auch für die Naturböden von großer Wichtigkeit, die Entwicklung der Bodenreaktion zu verfolgen (zu messen) und im Bedarfsfall Gegenmaßnahmen (in der Regel Kalkungen) einzuleiten.



### Versuchsanstellung

Auf dem Feld kann der pH-Wert durch das Auftropfen einer Indikatorflüssigkeit auf eine Bodenprobe bei nachfolgender spezifischer

Farbreaktion festgestellt werden

- Nimm eine Bodenprobe aus ca. 10 cm Bodentiefe und fülle sie in die runde Vertiefung des pH-Meters ein.
- Stelle das pH-Meter etwas schräg (siehe Abbildung) und lass die Indikatorflüssigkeit auf die Bodenprobe tropfen, bis der Boden ganz durchfeuchtet ist und etwas Lösung übersteht.
- Rühre mit dem Löffel die Probe kurz um, und lass sie dann 2 - 3 Minuten stehen.
- Neige das pH-Meter entgegengesetzt und lass die überstehende Flüssigkeit in die Längsrinne fließen.
- Vergleiche die Farbe der Lösung mit der Farbskala auf dem Rand des pH-Meters. An der Stelle, wo die Farbwerte übereinstimmen, zeigt der Skalenwert den Säuregrad an. Je höher der Skalenwert, desto höher ist der pH-Wert.

### Verständnisfragen und Anweisungen zum Experiment "Wir bestimmen den pH-Wert einer Bodenprobe "

- Was hast du in diesem Experiment getan?
- Welche Bodenart zeigt einen hohen pH-Wert, welche einen niedrigen pH-Wert? Begründe!
- Auf einem Acker wird ein pH-Wert festgestellt, der unterhalb des Richtwertes liegt. Wie kann der pH-Wert des Bodens wieder erhöht werden? Begründe!
- Warum darfst du kein Leitungswasser zum Verrühren des Bodenbreies benutzen?

Es bedeutet		
rot	pH 4	der Boden ist stark sauer
orangerot	pH 5	der Boden ist sauer
gelb	pH 6	der Boden ist schwach sauer
olivgrün	pH 7	der Boden ist neutral
grün	pH 8	der Boden ist alkalisch
blaugrün	pH 9	der Boden ist stark alkalisch

### Wir messen die Bodenversauerung elektrometrisch

Der pH-Wert eines Bodens kann (entsprechend der angewandten Methode) verschieden aus. Daher muss die Art seiner Bestimmung stets angegeben werden. Dazu gehören:

i. Bestimmung frischer oder getrockneter Proben

2. Zusatz von Salzlösungen (Kaliumchlorid)

3. Verhältnis Boden : Wasser

4. Messverfahren und Gerätetyp

5. Messungen in Suspensionen, überstehender Flüssigkeit o. dgl.

Hinzu kommen Angaben über den Zeitpunkt und die Tiefe der Probennahme und darüber, ob sich die Werte auf Einzel- oder Mischproben beziehen. Für pflanzenökologische Zwecke ist nur der in einer wässrigen Bodensuspension gemessene pH-Wert = pH (H<sub>2</sub>O) brauchbar, da er den natürlichen Verhältnissen am besten entspricht. Von bodenkundlicher und agrikulturchemischer Seite wird dagegen die Probe in einer Salzlösung (meist n—KCl oder 0,1nKCl) aufgeschwemmt. Konventionell sind Boden und Flüssigkeit im Verhältnis 1 : 2,5 (bei humosen Böden 1 :10) zu mischen.

### Versuchsanstellung

Als Messgerät dient ein hochohmiges Milli-Voltmeter, an dem die pH-Zahl direkt ablesbar ist, wenn die Elektrode in die Flüssigkeit gesteckt wird.

### Untersuchungsmaterialien

elektrisches pH-Meter

Waage

8 Bechergläser oder kleine Plastikbecher (für eine Probenreihe)

Pipetten

Filter
Trichter und Zubehör
Kaliumchlorid-Lösung
destilliertes Wasser
Bodenproben

### pH-Meter (elektrisch)



#### Versuchsablauf

In sechs nummerierte Gefäße werden je 10 g (oder 20 g) Boden eingewogen. In die Gefäße Nr. 2 + 3 werden 25 ml destilliertes Wasser und in die Gefäße Nr. 5 + 6 je 25 ml einmolare Kaliumchloridlösung gegeben, so dass ein gut rührbarer Bodenbrei entsteht. Der Inhalt der Gefäße Nr. 2 + 3 + 5 + 6 wird gut umgerührt. Danach werden Lösungen Nr. 3 + 6 vom Bodensatz abfiltriert. Nach zehn Minuten erfolgt die pH-Messung im Bodenbrei, in der Bodenaufschwemmung und im Bodenfiltrat. Nach jeder Messung ist die Elektrode mit destilliertem Wasser bzw. Kaliumchloridlösung gut abzuspülen.

#### Auswertungsbeispiel

pH (KCl) liegt in sauren Böden tiefer, in basischen höher als der pH (H<sub>2</sub>O). Die Ursache ist darin zu suchen, dass die mit der Salzlösung zugefügten Kationen gegen einen Teil der Hydroxonium-Ionen aus dem Ionenschwarm der Bodenkolloide ausgetauscht werden. Die somit freigesetzten Hydroxonium-Ionen erniedrigen damit den pH-Wert.

Umgekehrt werden in neutralen Böden Hydroxid-Ionen freigesetzt. Mit

steigendem Flüssigkeitszusatz erhöht sich in sauren Böden der pH-Wert (in alkalischen wird er erniedrigt). Geringer Wasserzusatz (Brei) entspricht am besten den Standortverhältnissen: Die an den suspendierten Bodenteilchen adsorbierten Hydroxonium- bzw. Hydroxid-Ionen werden dann noch mit in die Reaktion einbezogen, während im Filtrat nur die tatsächlich abgespaltenen Hydroxonium- bzw. Hydroxid-Ionen erfasst werden.

### Hinweis

Hydroxid-Ion = Anion =  $\text{OH}^-$

Hydroxonium

Oxonium (auch Oxidanium) ist die Bezeichnung für [protoniertes Wasser](#) ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ) und gehört nach [IUPAC](#) zu den [Wasserstoffionen](#). Die Bezeichnungen Hydroxonium oder Hydronium sind veraltet und sollten nach den Empfehlungen der [chemischen Nomenklatur](#) nicht mehr verwendet werden, sind aber in der Literatur noch weit verbreitet. In der Literatur versteht man unter Oxoniumion auch häufig nur ein Sauerstoffkation mit drei Bindungen. In dieser Definition ist  $\text{H}_3\text{O}^+$  ein Spezialfall. Im Englischen versteht man unter "oxonium ion" ausschließlich die allgemeiner gefasste Definition.

**Auswertungsbeispiel: Bodenmischprobe aus dem A-Horizont eines braunen Waldbodens**

Kolben Nr.	Zusatz	Verdünnung	pH-Wert
1	$\text{H}_2\text{O}$	Bodenbrei	3,47
2	$\text{H}_2\text{O}$	1 : 2,5 Suspension	3,62
3	$\text{H}_2\text{O}$	1 : 2,5 Filtrat	4,43
4	n KCl	Bodenbrei	2,83
5	n KCl	1 : 2,5 Suspension	3,15
6	n KCl	1 : 2,5 Filtrat	3,37

### **Erfahrungen und Konsequenzen**

Der Versuch ist als Gruppenarbeit geeignet. Für alle Messungen sind die Versuchsbedingungen möglichst einheitlich zu gestalten:

- gleiche Messdauer der Proben
- gleiche Verdünnung der Proben gleiches Verrühren der Proben

## Wir ermitteln den Calciumcarbonatgehalt durch Wägung

Durch Zugabe von Salzsäure auf Calciumcarbonat wird Kohlenstoffdioxid freigesetzt. Aus dem Gewichtsunterschied lässt sich auf den Kalkgehalt schließen.

### Untersuchungsmaterialien

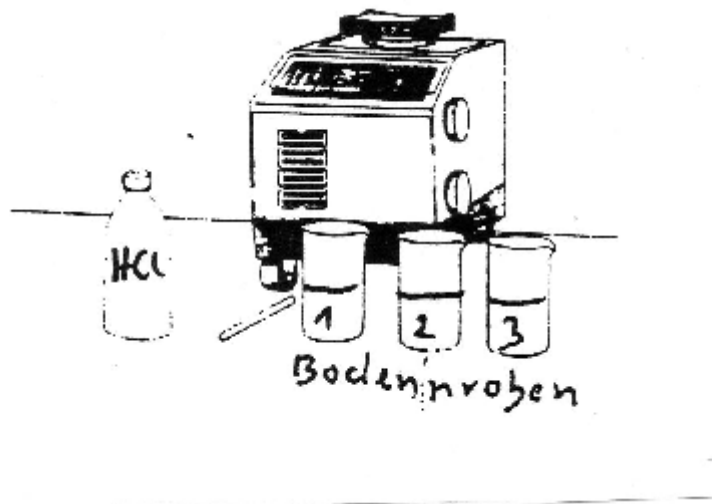
genaue Waage

1 n Salzsäure

Bechergläser (50 ml)

Saugpipette

Bodenproben



### Versuchsablauf

- Wäge einzeln die 50 ml Bechergläser und beschrifte sie .
- Stelle ein Becherglas bekannten Gewichts auf die Waage und stelle die Anzeigenskala auf Null.
- Fülle 20 g Boden ein.
- Wäge 20 g Salzsäure ab.
- Beobachte, wie das Kohlenstoffdioxid entweicht. Wenn keine Blasen mehr aufsteigen, wäge erneut ab.
- Werte aus. Siehe Beispiel

<b>Bodeneinwaage</b>	<b>20,00 g</b>	
<b>Salzsäurezugabe</b>	<b>20,00 g</b>	
<b>Summe</b>	<b>40,00 g</b>	

Nach der Reaktion (Kohlenstoffdioxid entweicht)	39,82 g		
entwichene Menge Kohlenstoffdioxid	0,18 g		

Berechnung des Umrechnungsfaktors  
(Kohlenstoffdioxid aus Calciumcarbonat)  
Molmasse (abgerundet)

Calciumcarbonat

m (1 mol Ca)	=	40 g
m (1 mol C)	=	12 g
m (3 mol O)	=	48 g
Summe		100 g

Kohlenstoffdioxid

m (1 mol C)	=	12 g
m (2 mol O)	=	32 g
Summe		44 g

Endauswertung  $\frac{100 \text{ g} \times 0,18 \text{ g}}{44 \text{ g}} = 0,40 \text{ g Calciumcarbonat in } 20 \text{ g Boden}$

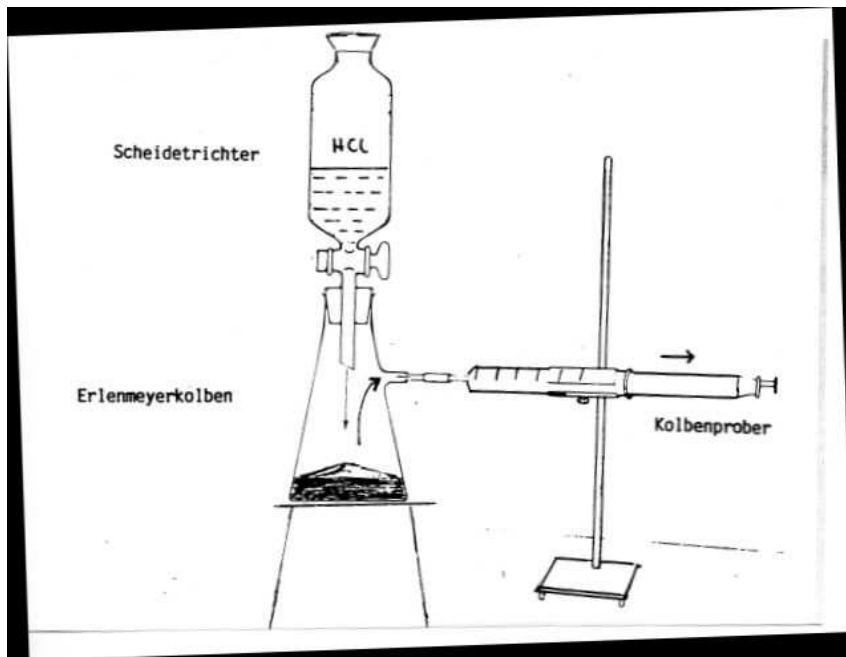
$0,40 \text{ g} \times 5 = 2 \text{ g Calciumcarbonat in } 100 \text{ g Boden}$   
(2 Prozent)

### Erfahrungen und Konsequenzen

Der Versuch lässt sich nur mit einer genauen Waage durchführen. Die Schüler (und nicht nur die Schüler) haben in der Regel erhebliche Schwierigkeiten mit einer genauen Abwägung der Bodenproben. Waagen mit Digitalanzeige und automatischer Rückstellung erleichtern das Abwiegen.

### Wir ermitteln den Kalkgehalt eines Bodens durch Kohlenstoffdioxid-Volumenmessung

<b>Versuchsanstellung</b>
Wenn Salzsäure auf Calciumcarbonat trifft, wird Kohlenstoffdioxid freigesetzt. Das Kohlenstoffdioxid-Volumen lässt sich im Kolbenprober bestimmen.
1
<b>Untersuchungsmaterialien</b>
Scheidetrichter
Kolbenprober
Erlenmeyerkolben mit seitlichem Ansatz (250 ml)
Bodenproben



<b>Versuchsablauf</b>
a) Baue die Apparatur auf.
b) Fülle 20 g Boden in den Erlenmeyerkolben.
c) Fülle 20 ml Salzsäure in den Scheidetrichter. Öffne den Hahn; die Salzsäure fließt auf die Bodenprobe. Den Hahn sofort wieder schließen. Wenn keine Blasen mehr aufsteigen, ist die Gasbildung beendet.
d) Stelle die gewonnene Kohlenstoffdioxid-Menge fest.
e) Werte aus!

## Auswertungsbeispiel

Temperatur: 20 °Celsius

Barometerstand: 771 mm Hg

Bodeneinwaage 20,00 g  
Salzsäurezugabe 20,00 ml

Kohlenstoffdioxidausbeute 50 ml

50 ml x 1,903 mg/ml <sup>1)</sup> = 95 mg

0,095 g x 2,273 <sup>2)</sup> = 0,21 g Calciumcarbonat in 20,00 g Boden  
0,21 g x 5 = 1,05 g Calciumcarbonat in  
100 g Boden  
(1,05 Prozent)

### Erfahrungen und Konsequenzen

Der Versuch ist als Schüler-Partnerversuch geeignet. Das Verfahren ist durch erhebliche methodische Fehlerquellen beeinträchtigt:

- Das Kohlenstoffdioxid sollte *auf* möglichst kurzem Wege in den Kolbenprober gelangen.

- Beim Umgang mit Erde werden die Dichtungsstellen verunreinigt und neigen zur Undichtigkeit (Trichter verwenden!).

- Vor dem Ablesen den Stempel hin- und herdrehen, sonst besteht die Gefahr, dass der Reibungswiderstand die Messwerte verfälscht.

- Zu Demonstrationszwecken sollte eine carbonatreiche Bodenprobe entgast werden.

### Verständnisfragen zum Experiment "Wir ermitteln den Kalkgehalt

#### eines Bodens durch Kohlenstoffdioxid-Volumenmessung

1. Was hast du in diesem Experiment getan?

2. Wie kann man von der Kohlenstoffdioxid-Menge auf den Kalkgehalt eines Boders schließen?

3. Wo können Fehlerquellen bei diesem Experiment auftreten?



## Wir bestimmen den Kalkgehalt durch Zugabe verdünnter HCl

### Informationen zum Thema

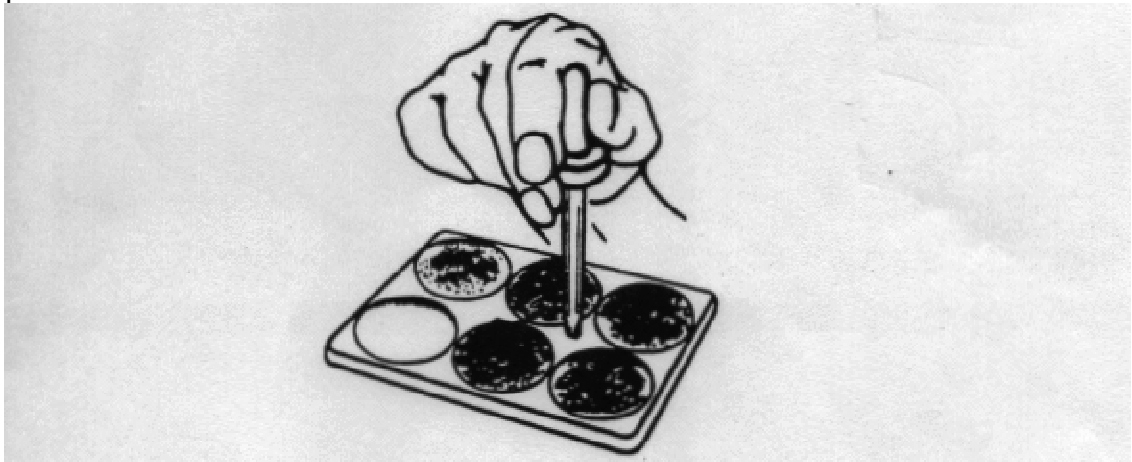
Kalk ist sowohl ein Pflanzen- als auch ein Bodendünger. Kalk versorgt die Pflanzen mit dem Nährstoff Calcium. Gleichzeitig verbessert er die Bodenstruktur, kittet die feineren Bodenteilchen zu Bodenkrümeln, so dass sie nicht so leicht verschlämmen. Dadurch wird der tonreiche Boden besser durchlüftet. Er erwärmt sich im Frühjahr schneller, die Bodenbakterien haben günstigere Arbeitsbedingungen. Chemisch gesehen wirkt Kalk im Boden der Versauerung und deren nachteiligen Folgen entgegen

### Versuchsanstellung

Durch Zugabe von Salzsäure (oder einer anderen Säure) auf die kalkhaltige Bodenprobe wird Kohlenstoffdioxid freigesetzt, der Boden braust auf. Stärke und Dauer des Aufbrausens geben einen (grobe) Hinweis auf den Kalkgehalt des Bodens.

### Versuchsmaterialien

Tüpfelplatte oder kleine Bechergläser  
verdünnte Salzsäure (1 n HCl)  
Saugpipette



### Versuchsablauf

Der Versuch kann auf dem Feld oder im Labor in Gruppenarbeit durchgeführt werden. Keine konzentrierten Säuren verwenden! Bodenproben mit unterschiedlichen Kalkgehalten bereitstellen!

Näherungswerte zum Kalkgehalt eines Bodens, geschlossen aus dem Aufbrausen bei Zugabe von Salzsäure	
Aufbrausen durch Freisetzen von Kohlenstoffdioxid	Kalkgehalt
kein Aufbrausen	1 %
schwaches Aufbrausen	1 - 3 %
deutliches, aber kurzes Aufbrausen	3 - 5 %
anhaltendes Aufbrausen	> 5 %

Zu beachten ist, daß der Calcium-Gehalt von Böden allgemein häufig zwischen 0,1 - 1,2 % Calcium liegt, so daß ein Aufbrausen nach Salzsäure-Zugabe oft nicht auftritt. Nur bei Kalk-, Gips- und Kalkmergelböden liegt der Calcium-Gehalt beträchtlich höher.

Die Versuchsvorbereitung und Versuchsdurchführung ist einfach und erfordert nur einen geringen Aufwand und eine kurze Anweisung. Zur Demonstration des Versuchs eignet sich naturgemäß ein kalkreicher Boden besser als ein kalkarmer Boden.

#### Methodische Fehlerquellen

- Das Kohlenstoffdioxid stammt nicht nur aus dem Calciumcarbonat, sondern auch aus dem Magnesiumcarbonat
- Sandige Böden brausen leichter, aber weniger ergiebig als Tonböden.
- Eine starke Durchfeuchtung der Bodenprobe mindert u. U. das Aufbrausen.

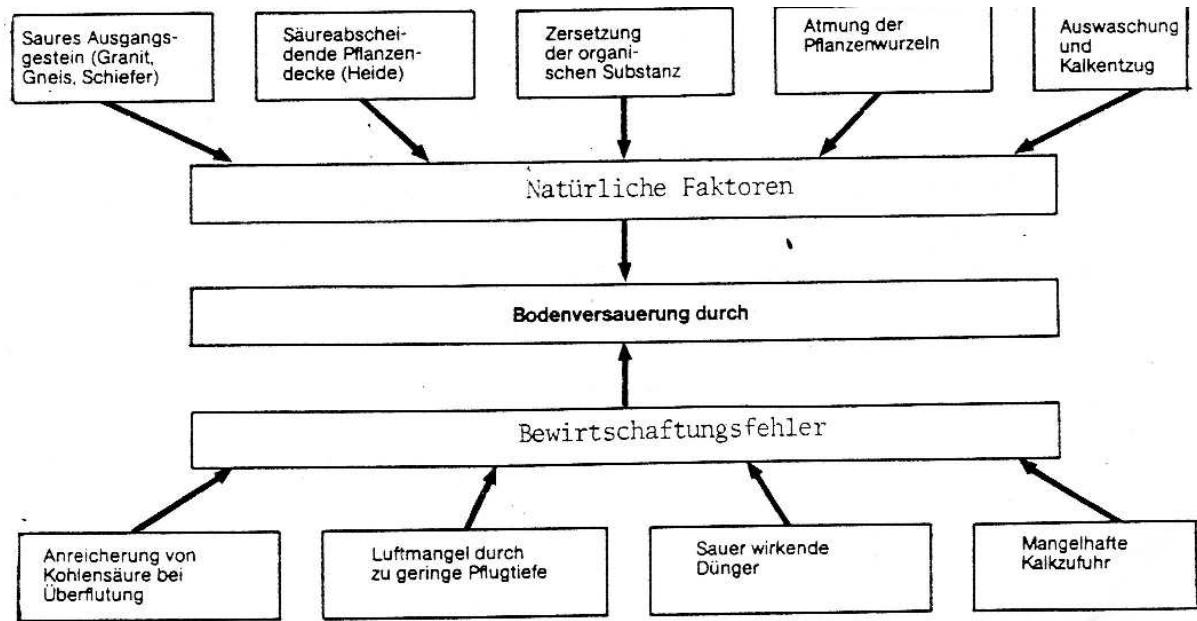
#### Informationen zum Themenbereich "Bodenversauerung und Pufferung"

In der Schweiz und in Holland ist es üblich, den Boden-pH-Wert in wässrigen Aufschwemmungen oder Auszügen zu messen. Dies gibt den aktuellen pH-Wert der Bodenlösung wieder. Dieser Wert ist jedoch je nach Jahreszeit recht großen Schwankungen ausgesetzt. Dennoch gilt dieser pH-Wert für die Beratung der Landwirte und Gärtner, da er, wie erwähnt, den aktuellen Wert darstellt. Man bezeichnet diesen Wert als pH (H<sub>2</sub>O).

In Deutschland wird der Boden-pI-Wert in Kaliumchlorid-Auszügen bestimmt. Der so erhaltene Wert ist geringeren Schwankungen ausgesetzt. Diesen Wert bezeichnet man als pH (KCl).

Bei Analysen ist stets darauf zu achten, von welchem pH-Wert die Rede ist, denn die Abweichungen sind teilweise beträchtlich.

Es gibt eine ganze Reihe von Ursachen für die Versauerung des Naturbodens und des wirtschaftlich genutzten Bodens:



### Verständnisfragen und Anweisungen zum Themenbereich "Die Kalkwirkung auf den Boden"

1. Welche Wirkung hat der Kalk auf den Boden?
2. Wie sieht ein kalkarmer Boden aus?
3. Wie kann eine Kalkanreicherung des Bodens erfolgen?

### Verständnisfragen und Anweisungen zum "Themenbereich Bodenversauerung"

1. Welche Ursachen führen zur Bodenversauerung?
2. Erkläre die Eigenschaft der Bodenpufferung.
3. Welche Böden haben ein hohes Pufferungsvermögen?
4. Bei einem Boden wird der pH-Wert 7 festgestellt. Bei einem anderen Boden wird der pH-Wert 5 festgestellt. Wie unterscheiden sich die Böden hinsichtlich ihrer Eigenschaften?

